Pág.

I. INTRODUCCIÓN 6

I.0. ENCUADRE PREVIO 7

I.1. OBJETO 8

I.2. ANTECEDENTES 9

I.2.1. El Plan Hidrológico Insular de Tenerife y la defensa frente a las avenidas 9

I.2.2. Características de las avenidas en Tenerife 9

I.2.3. Instrumentos preliminares: Guía Metodológica 10

I.2.4. Participación pública del Avance 10

I.2.5. Tramitación del documento de Aprobación Inicial: consulta pública e institucional 11

I.3. CONTENIDO DOCUMENTAL DEL PDA 12

I.4. EQUIPO REDACTOR 13

II. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO 14

II.1. CARACTERÍSTICAS DEL PDA 15

II.1.1. Ámbito territorial 15

II.1.2. Ámbito sectorial 15

II.1.3. Marco jurídico - institucional 15

II.2. FINALIDADES, OBJETIVOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PDA 16

II.2.1. Las finalidades 16

II.2.2. Los objetivos 16

II.2.3. Los principios básicos 17

II.3. CONCEPTOS BÁSICOS 18

II.4. EL MÉTODO DEDUCTIVO O DIRECTO PARA EVALUAR EL RIESGO 20

II.4.1. Fenómeno Precipitación – Escorrentía 20

II.4.1.1. Hidrología de superficie 20

Pág

II.4.1.2. Factores condicionantes de la escorrentía 20

II.4.2. Drenaje de la Escorrentía 21

II.4.2.1. En las cuencas 21

II.4.2.2. En los cauces 22

II.4.2.3. En las desembocaduras 22

II.4.3. Afección a personas, bienes y servicios 23

II.4.3.1. La localización y movilidad de las personas en el territorio 23

II.4.3.2. Las infraestructuras y los servicios 23

II.4.3.3. El patrimonio histórico, los bienes de interés cultural y otros bienes patrimoniales 23

II.4.4. Evaluación de los daños 24

II.4.5. El riesgo 24

II.4.5.1. Cuantificación de los daños 24

II.4.5.2. Probabilidad de que se generen los daños 24

II.4.5.3. Cuantificación del riesgo 24

II.5. EL MÉTODO INDUCTIVO O INDIRECTO PARA EVALUAR EL RIESGO 25

II.5.1. Inventario de riesgos 25

II.5.2. Cuantificación de riesgos inventariados 25

II.6. MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO 27

II.6.1. Clasificación de medidas según método operativo 28

II.6.1.1. Actuaciones Estructurales 28

II.6.1.2. Actuaciones No Estructurales 29

II.6.1.3. Medidas de Emergencia 30

II.6.1.4. Medidas Informativas 31

II.6.1.5. Normativa 32

Pág.

II.6.2. Clasificación de medidas según ámbito de aplicación **32**

II.7. ESQUEMA METODOLÓGICO CONCEPTUAL ADOPTADO EN EL PDA **33**

III. INFORMACIÓN BÁSICA **34**

III.1. INFORMACIÓN PREVIA DISPONIBLE USADA EN EL PDA **35**

III.1.1. De tipo normativo **35**

III.1.2. De carácter geográfico **36**

III.1.2.1. Relieve insular 36

III.1.2.2. Distribución territorial de la población 36

III.1.3. De carácter urbanístico **36**

III.1.3.1. Clases de suelo 36

III.1.4. De carácter hidrológico **36**

III.1.4.1. Datos hidrometeorológicos 36

III.1.4.2. Red hidrográfica de cauces 37

III.1.4.3. Estudios hidrológicos de algunas cuencas urbanas 38

III.1.4.4. La Guía Metodológica como instrumento básico 38

III.1.5. De carácter medioambiental **38**

III.1.5.1. Espacios protegidos 38

III.1.6. Sobre las infraestructuras básicas o estratégicas. **38**

III.2. INFORMACIÓN BÁSICA GENERADA CON EL PDA **39**

III.2.1. De carácter normativo **39**

III.2.1.1. Programas del PHI desde la perspectiva de las avenidas 39

III.2.2. De carácter metodológico **39**

III.2.2.1. Estudio comparativo de criterios metodológicos adoptados por otras Entidades 39

III.2.3. De carácter hidrológico **39**

Pág

III.2.3.1. Datos históricos de avenidas 39

III.2.4. De carácter hidroeconómico **42**

III.2.4.1. Datos del Consorcio de Compensación de Seguros 42

III.2.5. Red viaria y drenaje transversal **45**

III.2.5.1. Estudio de los puntos de cruce de la red viaria con la red hidrográfica 45

III.2.6. Encuestas informativas **45**

III.2.6.1. Encuesta a Entidades Públicas y empresas 45

III.2.6.2. Encuesta municipal 45

IV. ANÁLISIS **46**

IV.1. RECAPITULACIÓN METODOLÓGICA **47**

IV.2. IDENTIFICACIÓN DE REGISTROS DE RIESGO POTENCIAL **50**

IV.2.1. Análisis de los datos históricos de avenidas **51**

IV.2.2. Análisis de estudios previos **51**

IV.2.3. Análisis territorial **51**

IV.2.4. De la Encuesta a Entidades Públicas y empresas **53**

IV.2.5. Análisis de las obras de drenaje de la red viaria principal **53**

IV.2.6. De la Encuesta municipal **54**

IV.3. INVENTARIO INICIAL DE REGISTROS DE RIESGO SIGNIFICATIVO **55**

IV.3.1. Identificación de registros múltiples **55**

IV.3.2. Agregación de registros puntuales en registros zonales **56**

IV.3.3. Eliminación de registros poco significativos **57**

IV.4. INVENTARIO FINAL DE REGISTROS DE RIESGO CONSTATADO **58**

IV.4.1. Análisis identificativo in situ **58**

IV.4.2. Agregación y/o eliminación finales **58**

Pág.

IV.5. CUALIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE RIESGO **64**

IV.5.1. Criterios de calificación y de clasificación **64**

IV.5.2. Clasificación de los riesgos en función de su gravedad **66**

IV.5.3. Clasificación en función de la causa inmediata del daño **68**

IV.5.4. Clasificación en función del tipo de bien o servicio afectado **70**

IV.5.5. Clasificación según las medidas correctoras necesarias **72**

IV.6. INVENTARIO DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO **73**

IV.7. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS **74**

V. DIAGNÓSTICO **75**

V.1. DIAGNÓSTICOS PARCIALES **76**

V.1.1. DIAGNÓSTICO DE LOS REGISTROS DE RIESGO **76**

V.1.1.1. Atendiendo a la gravedad del riesgo 77

V.1.1.2. Atendiendo a la causa inmediata del daño 77

V.1.1.3. Atendiendo al tipo de bien o servicio afectado 82

V.1.1.4. Atendiendo a las medidas correctoras 83

V.1.2. DIAGNÓSTICO DE LAS ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO **85**

V.2. DIAGNÓSTICO GENERAL **86**

VI. ACTUALIZACIÓN DE INVENTARIO **88**

VI.1. INVENTARIO DE REGISTROS DE RIESGO **89**

VI.2. INVENTARIO DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO **92**

VI.3. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS O ESTRATÉGICAS **93**

VII. DESARROLLO DEL PLAN **94**

VII.1. PROGRAMAS DE ACTUACIÓN **95**

VII.1.1. Descripción y justificación de los programas **96**

VII.1.1.1. Programa 1: Seguimiento, coordinación y control 96

Pág

VII.1.1.2. Programa 2: Estudios técnicos 96

VII.1.1.3. Programa 3: Infraestructura de defensa 96

VII.1.1.4. Programa 4: Adecuación de la red vial 96

VII.1.1.5. Programa 5: Ordenación territorial y urbanística 96

VII.1.1.6. Programa 6: Corrección hidrológico forestal 97

VII.1.1.7. Programa 7: Conservación de cauces 97

VII.1.1.8. Programa 8: Información y formación 97

VII.1.1.9. Programa 9: Protección Civil 97

VII.1.2. Inversión **98**

VII.1.3. Previsión temporal **98**

VII.2. INFORMACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIAS FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIONES **99**

VII.3. PLAN DE INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN **102**

VII.4. NORMATIVA **103**

VIII. CONTENIDO AMBIENTAL DEL PDA **106**

Pág.

Fig. 1. Portal de acceso a la información 12

Fig. 2. Finalidades del PDA 16

Fig. 3. Objetivos del PDA 16

Fig. 4. Etapas de la evolución histórica en la gestión del agua y el tratamiento del problema de las inundaciones 17

Fig. 5. Zonificación según el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (DPH) de Canarias 18

Fig. 6. Modelo conceptual del fenómeno precipitación-escorrentía 20

Fig. 7. Esquema del proceso de generación de la escorrentía superficial 20

Fig. 8. Umbrales de escorrentía 21

Fig. 9. Pendientes del terreno 22

Fig. 10. Medidas para reducir el riesgo 27

Fig. 11. Esquema metodológico del PDA 33

Fig. 12. Información básica 35

Fig. 13. Plano del aluvión de 1826 40

Fig. 14. Ficha ejemplo de la información recogida de las noticias publicadas 41

Fig. 15. Datos hidroeconómicos del Consorcio Nacional de Compensación de Seguros para la isla de Tenerife 42

Fig. 16. Indemnizaciones de siniestros generados por avenidas 43

Fig. 17. Esquema metodológico 47

Fig. 18. Proceso de identificación e inventario de registros de riesgo 50

Fig. 19. Ejemplo de cruce de la zona de policía con planeamiento urbano 52

Fig. 20. Objetivos de la encuesta municipal 54

Fig. 21. Ejemplo de registros múltiples 55

Fig. 22. Ejemplo de registros agregados 56

Fig. 23. Ejemplo de registros eliminados 57

Pág

Fig. 24. Ficha de encuesta municipal 59

Fig. 25. Fichas de registros de Riesgo: Localización 61

Fig. 26. Ficha de registro de riesgo: Información General 62

Fig. 27. Ficha de registro de riesgo: Medidas Correctoras 63

Fig. 28. Cualificación de los registros de riesgo 65

Fig. 29. Ejemplo de zonas susceptibles de riesgo hidráulico 73

Fig. 30. Diagnósticos parciales 77

Fig. 31. Ejemplo de la velocidad que alcanza el agua en la zona urbana 80

Fig. 32. Riesgo para vidas humanas en función de la combinación del calado y la velocidad 80

Fig. 33. Zonificación del riesgo para las personas en vías urbanas 81

Fig. 34. Fotografía de acarreos de la riada del 31 de marzo de 2002 81

Fig. 35. Zonificación del riesgo para las personas por escorrentía de ladera 82

Fig. 36. Ficha de registros de riesgo: Medidas Acometidas 91

Fig. 37. Relación entre el diagnóstico y los programas de actuación 95

Fig. 38. Resumen de inversiones 98

Fig. 39. Ejemplo de la portada de un folleto de información a la población 102

		Pág.
Cuadro 1.	Probabilidad de ocurrencia	17
Cuadro 2.	Longitudes totales por nivel de cauce	37
Cuadro 3.	Aluvión de 1826. Resumen de pérdidas por municipios	40
Cuadro 4.	Indemnizaciones (en euros corrientes) por municipios en el período 1991-2004	44
Cuadro 5.	Infraestructuras sensibles en riesgo	53
Cuadro 6.	Clasificación de medidas según método operativo y ámbito de aplicación	65
Cuadro 7.	Matriz de clasificación de riesgo	67
Cuadro 8.	Clasificación de los registros de riesgo en función de su gravedad por municipio	68
Cuadro 9.	Clasificación de los registros de riesgo en función de la causa inmediata del daño	68
Cuadro 10.	Clasificación de registros de riesgo en función del tipo de bien o servicio afectado principal y su gravedad	70
Cuadro 11.	Clasificación de los registros de riesgo en función del tipo de bien o servicio afectado y su gravedad	71
Cuadro 12.	Clasificación de los registros de riesgo según las medidas correctoras y método operativo	72
Cuadro 13.	inventario de infraestructuras básicas o estratégicas	74
Cuadro 14.	Afecciones según el tipo de bien o servicio afectado agregadas por categorías	83
Cuadro 15.	Matriz de valoración del riesgo de la Directriz Básica	99
Cuadro 16.	Matriz de valoración del riesgo del PEIN	100

I. INTRODUCCIÓN

I.0. ENCUADRE PREVIO

I.1. OBJETO

I.2. ANTECEDENTES

I.3. CONTENIDO DOCUMENTAL DEL PDA

I.4. EQUIPO REDACTOR

I.0. ENCUADRE PREVIO

El amplio período de tiempo transcurrido desde la tramitación del Documento para la Aprobación Inicial del *«**P**lan Especial de **D**efensa frente a **A**venidas de Tenerife» (**PDA)*** hasta la fecha, si bien no resulta deseable desde un punto de vista procedimental, ha propiciado su enriquecimiento en términos de consolidación de sus distintos niveles argumentales, cada vez más asumidos por las diferentes instancias que deben contemplar su aplicación.

En este sentido, la consideración de la variable *«Riesgo Hidráulico»* tanto en las diferentes dimensiones de la **planificación territorial y urbanística**, como en los distintos niveles de los **planes de protección civil**, está posicionando la *tasa de riesgo hidráulic*o como un elemento transversal, cuya referencia se considera ya imprescindible en el diseño de estrategias secto-territoriales.

De otra parte, la percepción social de la *eficacia preventiva* como fórmula de amortiguamiento del riesgo hidráulico no ha sido instantánea, sino fruto de una labor progresiva de acercamiento de la sociedad al conocimiento de la peligrosidad inherente a los fenómenos hidrometeorológicos adversos.

En esta línea, la Comunidad Europea ha venido a subrayar la importancia del riesgo hidráulico a través de la Directiva 2007/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, en los cuales se incorpora como novedad el riesgo hidráulico derivado de la interacción de las aguas litorales con los valores emplazados en la costa. Se encuadra en esta legislación el requerimiento de la documentación específica que incorpore el riesgo hidráulico costero, que –siendo objeto del Plan de Gestión de Riesgo de Inundación —no lo es del presente Documento para Aprobación Provisional del PDA.

Esta Directiva **refrenda la metodología de trabajo del Plan de Defensa frente a Avenidas**, la cual es plenamente conforme con lo preconizado desde la instancia europea en relación con el riesgo hidráulico en tierra.

Desde una visión complementaria, el PDA promueve la consideración del riesgo hidráulico **tanto desde la perspectiva de los *elementos perceptores* como de los *elementos generadores* de riesgo hidráulico**. Este enfoque se extiende, además, a aquellas instalaciones e infraestructuras cuya exposición al riesgo hidráulico podría inducir –en caso de fallo- peligros sanitarios, medioambientales o económicos con repercusiones negativas sobre la sociedad, no sólo en razón de su indisponibilidad pública, sino en razón de su potencial de dispersión del peligro catastrófico por rotura, explosión, etc.

En este mismo sentido, el Documento para la Aprobación Provisional del *«**P**lan Especial de **D**efensa frente a **A**venidas de Tenerife» (**PDA)*** queda nuevamente validado por la legislación europea sobre infraestructuras críticas, esto es, la Directiva 2008/114/CE, sobre la identificación y designación de infraestructuras críticas europeas y la evaluación de la necesidad de mejorar su protección, cuyo diálogo sobre las instalaciones esenciales ya ha sido tenido en cuenta desde los trabajos iniciales del PDA.

De forma resumida, debe señalarse que el Documento para la Aprobación Provisional del *«**P**lan Especial de **D**efensa frente a **A**venidas de Tenerife» (**PDA)*** promueve la asunción del riesgo hidráulico desde su dimensión realista, definiendo el *clima de convivencia* con el mismo tanto en los niveles estratégicos (planes y programas) como en los niveles operativos (actuaciones).

Cabe decir –en consecuencia- que la propuesta en torno a la cual pivotan las propuestas de este Plan es establecer como línea base del riesgo hidráulico el riesgo socialmente asumible.

I.1. OBJETO

El *«**P**lan Especial de **D**efensa frente a **A**venidas de Tenerife» (**PDA**)* tiene por objeto la regulación de las actuaciones que deben realizarse en la isla para evitar, corregir, atenuar, proteger, prevenir y alertar de los efectos adversos derivados de las escorrentías extraordinarias de agua, en sus múltiples manifestaciones y formas.

El PDA deriva del **P**lan **H**idrológico **I**nsular de Tenerife (en lo sucesivo **PHI**) y, como allí se indica, tiene el carácter de un Plan Especial sectorial, tal y como se conceptúa en la Ley de Aguas de Canarias[1]. El PDA viene a complementar el PHI y por ello su aprobación se debe someter al mismo procedimiento que la planificación hidrológica insular. Su elaboración y aprobación inicial compete al organismo de cuenca insular: el Consejo Insular de Aguas de Tenerife (en adelante, **CIATF**).

En agosto de 2005 se había progresado suficientemente en su elaboración, por lo que el CIATF consideró procedente y conveniente formular un «**AVANCE**» y someterlo a la participación social, institucional, profesional y ciudadana, a fin de asentar y perfeccionar sus criterios y contenido, antes de completar su redacción y ser sometido a aprobación inicial.

Así mismo, en abril de 2010 se inició la tramitación del documento de «**APROBACIÓN INICIAL**» del PDA, el cual fue sometido a información y consulta pública e institucional.

Finalizados los procesos de participación, enfoque y actualización, se ha procedido a la redacción de este documento, el cual se presenta para su «**APROBACIÓN PROVISIONAL**» y «**DEFINITIVA**». Este documento contiene todos y cada uno de los contenidos incluidos en el documento para la Aprobación Inicial que han sido objeto de consulta pública e institucional. Sin embargo, se ha considerado pertinente modificar la estructura del documento – no así su contenido, como se ha señalado – empleando fórmulas que mejoren la comprensión de éste bajo un enfoque didáctico y trasladando a soporte digital aquel contenido que no genera valor de comprensión en el texto (como por ejemplo el listado de cauces pormenorizado).

De otra parte, resulta imprescindible señalar que el PDA se ha enriquecido con las aportaciones recibidas durante el período de información pública; así, en atención al informe de la Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Canarias se ha incluido como un documento autónomo la Guía Metodológica (Anejo nº 3 a la Memoria) y, como resultado de la participación de las Administraciones Locales, se ha mejorado la información relacionada con los registros de riesgo y las zonas susceptibles de riesgo hidráulico. También las alegaciones de los interesados han aumentado el grado de conocimiento existente sobre el riesgo hidráulico asociado a puntos muy concretos del territorio.

Por su parte, el Consejo Insular de Aguas ha tenido que actualizar la información asociada a los riesgos hidráulicos al objeto de reseñar aquellas medidas que han sido ejecutadas para su mitigación y al objeto de incorporar la información deducida de los fenómenos hidrometeorológicos que han tenido lugar durante este tiempo de tramitación.

Finalmente debe señalarse que si bien el PDA incorpora una parte significativa de la información exigida para la Evaluación y gestión de riesgos de inundación en la Directiva 2007/60/CE, se trata de un documento autónomo, objeto de un proceso planificación diferente e independiente de aquél y con el cual se da plena satisfacción a los objetivos definidos en el Plan Hidrológico de Tenerife y en la Ley de Aguas de Canarias.

[1] Ley territorial 12/1990, de 26 de julio, de Aguas de Canarias.

I.2. ANTECEDENTES

I.2.1. El Plan Hidrológico Insular de Tenerife y la defensa frente a las avenidas

El **PHI** de Tenerife tiene su origen en la **L**ey de **A**guas de **C**anarias (en lo que sigue **LAC**), que determina su papel como instrumento básico de la planificación hidrológica para la isla y fija sus objetivos, su naturaleza, los criterios fundamentales para su elaboración y su contenido mínimo.

El PHI es *"de naturaleza integral en todo lo que afecte a recursos, aprovechamientos, obras e instalaciones superficiales y subterráneas, plantas de producción industrial e infraestructuras de conducción, distribución, depuración o reutilización de aguas, abarcando cuanto se refiere a su captación, alumbramiento, producción, gestión, conducción, distribución, utilización y protección"*[2]. Pero trata y regula parcialmente cada uno de los aspectos y porciones de dicha materia, en particular de lo que se ha dado en llamar *"Planeamiento Hidrológico de Superficie"* y especialmente *"los criterios sobre estudios, actuaciones y obras a llevar a cabo para prevenir y evitar daños por inundaciones, avenidas y otros fenómenos hidráulicos"*[3].

En concreto describe y justifica[4] entre las *"actuaciones en los cauces",* el objetivo básico de la Defensa contra Avenidas instrumentado a través de un Plan Especial cuyo esfuerzo inicial se centraría en la realización de estudios específicos para rellenar lagunas de información no disponible en el momento de redactar el PHI:

- Estudio de precipitaciones máximas: Establecerá los hietogramas característicos de las tormentas asociadas con diferentes periodos de recurrencia
- Propuesta de criterios metodológicos para el cálculo de caudales punta de avenida en la isla de Tenerife.
- Cuantificación aproximada de los daños asociados con inundaciones en la isla en el pasado.
- Propuesta de criterios metodológicos para la consideración de las zonas inundables en los planes de ordenación territorial y en la planificación urbanística.

En las determinaciones en esta materia el PHI determina asimismo que:

- El Plan Especial definirá las formas de actuación del CIATF en todo lo que se refiere a los estudios de delimitación de zonas inundables, inversiones para la reducción de estas zonas, protección contra inundaciones, la corrección de cauces y la eliminación de obstáculos naturales o artificiales al flujo.

[2] Art. 35.2 de la LAC.

[3] Art. 38, extremo 7º de la LAC.

[4] Art. 3.6 del documento nº 1: Memoria.

El PHI, que está en vigor desde el 17 de febrero de 1997[5], tiene vigencia ilimitada, hasta que se produzca su revisión.

I.2.2. Características de las avenidas en Tenerife

La orografía, la climatología y la geología de Tenerife configuran un conjunto de características territoriales que conducen a un régimen de avenidas notable en dos sentidos principales. En primer término, por la importancia y la frecuencia de las catástrofes asociadas con este fenómeno. En segundo lugar, por la circunstancia de que la mayor parte de los daños no se deducen del hecho de que se generen grandes superficies inundadas en las vegas de los cauces - localizadas sólo en determinados lugares de la isla - sino a causa de la velocidad del agua y los arrastres que moviliza.

En relación con la primera de estas características, basta mencionar las fechas de 1977 (La Laguna y Vilaflor), 1968 (La Orotava), 1944 (Vega Lagunera y Santa Cruz), 1899 (Guía de Isora), 1826 (Puerto de La Cruz, La Orotava, La Guancha, Candelaria, Santa Cruz, etc.) para comprobar cómo en un territorio muy reducido, de tan solo 2.034 km², se han producido numerosas avenidas con consecuencias catastróficas. Los sucesos del 31 de marzo de 2002 en Santa Cruz - donde se produjeron 9 víctimas mortales - no hacen sino confirmar la necesidad de la población de Tenerife de convivir con un fenómeno tan contundente y reiterado como para que le sea atribuible hasta la desaparición de la imagen de su patrona, la Virgen de Candelaria, en la riada del 7 de noviembre de 1826.

Por otra parte, por lo que se refiere a las características del fenómeno, se deducen de la propia morfología de una isla que registra la mayor altura de España, con una red de cauces que alcanza el mar en longitudes - cuando mucho - de algunas decenas de kilómetros. Así como las zonas de montaña[6] en el territorio continental suelen estar libres de la influencia de las riadas, precisamente porque en ellas los cauces están más definidos y la población está dispersa, normalmente con densidades muy bajas, en Tenerife conviven una densidad de población superior a los 1.000[7] habitantes por km² y unas cuencas y cauces de una gran pendiente en los que la velocidad del agua es una fuente de daños mayor que el calado que alcanza.

Adicionalmente, y también en oposición a la mayoría las zonas de montaña continentales europeas, la geología volcánica conduce a una gran capacidad de infiltración del agua de lluvia y, como consecuencia, a que los barrancos estén secos durante temporadas muy largas, superiores a varios años. A causa de ello, es fácil que

[5] Decreto territorial 319/1996, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Plan Hidrológico Insular de Tenerife (BOC 14, 15 y 17 de febrero de 1997).

[6] Como se refleja en el apartado II.4.2.1., la práctica totalidad del territorio de Tenerife reúne las características habituales en la Unión Europea para ser considerada zona de montaña.

[7] Aunque la densidad global de población es de 337 hab/km², si descontamos la superficie clasificada como espacios protegidos, la de pendiente superior al 30% y la de altitud mayor de 1.200 m y añadimos la población turística media, la cifra asciende a 1.043 (PIOT).

la población olvide las riadas e invada esta red con construcciones permanentes o considere desmesurado el tamaño de las obras de drenaje que serían necesarias para garantizar, frente a cualquier evento, el paso de los caudales de crecida. No es fácil justificar inversiones en una seguridad que sólo se requiere en una cantidad limitada de ocasiones a lo largo de una generación y que el resto del tiempo van a permanecer ociosas. Máxime si de ellas se derivan gastos por el correcto mantenimiento de estas obras.

Además, es probable que las características adversas de la climatología empeoren como consecuencia del "cambio climático". Asimismo, la presión urbanística es cada día mayor.

Por todo ello, las avenidas en la isla de Tenerife configuran un problema complejo.

I.2.3. Instrumentos preliminares: Guía Metodológica

El conocimiento del régimen de las avenidas de los cauces es capital para el diseño de obras y actuaciones sobre el territorio. La cuestión es cómo y en qué grado alcanzar dicho conocimiento.

Comúnmente nos contentamos con evaluar el "caudal punta", con cuyo valor diseñamos y dimensionamos las obras de canalización, paso o defensa. Pero cada vez con más frecuencia deseamos conocer el régimen de las aportaciones (el "*hidrograma*" de la avenida) en un determinado punto del cauce e incluso qué fracción de la misma son "aportaciones sólidas".

Hasta hace unas décadas era usual aplicar fórmulas empíricas para obtener caudales punta, pero con la información actualmente disponible se ha generalizado el uso de métodos conceptuales de tipo hidrometeorológico.

Los métodos estadísticos para evaluación de valores extremos (máximos) han tenido un gran desarrollo y aplicación en la hidrometeorología; pero como es obvio, su mayor o menor aproximación a la realidad depende de la calidad y amplitud de los datos sobre los que se aplica y hasta qué punto el apuntado "cambio climático" modifica la consideración de la precipitación como una variable estocástica.

Atendiendo a todo lo anterior, el Consejo Insular de Aguas entendió que el proceso para evaluar aceptablemente las avenidas debía comprender las fases siguientes:

- Implantación de la base de datos hidrometeorológicos de Tenerife.
- Establecimiento de un sistema de información geográfica de la red hidrográfica insular.
- Desarrollo de un sistema de modelización hidrológica, capaz de:
- Simular crecidas en los cauces naturales
- Calcular hidrogramas y caudales de avenidas en cualquier punto de la red insular
- Regionalizar variables y parámetros hidrológicos,
- Elaboración de la metodología para el cálculo de caudales de avenida, que permitiese:
- Formular hipótesis y criterios metodológicos homologados
- Poner a disposición de la sociedad los datos disponibles
- Conocer, prevenir y minimizar el riesgo de daños por avenidas e inundaciones.

Cubiertas las dos primeras fases, se abordaron las restantes en forma de **Guía Metodológica**, que fue presentada[8] e implantada en el primer semestre de 2003, a partir de cuya fecha ha venido siendo utilizada y probada en todos los cálculos de caudales extremos de la red de cauces de la Isla. Una vez que había sido suficientemente evaluada y completados otros trabajos en curso, culminó el desarrollo de una nueva versión que se presentó[9] públicamente en septiembre de 2009. En ella se incorporan algunas mejoras, tanto de la información como instrumentales, que hacen a esta herramienta aún más precisa y útil para obtener los caudales de avenida asociados a distintos periodos de retorno. En el Anejo nº 3 de esta Memoria se incluyen los aspectos descriptivos y justificativos de la ***Guía Metodológica para el cálculo de caudales de avenidas en la Isla de Tenerife***..

I.2.4. Participación pública del Avance

En 2005 se terminaron los trabajos de elaboración del «**AVANCE**» del PDA que se presentó en el mes de agosto a los medios informativos (prensa, radio y televisión). Con posterioridad a esta rueda de prensa, se sometió dicho documento a un trámite de participación socio-institucional, a fin de promover el debate sobre el PDA, además de recoger las sugerencias y aportaciones de la sociedad y sus instituciones, para asentar y perfeccionar sus criterios y contenido, como paso previo a la terminación de la redacción del Plan y ser sometido a aprobación inicial.

Con el fin de asegurar un debate eficaz y productivo, durante los dos meses siguientes a su presentación se llevaron a cabo las actuaciones siguientes:

- Campaña en los medios informativos en prensa y televisión, llamando a la participación y consulta de la documentación del Avance, tanto en las dependencias del CIATF como a través de su página web.

[8] Jornadas sobre METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS EN LOS CAUCES DE TENERIFE celebradas los días 12 y 13 de junio de 2003 en Santa Cruz de Tenerife.

[9] Jornadas sobre LA HIDROLOGIA DE SUPERFICIE EN TENERIFE celebradas los días 29 y 30 de septiembre de 2009, en sala Multiusos del Auditorio de Tenerife.

- Consulta formal socio-institucional. Por conducto oficial, acompañada de la documentación del Avance, se solicitó la participación a todas las entidades públicas (grupo 1 de consulta, 120 encuestados) que por sus competencias territoriales o sectoriales debían ser consultadas preceptivamente en esta materia.

- Análogamente y con igual documentación, se solicitó también de cuantas entidades profesionales, ciudadanas y sociales (grupo 2, 100 consultados) que se considera conveniente su participación.

- Celebración de una jornada de debate institucional en octubre de 2005 con la asistencia y participación de las entidades públicas, consistente en la presentación de una ponencia del PDA por parte de los técnicos del CIATF y de la empresa consultora para su debate posterior.

- Celebración de otra jornada de debate social en el mismo mes, similar a la institucional en cuanto a contenido y desarrollo, pero con la asistencia y participación de entidades profesionales, ciudadanas y sociales.

Asimismo, como resultado de dicho proceso de participación, que se mantuvo abierto a cualquier tipo de sugerencia durante más de un año (entre septiembre de 2005 y octubre de 2006), se recibieron en total 15 alegaciones, tanto de instituciones como de particulares. En el Documento nº 5 del PDA denominado *Participación Pública* se recoge, en sus respectivas fichas, un resumen de las cuestiones planteadas en cada una de ellas, junto con los comentarios oportunos y la propuesta correspondiente.

I.2.5. Tramitación del documento de Aprobación Inicial: consulta pública e institucional

La Junta General del Consejo Insular de Aguas de Tenerife en sesión de 19 de noviembre de 2007 acordó **aprobar inicialmente el documento Plan de Defensa Frente a Avenidas**, condicionado a la decisión que adoptase el órgano ambiental competente respecto a la exoneración del Plan del Procedimiento de Evaluación Estratégica de Planes y Programas.

La Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Canarias en sesión de 22 de marzo de 2010, mediante decisión que se hizo pública con la inserción de anuncio en el BOC núm. 66, de 6 de abril de 2010 (rectificada según consta en anuncio publicado en BOC núm. 113, de 10 de junio de 2010) acordó finalmente excluir el PDA del procedimiento de Evaluación de Planes y Programas, considerando que las medidas estructurales contenidas en su Programa de Actuación son recomendaciones para ser tenidas en cuenta en el resto del planeamiento y que, en el momento que sean estudiadas en el Plan Hidrológico de Tenerife, será cuando adquieran el carácter vinculante. Por tanto, señala la COTMAC, el PDA encierra una evaluación y una estrategia que se concretará en el planeamiento hidrológico donde será convenientemente evaluada.

Posteriormente, en sesión celebrada el 20 de abril de 2010, la Junta General del CIATF resolvió ratificar lo acordado en su sesión anterior de 19 de noviembre de 2007 y **aprobar inicialmente** el Plan de Defensa frente Avenidas, sometiéndolo a información pública y a consulta de las Administraciones Públicas que por razón de la materia o del territorio pudieran resultar afectadas en sus competencias.

La apertura del trámite de **información pública por un período inicial de dos meses** fue anunciada en el BOC núm. 87 de 5 de mayo de 2010 así como en los diarios de mayor difusión de la Provincia. Este plazo fue ampliado a petición de interesados en el procedimiento durante un mes adicional, informándose de ello al público mediante la inserción de anuncios en el BOC núm. 131, de 6 de julio de 2010, así como en los periódicos de mayor difusión de la Provincia.

Consecuentemente, **el periodo de información pública se extendió entre el 6 de mayo y el 6 de agosto de 2010**, si bien el Consejo Insular de Aguas ha admitido todas las aportaciones o sugerencias del público en general y los informes de otras Administraciones aunque se hubieran presentado excedido dicho plazo, en aras de garantizar el cumplimiento de la finalidad asignada al trámite de información pública, que no es otra que movilizar e involucrar tanto como sea posible a los agentes que pudieran resultar afectados con el fin de garantizar su participación en la toma de las decisiones estratégicas que contiene el PDA.

A los efectos de vehicular la participación, el documento en soporte papel estuvo a disposición de cualquier interesado para su consulta en las Dependencias del Consejo Insular y, además, se habilitó en la página web de esta Administración Hidráulica (www.aguastenerife.org) el acceso al documento íntegro en soporte digital.

Durante este trámite se recibieron un total de ocho **sugerencias y alegaciones** de personas privadas y un total de diecisiete **informes** de las distintas Administraciones Públicas consultadas por razón por razón de la materia o del territorio. En el **Documento nº 5 del PDA** se analizan todas las consideraciones recibidas y se incorpora una ficha independiente para cada alegación y para cada informe institucional, en la que se incorpora un resumen de las aportaciones, el informe correspondiente a lo planteado y la propuesta de resolución que convenga.

Así mismo, en estas fichas se detallan las modificaciones que se introducen en el documento como consecuencia del proceso de participación, las cuales versan fundamentalmente en ajustes en la Normativa y en la actualización de los Registros de Riesgo o las Zonas de Riesgo Hidráulico y que, en todo caso, son poco significativas.

I.3. CONTENIDO DOCUMENTAL DEL PDA

El PDA se estructura a través de los siguientes documentos:

Documento nº 1: MEMORIA

Documento nº 2: INVENTARIO DE CAUCES

Documento nº 3: NORMATIVA

Documento nº 4: PROGRAMA DE MEDIDAS

Documento nº 5: PARTICIPACIÓN PÚBLICA

La Memoria constituye una síntesis de todo el Plan que se complementa, junto con la normativa contenida en el Documento nº3, con el inventario de cauce y el Programa de Medidas, que se derivan del análisis y diagnóstico de riesgos realizado. La Memoria, así mismo, cuenta con tres anejos en los que se condensa parte de la información más relevante que incluye el PDA:

Anejo nº1: RIESGOS HIDRÁULICOS (Registros de Riesgo Hidráulico y Zonas Susceptibles de Riesgo Hidráulico)

Anejo nº2: INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS O ESTRATÉGICAS

Anejo nº3: GUíA METODOLÓGICA

Habida cuenta de la ingente cantidad de datos, el notable volumen que implicaría su edición y en aras de facilitar su distribución y consulta pública, la Información Básica del PDA se ha organizado de manera alternativa en formato papel y en formato digital, de modo que junto al PDA en soporte papel se facilita en un CD-ROM que contiene aquella información que no genera valor de comprensión sobre el texto y cuya consulta en formato digital mejora la calidad de la información suministrada así como su posterior edición.

En la siguiente figura se muestra el portal de acceso de la herramienta informática de consulta de los bloques de información que integran el contenido documental del PDA.

Fig. 1. Portal de acceso a la información

I.4. EQUIPO REDACTOR

DIRECCIÓN TÉCNICA

- Lorenzo GARCÍA BERMEJO, *Ing. C.C.P.*

  Jefe del Área de Infraestructura Hidráulica del CIATF

- Pedro DELGADO MELIÁN, Ing. Agrónomo, Ing.T. Agr.

  Jefe de la Sección de Datos Hidrológicos del CIATF

COORDINACIÓN

- José FERNÁNDEZ BETHENCOURT, Ing. C.C.P.

  Gerente del CIATF

ASISTENCIA A LA DIRECCIÓN TÉCNICA Y COORDINACIÓN

- José María SENANTE MASCAREÑO, *Ing. C.C.P.*

TÉCNICOS ADSCRITOS

Para el desarrollo del modelo de datos:

- Eva Luisa GONZÁLEZ AFONSO, Ing. en Informática

Para la preparación de la documentación normativa:

- Yazmina LEÓN MARTÍNEZ, Lcda. Derecho
- Laura GIL PAREDES, Ing. T.O.P.

Para la elaboración de la documentación cartográfica:

- José Patricio GONZÁLVEZ PADILLA, Ing. en Informática
- Zoraida OLIVA PÉREZ, Téc. Esp. Informática Gestión

Para el apoyo en diseño gráfico:

- Isabel MARTÍNEZ DUBOIS, Lcda. Geografia
- Mª Loreto GARCÍA FUENTES, Lcda. Bellas Artes

EMPRESAS CONSULTORAS

- INCLAM, S.A.

  Con la especial dedicación de:

  - Alfonso ANDRÉS PICAZO, Ing. C.C.P.
  - Elena MARTÍNEZ BRAVO, Ing. C.C.P.
  - Martín RODRÍGUEZ PALLARÉS, Ing. C.C.P.
  - Silvia CORDERO RUBIO, Lcda. Geografía

- CIVILPORT Ingenieros, S.A.

  Con la especial dedicación de:

  - Alejandro BARREDA DELGADO, Ing. C.C.P
  - Anatael MENESES LLANOS, Ing. C.C.P

II. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

II.1. CARACTERÍSTICAS DEL PDA

II.2. FINALIDADES, OBJETIVOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PDA

II.3. CONCEPTOS BÁSICOS

II.4. EL MÉTODO DEDUCTIVO O DIRECTO PARA EVALUAR EL RIESGO

II.5. EL MÉTODO INDUCTIVO O INDIRECTO PARA EVALUAR EL RIESGO

II.6. MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO

II.7. ESQUEMA METODOLÓGICO CONCEPTUAL ADOPTADO EN EL PDA

II.1. CARACTERÍSTICAS DEL PDA

II.1.1. Ámbito territorial

El ámbito territorial del PDA es **la totalidad de la isla** de Tenerife.

II.1.2. Ámbito sectorial

El PDA deriva del PHI de Tenerife como un planeamiento monográfico sobre la Defensa frente a las Avenidas (art. 3.5 de las Normas).

Tiene pues el carácter de un **Plan Especial sectorial**, tal y como se conceptúa en la LAC[10], con el objeto ya definido en el capítulo anterior.

II.1.3. Marco jurídico - institucional

Previsto como **complemento del PHI**, sus determinaciones tendrán el mismo carácter que si hubiesen estado incorporadas desde un principio en el PHI y su aprobación se ajustará a las mismas normas de competencia y procedimiento que rigen la de los Planes Hidrológicos Insulares (art. 42 de la LAC):

- Elaboración y aprobación inicial por el Consejo Insular de Aguas (arts. 10, c) y 40 de la LAC).
- Trámite de información pública durante al menos un mes.
- Aprobación provisional por el Cabildo Insular (art. 8.2, c) de la LAC).
- Aprobación definitiva por el Gobierno de Canarias (Consejo de Gobierno) (art. 7, c) de la LAC).

En lo concerniente a la materia estrictamente hidrológica y en consecuencia regulable por normativa de esta índole (tanto cauces públicos como no catalogados como tales) sus disposiciones serán de aplicación directa. En lo que pudiese concernir a la ordenación territorial y urbanística asumirán el carácter de recomendaciones condicionantes (art. 32 de la LAC).

[10] v. arts. 29.2.c), 31, 32 y 42 de la Ley territorial 12/1990, de 26 de julio, de Aguas de Canarias

II.2. FINALIDADES, OBJETIVOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PDA

II.2.1. Las finalidades

Como se ha indicado anteriormente, las avenidas en Tenerife constituyen un problema importante, tanto desde el punto de vista social como económico. Como cualquier otro plan, el PDA debe servir para **organizar la actuación de la Administración y del conjunto de la sociedad tinerfeña para hacer frente a este problema,** tanto en el momento actual como en el futuro.

Planteada su finalidad en estos términos generales, el Plan debe constituir más un **instrumento** que un conjunto organizado de actuaciones de diferentes tipos. Por lo tanto, con independencia de que también incluya recomendaciones o propuestas de actuación, en primer lugar debe contener o hacer referencia precisa a **los datos y las fuentes de información** disponibles y detectar las ausencias a corregir.

En segundo término, debe **hacer comprensible el fenómeno** de las avenidas y sus particularidades en la isla tanto a las instituciones como a la sociedad en su conjunto y establecer una valoración cuantitativa y cualitativa de su importancia socioeconómica y territorial.

Fig. 2. Finalidades del PDA

Por último, el PDA debe **identificar y describir las causas** que han conducido a la materialización actual del problema; además debe establecer normas y recomendaciones para **corregir las pautas de actuación** que han conducido a convertir un fenómeno natural, que no es intrínsecamente destructivo[11], en la fuente de riesgo de origen natural más importante[12].

Respondiendo al concepto de "finalidad" como "aquello para lo que sirve algo" el Plan se plantea con la vocación de que constituya la herramienta de trabajo que establezca la forma de evitar, en la mayor medida posible y siempre en términos alcanzables, la incidencia negativa de las avenidas.

[11] Basta compararlo con las erupciones volcánicas o los terremotos y maremotos.

[12] El 85% de las indemnizaciones por fenómenos naturales en España se corresponde con avenidas e inundaciones (Consorcio Nacional de Compensación de Seguros).

II.2.2. Los objetivos

Teniendo en cuenta las finalidades del PDA y los principios en que se inspira, se han establecido los objetivos del Plan en los siguientes términos:

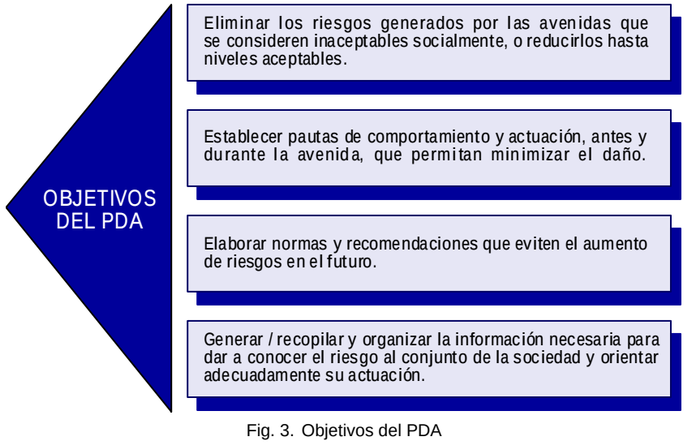


Fig. 3. Objetivos del PDA

Con independencia de la facilidad de comprensión de estos objetivos en términos estrictamente literales, su aplicación exige precisión en los conceptos manejados. Sin perjuicio de otros glosarios técnicos que se incluyen en el PDA, se consideran los conceptos siguientes:

i. Se entiende por **riesgo** la combinación de la probabilidad de un daño con la cuantía del mismo. En términos elementales, esta combinación se limita a un producto de dos cifras, la que expresa la probabilidad - siempre inferior a la unidad -, por la que cuantifica los daños, normalmente en términos económicos[13]. En casos más complejos, como los relacionados con las avenidas en los que el daño está asociado con la magnitud del suceso y, por tanto, con la probabilidad (período de recurrencia) la fórmula es la misma pero la expresión matemática es más compleja[14].

ii. Un riesgo es **inaceptable** cuando el daño al que está asociado está manifiestamente por encima de las posibilidades (las necesidades de inversión o la incomodidad de las pautas de comportamiento) de evitarlo[15].

[13] Aunque el riesgo de pérdida de vidas humanas no puede traducirse en una mera cuantía económica, se acepta sistemáticamente que sí que puede llevarse a cabo esta traslación. Esta es la base de los cálculos que llevan a cabo las compañías aseguradoras que, evidentemente, reúnen la máxima experiencia en la materia.

[14] En concreto, el riesgo es el área por debajo de la curva que expresa el daño en función de la probabilidad. Esta área se expresa en forma de integral (ver apartado 3 de este mismo capítulo).

[15] Es evidente que esta definición conduce a que un mismo riesgo sea aceptable en unos entornos sociales mientras que es inaceptable en otros. La paradoja se vive todos los días, considerando ciertos riesgos que se aceptan en los países subdesarrollados pero se consideran inadmisibles en los desarrollados, en los que el valor de la vida es socialmente mucho mayor.

iii. Para entender el significado real de la probabilidad anual del daño y su **período de recurrencia**, es interesante conocer como se trasladan estos conceptos a lo largo de un período de tiempo mayor[16].

Período de recurrencia	Probabilidad de ocurrencia (%)							
	Vida útil del bien							
	1 año	10 años	20 años	30 años	40 años	50 años	75 años	100 años
10	10%	65%	88%	96%	99%	99%	100%	100%
25	4%	34%	56%	71%	80%	87%	95%	98%
50	2%	18%	33%	45%	55%	64%	78%	87%
100	1%	10%	18%	26%	33%	39%	53%	63%
500	0.2%	2%	4%	6%	8%	10%	14%	18%

Cuadro 1. Probabilidad de ocurrencia

II.2.3. Los principios básicos

Los estudios llevados a cabo han venido a confirmar, ya desde sus inicios, que el problema de defensa frente a las avenidas no puede resolverse totalmente sólo con actuaciones estructurales. Entre otras razones porque el volumen de las inversiones necesarias supera con mucho la capacidad financiera que se necesitaría y que la implantación de algunas de las infraestructuras tendrían impactos sociales y ambientales muy negativos; además, es prácticamente inviable arbitrar nuevos criterios de drenaje y de diseño en núcleos urbanos ya consolidados.

En Tenerife es complicado plantear medidas clásicas de defensa, como presas de laminación o encauzamientos, que eliminen el riesgo frente a avenidas. En primer lugar, por la falta de espacio y de recursos financieros; pero fundamentalmente porque no se trata de un problema localizado, sino que se extiende a la práctica totalidad del territorio. Las riadas no suelen producirse porque se desbordan los barrancos, sino porque la escorrentía - incluso antes de llegar a sus cauces - genera daños a causa de su velocidad, calado y erosión consiguiente. Por ello, es importante destacar que, a pesar de la enorme densidad de cauces inventariados[17], parte de los daños observados se producen como consecuencia del fenómeno que se ha denominado "***escorrentía de ladera***", previa a la llegada del agua a éstos.

Como consecuencia de esta imposibilidad y siguiendo con ello los pronunciamientos políticos de la Unión Europea, en la que se ha pasado del concepto "*defensa frente a las avenidas*" al concepto "***gestión del riesgo de avenidas***"[18], el primer y más importante principio básico del que se ha partido en el desarrollo del Plan ha sido el que puede expresarse en los siguientes términos:

iv. El problema de las avenidas en Tenerife no puede resolverse en su totalidad anulando el riesgo para una probabilidad dada relativamente alta. La política posible y más eficaz es la de establecer las medidas que permitan a la población convivir con el riesgo en términos aceptables.

De manera casi inmediata, y partiendo de este principio, pueden derivarse otros dos, que también han informado las conclusiones alcanzadas y las propuestas concretas contenidas en el Plan.

v. La población debe conocer el riesgo que suponen las avenidas y las propuestas del Plan deben partir de este conocimiento y han de ser asumidas, de acuerdo con él, por los agentes sociales. Como consecuencia, la aprobación del Plan debe contar con un mínimo de consenso.

vi. Es esencial la labor que se lleve a cabo para informar a la población de los riesgos reales que, en cualquier caso, deben ser asumibles razonablemente, y difundir los métodos que permiten minimizar los daños con un comportamiento adecuado durante la avenida.

El último de los principios básicos que han orientado el desarrollo del Plan parte de que debe tenerse en cuenta que:

vii. Las acciones destinadas a minimizar el riesgo y a limitar al máximo los daños, en caso de avenida, afectan y son competencia de una pluralidad de entidades y no sólo de quienes gestionan las aguas.

Se ha dicho[19] que la evolución histórica en la gestión del agua y en el tratamiento del problema de las inundaciones ha pasado por cuatro etapas principales:

Fig. 4. Etapas de la evolución histórica en la gestión del agua y el tratamiento del problema de las inundaciones

El Plan de Defensa se inscribe claramente en la filosofía que ha dado lugar a la cuarta etapa. No restringe su actuación a un solo tipo de medidas ni limita la acción propuesta a una sola entidad.

[16] Se trata de un caso de probabilidad compuesta, en el que se combina la vida útil de un bien (columnas del cuadro adjunto) con el período en que pueda presentarse al menos una vez el evento (filas del cuadro).

[17] Si comparamos las densidades características de Tenerife con las de alguna cuenca peninsular como la del Tajo, encontramos cifras del orden de dos veces y media para la primera frente a la segunda.

[18] Comunicación de la Comisión al Consejo Medioambiental informal del 18 de julio de 2004.

[19] Luis Berga Casafont. Evolución histórica de la transformación de los territorios fluviales. Ingeniería y Territorio nº 68. 2004.

II.3. CONCEPTOS BÁSICOS

Paran precisar el significado de los términos principales que se emplean en el Plan de Defensa, se expresan a continuación las acepciones de algunos de esos vocablos:

- **Cauce:** de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, con independencia de su condición de cauce público o cauce no catalogado como público.
- **Cauce público:** Cauce o tramo de cauce incluido en el Catálogo de Cauces Públicos del Consejo Insular de Aguas/cauce o tramo de cauce que, de acuerdo con los criterios establecidos legalmente, deba estar incluido en el Catálogo de Cauces Públicos del Consejo Insular de Aguas
- **Cuenca**: Toda el área que tenga una sección de salida común para la totalidad de su escorrentía.
- **Avenida (crecida):** Aumento inusual del caudal de agua.
- **Calado:** Profundidad alcanzada por el agua en un determinado punto.
- **Escorrentía:** Parte de la precipitación que discurre por la superficie del terreno incluyendo, en su caso, la fase sólida.
- **Infiltración:** Parte de la precipitación que se introduce en el terreno.
- **Intercepción:** Parte de la precipitación que es retenida por la vegetación u otros obstáculos antes de alcanzar la superficie del terreno.
- **Retención:** Parte de la precipitación que queda acumulada en las oquedades e irregularidades del terreno. Puede pasar a formar parte de la infiltración o evaporarse.
- **Coeficiente de escorrentía:** Relación unitaria entre la cantidad de precipitación que discurre en forma de escorrentía y el total de la caída.
- **Escorrentía de ladera:** Escorrentía en una porción de cuenca de acusada pendiente hasta que alcanza un cauce (ver definición anterior).
- **Inundación:** Sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de una avenida, en la que los daños provocados están asociados fundamentalmente con el calado alcanzado por las aguas y sólo en segundo término con su velocidad[20].
- **Riada:** Sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de una avenida, en la que los daños provocados están asociados fundamentalmente con la velocidad alcanzada por las aguas y sólo en segundo término con su calado (ver nota anterior).
- **Período de recurrencia (período de retorno):** Un fenómeno tiene un período de retorno o recurrencia X cuando la probabilidad de que se produzca en un año dado es igual a 1/X.
- **Frecuencia:** Medida de la probabilidad teórica deducida del número de ocasiones en que se ha producido un fenómeno determinado en el pasado.
- **Riesgo:** Producto de la probabilidad por los daños asociados a un determinado fenómeno[21]. En los casos en que sea imposible o muy difícil establecer el riesgo en términos cuantitativos podrán utilizarse criterios cualitativos para la estimación del mismo, clasificándolo en distintos niveles. En cualquier caso, esta clasificación deberá tener en cuenta el daño y la probabilidad.
- **Vulnerabilidad:** Cociente entre el daño o pérdida de personas, bienes o servicios asociada a una avenida y su valor. Está referida al período de retorno de la avenida y se expresa en tanto por ciento.
- **Registro de riesgo:** Identificación de un bien o servicio que pudiera verse afectado por riadas o inundaciones.
- **Cartografía oficial:** La realizada con sujeción a las prescripciones de la Ley 7/1986, de Ordenamiento de la Cartografía, por las Administraciones Públicas, o bajo su dirección y control.

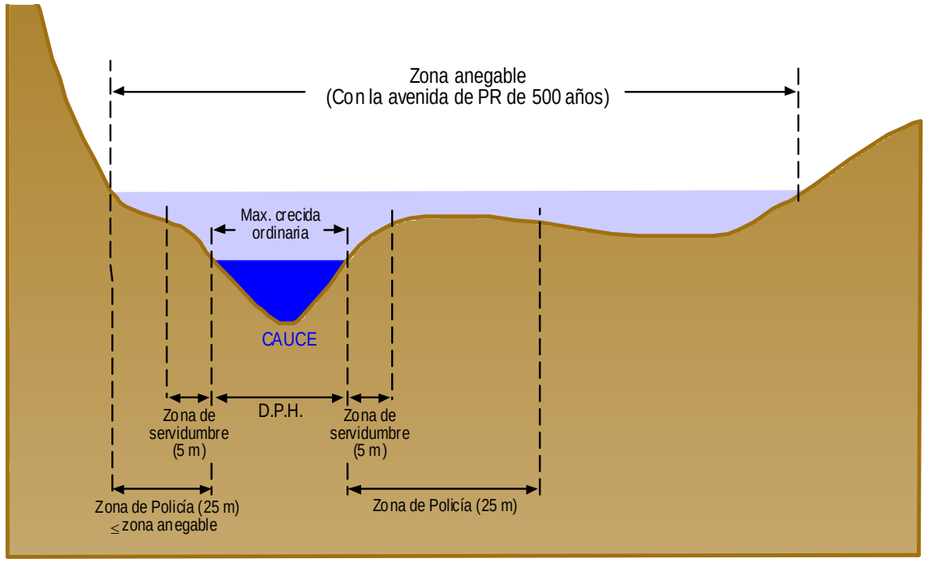


Fig. 5. Zonificación según el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (DPH) de Canarias

[20] La terminología popular asocia generalmente la inundación con el concepto que se expresa aquí. Sin embargo, en muchos casos y particularmente en los textos legales de Protección Civil, se utiliza también el término inundación para designar cualquier fenómeno en el que el agua ocupa terrenos normalmente secos aunque el daño esté asociado más con la velocidad del agua que con el calado. Dadas las características específicas de las avenidas en Tenerife (ver apartado 1 anterior) en la mayor parte de las ocasiones las avenidas producen inundaciones del segundo tipo. Para diferenciarlas, se ha reservado para ellas el término riadas, como se indica más adelante. Excepto cuando se especifica así, se utilizará la palabra inundación con este carácter restrictivo.

[21] En el caso de fenómenos naturales el concepto extendido de riesgo, en términos matemáticos y aplicando esta definición es el de que el riesgo es igual a la integral para todos los períodos de recurrencia del daño por la probabilidad. Así, si reflejáramos en una curva que represente el daño en función del período de retorno para todos los períodos posibles, el riesgo sería el área situada por debajo de esa curva.

- **Máxima crecida ordinaria:** Aquella de tan probable o frecuente ocurrencia estimada como para que los terrenos por ella inundados resulten inaprovechables como consecuencia del riesgo que para personas y bienes representa su anegamiento y con arreglo a las señales de las aguas altas en las márgenes y su vegetación[22].
- **Dominio Público Hidráulico:** Está constituido por aquella parte de los cauces públicos de escorrentía continua o discontinua que ocupan las máximas crecidas ordinarias, así como aquellos otros elementos definidos en el artículo 2 del R.D. Legislativo 1/2001, de 20 de julio, que aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas del Estado.
- **Zona de servidumbre:** Banda doble de cinco (5) metros de anchura contados a partir y hacia el exterior de las líneas que definen el borde exterior de la zona de dominio público hidráulico, a la que se sujetan los márgenes de un barranco en toda su extensión longitudinal. En supuestos de especial dificultad de acceso y previa declaración expresa y singular del Consejo Insular de Aguas, se extenderá al terreno practicable más próximo que permita el acceso al cauce, aún cuando la distancia al mismo supere los 5 metros lineales. La zona de servidumbre está limitada en su uso de acuerdo con lo establecido en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- **Zona de policía:** Banda doble de veinticinco (25) metros de anchura, contados a partir y hacia el exterior de las líneas que definen el borde exterior de la zona de dominio público hidráulico, siempre que no se supere el borde de la zona anegable. Ciertas actuaciones que modifiquen el uso y/o la morfología de la zona de policía requieren autorización previa por parte del Consejo Insular de Aguas en los términos establecidos en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- **Zona anegable:** Porción del territorio susceptible de ser cubierta por las aguas de las avenidas con período estimado de retorno de T=500 años. El Gobierno de Canarias, a propuesta del Consejo Insular de Aguas o de oficio previa consulta a dicho organismo, podrá establecer mediante decreto las limitaciones en el uso de las zonas anegables que se estimen necesarias para garantizar la seguridad de personas y bienes.
- **Zona susceptible de riesgo hidráulico**: Porción del territorio en las que concurren una o varias de las siguientes circunstancias:

  a) Existen varios registros de riesgo percibidos que permiten la generalización del riesgo a una zona concreta del territorio;

  b) Hay una elevada presencia de infraestructuras básicas o estratégicas que obliga a una estrategia conjunta de mitigación del riesgo.

  Asimismo, tendrán igual consideración aquellas que se delimiten aplicando criterios tales como la dificultad para el drenaje urbano, la concentración de malas implantaciones o la cuantificación del valor implantado.

[22] Dado el carácter delimitador de la propiedad del territorio que se deriva de la definición de la máxima crecida ordinaria (ver definición de Dominio Público Hidráulico), se ha incluido aquí la traslación exacta de su definición en la Ley de Aguas de Canarias 12/90.

II.4. EL MÉTODO DEDUCTIVO O DIRECTO PARA EVALUAR EL RIESGO

En aquellos territorios en los que es fácil identificar a priori las zonas en riesgo, que normalmente coinciden con las vegas de los cauces principales, se tiende a elaborar los planes para la defensa frente a inundaciones identificando y evaluando los riesgos por métodos directos. Se ha asignado la calificación de "*deductivo*" a este método porque parte de un axioma, el de que los riesgos se localizan exclusivamente en estas zonas, y aplica un proceso de razonamiento estrictamente racionalista, estimando la zona inundable para diferentes probabilidades mediante procedimientos de cálculo basados en las leyes de la física.

II.4.1. Fenómeno Precipitación – Escorrentía

II.4.1.1. Hidrología de superficie

La hidrología de superficie se ocupa del estudio de la circulación del agua en la atmósfera y a lo largo de la superficie terrestre, partiendo de la precipitación (**P**) como fase inicial y terminando con la evapotranspiración (**ET**). El agua está inmersa en un complejo sistema[23] de circulación continua donde todas sus formas están relacionadas, por lo que puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$ES = P - I - ETr$$

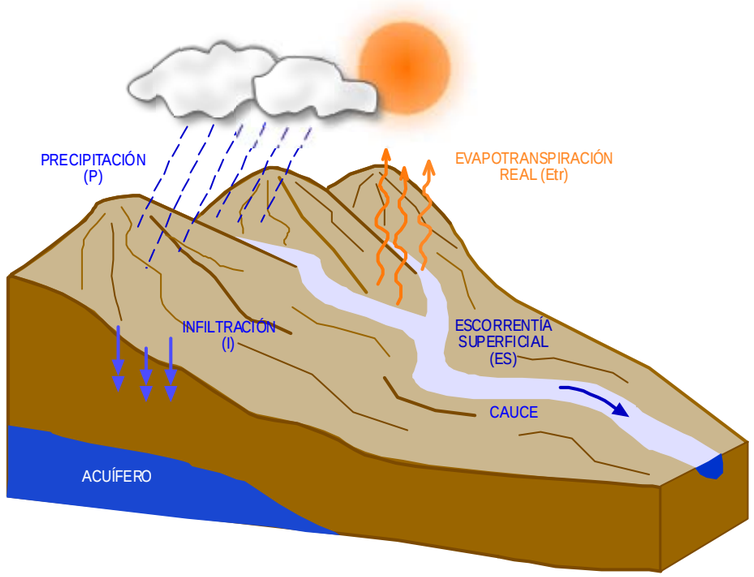


Fig. 6. Modelo conceptual del fenómeno precipitación-escorrentía

En la contribución de una avenida a la escorrentía superficial (ES), debido a la escala temporal del evento, los factores que afectan a la evapotranspiración real (ETr) tienen una importancia insignificante frente a los procesos de precipitación e infiltración (I).

II.4.1.2. Factores condicionantes de la escorrentía

Además de los aspectos hidrometeorológicos (características de la precipitación y condiciones previas de humedad del suelo), en el proceso de generación de escorrentía a partir de la lluvia influyen, entre otros, la masa vegetal (cultivos y vegetación natural), los suelos (en su acepción edafológica) de cobertera, las características geológicas del terreno subyacente, los usos antrópicos (por la alteración de la capacidad de infiltración de los terrenos), la pendiente, la topología y desarrollo de la red de drenaje, las características morfológicas de ésta, etc.

La permeabilidad de un entorno es el parámetro que determina la cantidad de agua que se infiltra. Para su conocimiento es necesario ponderar las propiedades de cada fracción homogénea suelo-vegetación-uso del suelo, lo cual puede hacerse desde el nivel de celda elemental de distribución del territorio o bien, por agregación, hasta el nivel de cuenca[24].

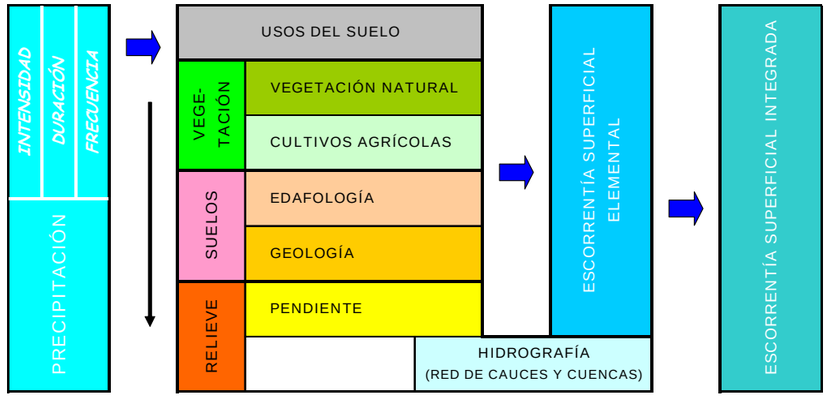


Fig. 7. Esquema del proceso de generación de la escorrentía superficial

En el caso de avenidas está, a su vez, la consideración de la lluvia – y consiguientemente de la escorrentía resultante – como una variable estocástica. Aunque no sabemos cuando y cuánto lloverá, resulta posible estimar la probabilidad de que se presente una lluvia determinada, o leído de otra forma, qué lluvia puede presentarse con una probabilidad

[23] Este sistema es lo que se conoce como ciclo del agua o ciclo hidrológico, del cual lo que interesa normalmente es conocerlo a nivel local.

[24] Superficie del terreno cuya escorrentía tiende a ser drenada hacia un mismo punto de salida.

determinada[25]. Para este tipo de análisis, además de la evaluación de valores extremos (máximos) por métodos estadísticos, resulta de gran utilidad, la confección de curvas IDF[26].

Entre los distintos modelos que se han desarrollado para determinar el exceso de precipitación que se convierte en escorrentía, el método denominado "*número de curva*"[27], es uno de los más utilizados. Este método clasifica el potencial de escorrentía de los terrenos por un único parámetro adimensional, que está ligado a las características de la vegetación del tipo de suelo, uso del suelo y pendiente.

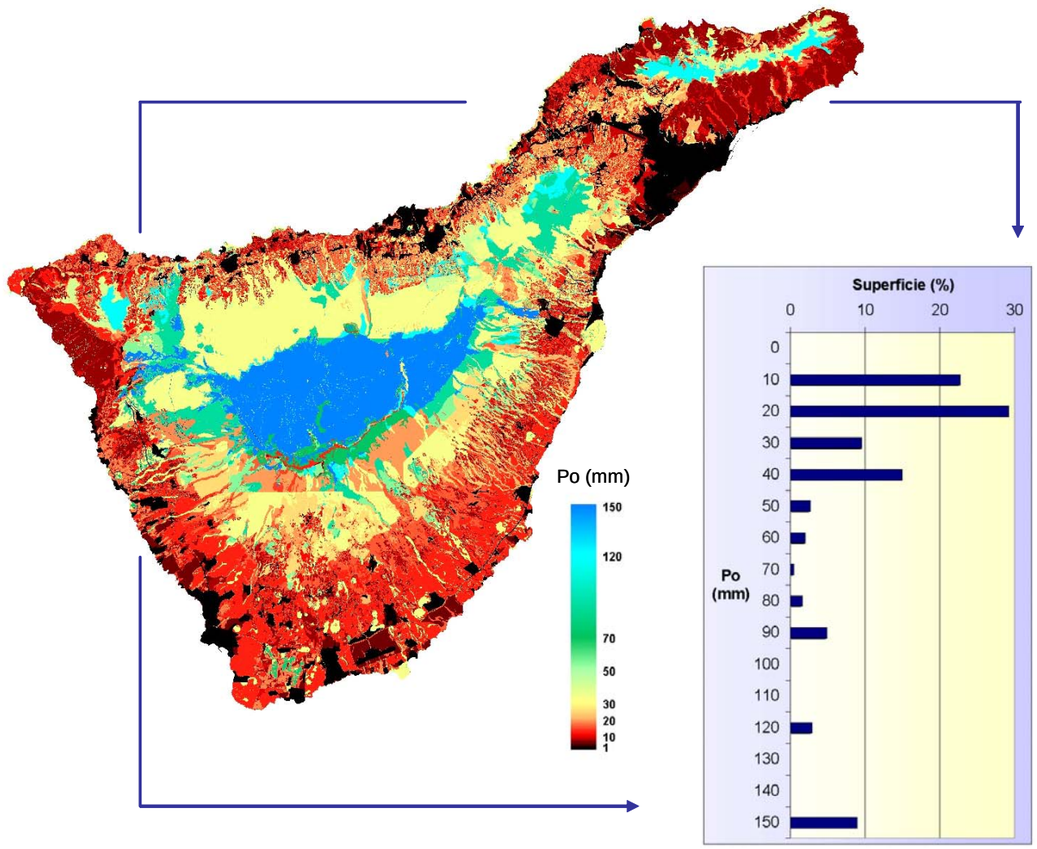


Fig. 8. Umbrales de escorrentía

En España la aplicación del número de curva suele realizarse bajo la variante conocida como "*umbral de escorrentía*" (**P_0**)[28], que representa la cantidad de lluvia caída desde el comienzo de la precipitación hasta el inicio de la generación de escorrentía[29]. La relación existente entre escorrentía y precipitación en un periodo de tiempo dado se expresa como "*coeficiente de escorrentía*".

La isla se caracteriza por la existencia de amplias zonas con una alta permeabilidad. Ello conduce a que una parte importante de las lluvias no contribuyan a los caudales de escorrentía, especialmente si esas lluvias son de pequeña magnitud. Esta permeabilidad natural de los suelos se ha ido reduciendo rápidamente con los procesos de urbanización que han tenido lugar en muchas zonas de la isla, sobre todo en las más cercanas a la costa.

II.4.2. Drenaje de la Escorrentía

II.4.2.1. En las cuencas

El comportamiento hidrológico de las cuencas – la forma en que el suelo reacciona frente a la precipitación y transmite la escorrentía producida - está condicionado por la vegetación, las características del suelo y su utilización. En general, la dinámica de la escorrentía en la isla es bastante irregular, pues se encuentra ligada al régimen actual de precipitaciones.

Desde el punto de vista de las avenidas, la característica más importante además de la permeabilidad es la pendiente, pues de ella se deriva la velocidad del agua en la superficie y, por ende, su capacidad erosiva y de generación de daños.

El volumen total de materiales que se moviliza durante las avenidas suele ser importante. Dependiendo de características de la cobertera terrestre, las tormentas más intensas son capaces de arrancar con mayor o menor facilidad los materiales que cubren las laderas[30] vertientes a los barrancos. Asimismo, la capacidad de arrastres sólidos durante las avenidas, viene determinada por las elevadas velocidades de tránsito de sus caudales, tanto en los propios cauces como fuera de éstos[31].

[25] Este planteamiento es el más generalizado en el mundo con el concepto de "período de retorno": tiempo en el que se espera se produzca al menos una vez el fenómeno con esa magnitud.

[26] Expresan relaciones entre la intensidad de lluvia y su duración para cada frecuencia de superación.

[27] Método experimental desarrollado en 1960 por el Soil Conservation Service del U.S. Department of Agriculture.

[28] Gracias a su origen común, existe una correspondencia entre ambos parámetros que permite pasar de uno a otro con facilidad.

[29] Generalmente el umbral de escorrentía se mide en milímetros de lluvia o, lo que es lo mismo, en l/m2.

[30] Destaca la existencia superficies de cultivo abancaladas. El precario estado en que se encuentran muchas de estas "sorribas" supone un riesgo potencial de erosión importante.

[31] Fenómeno que se denomina como escorrentía de ladera o flujo en calles, si se trata de zonas urbanas.

Como puede comprobarse en la figura adjunta, prácticamente la mitad de la superficie de la isla se caracteriza por ser un territorio escarpado, con pendientes superiores al 25%, y muy escarpado en su cuarta parte, donde se superan valores del 50% de pendiente.

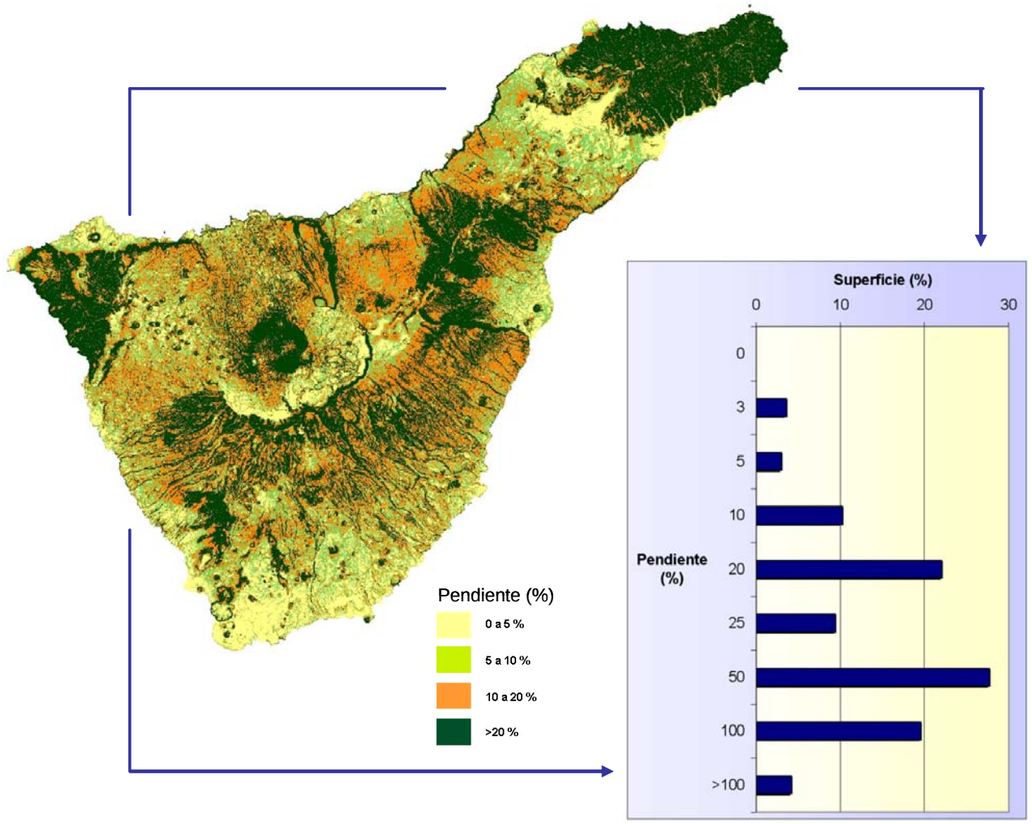


Fig. 9. Pendientes del terreno

Por otra parte, de acuerdo con los criterios del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP), también aceptados por la Unión Europea, el 100% del territorio insular, incluyendo la franja costera, puede considerarse zona de montaña[32].

Debido a esta particular configuración del relieve insular, los caudales de avenida presentan, por lo general, magnitudes de velocidad y calado diferentes a los que cabría esperar en otros territorios de topografía más suave. Por ello, la problemática de las riadas torrenciales que se producen en la mayor parte de la isla, apenas tendrían equivalente con la que podría plantearse en las llanuras de inundación típicas de las vegas de los ríos de otras regiones.

II.4.2.2. En los cauces

Como resultado de millones de años de erosión y en conjunción con unas condiciones geológicas y de pendiente propicias, se ha desarrollado una red de cauces o hidrográfica extraordinariamente densa[33]. Toda esta red, compuesta por barrancos y sus afluentes, conforman en el terreno profundas incisiones características del relieve insular.

Por lo general, el caudal que circula a lo largo del cauce va aumentando con su recorrido, pues las escorrentías generadas en cada cuenca siguen, a lo largo de su red hidrográfica, un proceso de agregación o concentración hasta su salida natural al mar.

Los cauces presentan además en su recorrido continuas variaciones, que afectan tanto a la pendiente como a la sección transversal, por lo que en ocasiones puede llegar a ser insuficiente para evacuar el caudal que llega, ocasionado un desbordamiento e inundación.

Asimismo, hay que tener en cuenta la elevada pendiente que suelen presentar los cauces, sobre todo en cabecera y zonas de medianía. Esto tiene una significación especial en la hidrología torrencial, pues con ella se reduce el tiempo de concentración de la cuenca, acrecentando los caudales punta en un tiempo de respuesta muy corto. Debido a esta particular configuración del relieve, los caudales se transmiten a una gran velocidad, que se compensa con una menor sección y calado del agua.

II.4.2.3. En las desembocaduras

El tramo final de los cauces es el de menor pendiente y el de mayor caudal; en ellos es más proclive el fenómeno de inundación, especialmente cuando coincide desfavorablemente el mar: cambios de mareas, presencia de barras costeras, etc.

El curso más bajo de los barrancos se caracteriza también por su elevada capacidad de sedimentación. Esto conduce a una progresiva reducción de la sección del cauce, pues parte de los materiales que se incorporan al

[32] El criterio, en términos simples establece que son zonas de montaña:

- Las situadas por encima de los 2500 metros
- Las situadas entre 1.000 y 2.500 metros con pendiente mayor de 5º (8,7%)
- Las situadas por debajo de los 1.000 en los que se produce una diferencia de elevaciones mayor de 300 en un círculo de 7 km. de radio.

[33] En total, se han inventariado 5.346 cauces, de los cuales 471 desembocan en el mar, con una longitud total de 5.617 km.

curso del agua terminan depositándose sobre su lecho antes de llegar al mar.

Frecuentemente, la desembocadura del cauce principal se encuentra además modificada por infraestructuras urbanas, viarias y portuarias, limitando aún más su capacidad de desagüe.

II.4.3. Afección a personas, bienes y servicios

La avenida es un fenómeno natural que en sí mismo no es un desastre, salvo que sea así percibida por el hombre, en cuanto produce daños a personas o a sus bienes y actividades.

La afección es el resultado de una avenida sobre el modelo de asentamiento humano que, en todo caso, constituye una intervención sobre la naturaleza.

Estos asentamientos implican actividades y servicios que se soportan sobre infraestructuras y dotaciones.

La localización de estos asentamientos, de una forma más o menos concentrada, y los elementos de conexión entre ellos, originan en función de su adecuación a los elementos naturales (barrancos, laderas, etc.) la posibilidad de afecciones.

Para estudiar la afección, procede analizar los diferentes estados de exposición.

II.4.3.1. La localización y movilidad de las personas en el territorio

Los asentamientos en Tenerife se concentran básicamente en las tres zonas principales (área metropolitana Santa Cruz de Tenerife - La Laguna y los centros turísticos del Valle de La Orotava y del Sur). En consecuencia, la movilidad de personas y mercancías se produce principalmente en las vías interiores a dichas áreas y en los corredores entre ellas.

Esta población se asienta en un elevado porcentaje en el corredor litoral, debido tanto a la topografía como a las actividades productivas (portuarias, administrativas, de servicios, ocio, etc.).

Por tanto, es en estas áreas donde las personas están más expuestas a afecciones, que incluso pueden causar pérdidas de vidas, daños físicos, así como penalidades y trastornos en sus actividades cotidianas.

II.4.3.2. Las infraestructuras y los servicios

La mejora en las condiciones de vida ha ido generando mayor cantidad y diversidad de infraestructuras y dotaciones.

Tanto su localización como las características de su diseño influyen decisivamente en su mayor grado de exposición a las avenidas.

Estas infraestructuras y dotaciones han dado respuesta, en ocasiones, a demandas sociales muy apremiantes; lo que ha dificultado un período de reflexión previa suficiente para analizar todas las variables con incidencia en su implantación territorial. Ello ha dado lugar con cierta frecuencia a soluciones poco adecuadas para evitar afecciones por las avenidas.

El grado de desarrollo alcanzado en Tenerife ha producido una progresiva concentración y especialización de las infraestructuras y dotaciones en nodos y corredores, buscando una mayor eficiencia del modelo.

En los primeros localizamos los puertos, aeropuertos, polígonos industriales, centros hospitalarios, docentes y científicos, de producción y transformación de energía, complejos hidráulicos y ambientales, grandes superficies comerciales, centros de ocio, etc.

En los corredores se incluyen el viario (que en ocasiones lleva incorporado conducciones del ciclo del agua) y los de transporte de energía eléctrica y comunicaciones.

Al menos en teoría, es factible calcular el valor de inversión de dichas infraestructuras y dotaciones a los efectos de su posible reparación o reposición en caso de daños o ruina total por avenidas.

Más complejo resulta evaluar el coste de la no disponibilidad de servicios, que la sociedad actual ya asume como básicos, y cuya carencia origina graves deficiencias y precariedad en la actividad diaria.

II.4.3.3. El patrimonio histórico, los bienes de interés cultural y otros bienes patrimoniales

Los *"bienes de interés cultural y del patrimonio histórico",* tienen una difícil interpretación en términos de coste económico, al tiempo que su desaparición o daño lleva aparejadas pérdidas a los que es muy sensible la sociedad.

La consideración de los *"bienes patrimoniales ordinarios"* (viviendas, naves, vehículos, enseres, ganadería, plantaciones, etc.) permite una directa evaluación de su coste de reposición.

II.4.4. Evaluación de los daños

La causa inmediata de los daños por avenidas es teóricamente predecible y ponderable mediante las predicciones y las técnicas de cálculo disponibles.

Desde esta perspectiva, también puede abordarse la cuantificación de los efectos (daños) y la magnitud de éstos (valor de los daños).

En este sentido, puede analizarse la capacidad de las secciones de cada cauce para transportar el caudal predecible del mismo, estimándose los tramos de desbordamiento y las zonas anegables.

La superposición de estas superficies inundables con los ámbitos de implantación de la población, infraestructuras y dotaciones vinculadas a sus actividades y servicios permite evaluar las afecciones y los daños resultantes.

De otra parte, la escorrentía de ladera, fenómeno de gran trascendencia en las avenidas en Tenerife, podrá evaluarse analizando la velocidad y el calado en cada localización donde se intercepte con los asentamientos de poblaciones, sus infraestructuras y dotaciones.

II.4.5. El riesgo

Entendiendo el riesgo como el producto del valor del daño por la probabilidad de que se produzca una avenida, surge la necesidad de la evaluación de ambos factores.

II.4.5.1. Cuantificación de los daños

Desde el punto de vista teórico siempre es posible cuantificar un daño. La realidad demuestra que si bien los daños directos son relativamente sencillos de evaluar, la cuantificación de los daños indirectos tiene mayor complejidad.

Por otra parte, existen daños de carácter intangible cuya valoración puede superar a las de los otros daños, aún sin ser cuantificables, dependiendo de la diferente percepción social o cultural del bien dañado.

La **cuantificación de los daños directos** puede abordarse mediante el conocimiento intrínseco de los valores de los bienes afectados, o bien por la extrapolación de los diferentes usos del suelo e intensidades de su aprovechamiento.

Por último, la **valoración de los daños intangibles** incorpora frecuentemente argumentos estratégicos, sociales y culturales.

II.4.5.2. Probabilidad de que se generen los daños

Es comúnmente aceptado que tanto los fenómenos meteorológicos como los hidrológicos se ajustan a procesos estocásticos, aunque sujetos a ciclos climatológicos. Esto queda sujeto a las matizaciones que puedan derivarse del progresivo mayor conocimiento del fenómeno del cambio climático, actualmente con un excesivo grado de incertidumbre.

En esta línea se han desarrollado aplicaciones de la estadística a las precipitaciones y a la escorrentía resultante, siguiendo determinadas leyes de distribución en el tiempo.

En la práctica se trabaja con el concepto de **período de recurrencia** o retorno. En ese sentido, un fenómeno tiene un período de recurrencia determinado cuando la probabilidad de que se produzca en un año dado es la inversa de dicho valor.

A partir de datos hidrometeorológicos (hietogramas y curvas IDF) pueden extraerse pares de valores **caudal-probabilidad** que pueden transformarse en valores **probabilidad-daño** en los análisis del fenómeno de inundación.

En el caso del fenómeno de **escorrentía de ladera** pueden extraerse valores **velocidad-calado-probabilidad**, que pueden transformarse, asimismo, en valores probabilidad-daño.

II.4.5.3. Cuantificación del riesgo

La cuantificación exacta de los dos factores que integran el concepto de riesgo (daño y probabilidad) comporta gran dificultad y requiere de información con un grado de detalle del que no se dispone normalmente en la práctica.

Por tanto, se hace imprescindible adoptar estrategias de simplificación y de obtención indirecta de los valores menos susceptibles de ser medidos.

Tal es el caso de la elaboración de **matrices de riesgo**, calificando éste en los niveles de muy grave, grave, moderado y escaso.

II.5. EL MÉTODO INDUCTIVO O INDIRECTO PARA EVALUAR EL RIESGO

El método inductivo o indirecto parte de la imposibilidad de plantear axiomas básicos, y pretende deducir conclusiones a partir de la observación directa de la realidad. En esencia, este método recopila información con la mayor amplitud posible y bajo la hipótesis de que esta observación no recoge la realidad global, sino tan solo parte de ella, lleva a cabo un análisis de la misma que pasa por dos procesos principales:

- En la ***generalización*** se evalúa la información y la forma en que se ha recogido ésta, con el fin de inferir si los fenómenos observados pueden generalizarse; es decir, si pueden extenderse a la realidad global. En caso de que así sea, se realiza esta extensión.
- En la ***conceptualización***, partiendo de los resultados de la fase anterior, se derivan reglas de carácter global que permiten deducir conclusiones.

Haciendo uso de la terminología de planificación, en las que las fases habituales son la recopilación de información existente o la generación de una nueva, el análisis de esta información y, por último, el diagnóstico, podrían establecerse las siguientes equivalencias:

- Las fases de recopilación de información y el análisis recogerían todas las tareas asociadas con la observación de la realidad. Concluyen con el desarrollo de un primer *"inventario de puntos de riesgo"*, es decir de zonas, tramos o localizaciones concretas con riesgo de avenidas[34], un segundo inventario que abarcan ámbitos territoriales mucho más extensos que los anteriores y, por último, un inventario provisional de infraestructuras básicas y servicios esenciales para culminar dicha labor.
- La primera parte del diagnóstico, que en el PDA se ha denominado de *diagnósticos parciales*, sería equivalente a la generalización, con el objetivo de extender las conclusiones deducidas del análisis a la totalidad del territorio.
- La segunda parte del diagnóstico, que se ha denominado *diagnóstico general*, sería equivalente a la conceptualización.

II.5.1. Inventario de riesgos

El primer paso en la aplicación del método inductivo es el de la observación de la realidad. En el caso de la defensa frente a avenidas, esta realidad es, en primer lugar, la que se deduce de las inundaciones registradas en el pasado. El primer paso, por tanto, es el de investigar en las fuentes asequibles, los datos disponibles sobre los daños registrados, las causas, etc. De todas estas fuentes, la que tiene una mayor continuidad y cita generalmente todas las avenidas con daños es la prensa. También hay que tener en cuenta, lógicamente, todos los informes específicos, publicaciones, estudios, etc. y especialmente los que contengan datos técnicos sobre las causas y consecuencias o datos sobre las pérdidas humanas, económicas, medioambientales, etc..

Evidentemente, ésta es una primera tarea necesaria. Sin embargo, los riesgos asociados a las avenidas, al estar estrechamente asociados a la ocupación del territorio por el hombre, varían de manera muy importante a lo largo del tiempo, en función precisamente de esta ocupación. Además, el fenómeno de las avenidas es relativamente poco frecuente, todo lo cual conduce a que la mera observación del pasado no sea en absoluto suficiente para alcanzar una adecuada percepción del riesgo; ya que es posible que existan zonas en riesgo en las que no se ha materializado éste, porque está asociado con lluvias de período de retorno muy alto o porque se ha generado a causa de una actuación antrópica reciente.

Por ello, es necesario hacer hipótesis sobre las situaciones potencialmente generadoras de riesgo, normalmente basándose en las enseñanzas recogidas de la consideración de los sucesos históricos, identificando a través de ellas las causas de los daños y buscando situaciones similares dentro del territorio analizado. Esta es la segunda tarea en relación con la observación de la realidad.

II.5.2. Cuantificación de riesgos inventariados

Una vez identificado el riesgo, bien porque se han producido daños en el pasado, bien porque, no habiéndose producido, se han creado situaciones similares a las anteriores, es necesario cuantificarlo.

A estos efectos, también el proceso parte de la observación de la realidad, procediendo a esta cuantificación a través de la consideración de los daños registrados. En este caso, un método preciso aunque relativamente incompleto, es el de considerar, para los daños personales, las estadísticas registradas[35], y para las pérdidas económicas, utilizar las que reflejan en sus informes las compañías de seguros; aunque, en relación con estas últimas cifras, es necesario tener en cuenta un factor corrector, ya que no todos los bienes perdidos están asegurados.

En el caso particular de España, los riesgos extraordinarios, entre los cuales el más significativo es el de inundación, ya que supone más del 85% del montante global de indemnizaciones[36] , están cubiertos a través de un recargo obligatorio sobre las pólizas

[34] Se ha utilizado el término "registros de riesgo" con el fin de permitir abarcar todos los existentes con la mayor generalidad posible.

[35] Dado que muchas de las pérdidas personales en las inundaciones en los países desarrollados se asocian con situaciones o actuaciones muy particulares, como comportamientos inadecuados con los vehículos, hundimientos, personas arrastradas en las calles, etc. es prácticamente imposible generalizar estas cifras.

[36] Los riesgos extraordinarios cubiertos por el Consorcio de Compensación de Seguros mediante recargo obligatorio en las pólizas son los siguientes:

- Fenómenos de la naturaleza: terremotos y maremotos, inundaciones extraordinarias, erupciones volcánicas, tempestad ciclónica atípica y caídas de cuerpos siderales y aerolitos.
- Los daños ocasionados violentamente como consecuencia de terrorismo, rebelión, sedición, motín y tumulto popular.
- Los hechos o actuaciones de las Fuerzas Armadas o de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad en tiempos de paz.

contratadas por otras compañías aseguradoras[37] . Por tanto, son las estadísticas del Consorcio de Compensación de Seguros la fuente principal de consulta.

Por otra parte, como complemento de esta cuantificación estrictamente económica, debe acudirse a una cuantificación de los riesgos haciendo uso de los criterios habituales, generalmente procedentes de la normativa de Protección Civil, que califica los riesgos en cuatro grandes categorías (muy graves, graves, moderados y escasos), en los términos que se reflejan en detalle en apartados posteriores.

[37] Pólizas de accidentes, vehículos terrestres, vehículos ferroviarios, incendio y elementos naturales y otros daños a los bienes, modalidades combinadas de los mismos o contratadas de forma complementaria.

II.6. MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO

Tradicionalmente se han venido clasificando las medidas para reducir el riesgo de inundaciones en dos grandes categorías.

- Las *medidas estructurales* son aquéllas que, mediante inversiones en embalses de laminación, encauzamientos y desvíos de cauce, diques y motas de protección, defensas, etc. pretenden eliminar o reducir las causas del riesgo, bien reduciendo los caudales de avenida en un determinado tramo, bien reduciendo la extensión de la llanura de inundación ocupada por las aguas cuando se desborda el cauce.
- Las *medidas no estructurales* son aquellas que no están asociadas a inversiones en construcción de obras civiles. En general, persiguen más la reducción de los efectos de las avenidas que la de las causas de éstas.

La actuación de defensa ha pasado por tres fases históricas en relación con la preferencia por uno u otro de los tipos de medidas anteriores. Así, inicialmente los planes de defensa, de los que son ejemplos muy característicos en España los del Júcar y el Segura (respectivamente en Murcia y Alicante y en Valencia, dos zonas con una enorme incidencia de las inundaciones[38]), se centraban en la construcción de medidas estructurales; ya que éstas liberan la posibilidad de uso de las zonas de vega, con sus grandes ventajas desde múltiples puntos de vista: tanto para el aprovechamiento agrario como por la facilidad de construcción de vías de comunicación, la cercanía al agua, la economía de la urbanización por tratarse de zonas llanas, al eliminar los inconvenientes de las inundaciones frecuentes.

Sin embargo, las medidas estructurales no pueden eliminar por completo el riesgo, ya que para ello se requerirían inversiones cuantiosas y, por tanto, han de limitarse a proteger para períodos de recurrencia relativamente bajos que, generalmente se seleccionan, incluso ahora, en torno a los 50 o 100 años[39] . La consecuencia de ello es que con los planes tradicionales, que solo contemplaban este tipo de medidas, se animó de manera sistemática la inversión privada y pública en la llanura inundable bajo una falsa sensación de seguridad. Consecuentemente, aunque estos planes redujeron notablemente la frecuencia de las inundaciones catastróficas, aumentaron también en gran medida los daños en las que superaban el nivel de protección proporcionado por las obras de defensa, llegando a la consecuencia no deseada de que las pérdidas globales a largo plazo aumentaron. Adicionalmente, algunas de las medidas estructurales pueden disminuir el riesgo en una zona para incrementarlo en otras. Así sucede, por ejemplo, con los encauzamientos, que reducen el efecto de laminación y aumentan la velocidad en la zona que se protege y, por tanto, aumentan el caudal y disminuyen el tiempo de llegada de la onda de avenida aguas abajo de ésta.

Como reacción a la constatación de este hecho, se inició una tendencia que aún permanece en algunas zonas, en el sentido de recomendar exclusivamente las medidas no estructurales y fundamentalmente las asociadas con la restricción de usos dentro de la zona inundable[40]. Nuevamente, sin embargo, se ha podido comprobar como la consideración exclusiva de este tipo de medidas conduce a decisiones que en algunos casos pueden ser poco racionales al restringir extraordinariamente el uso del territorio. Además, estas medidas pueden no ser aplicables en zonas ya consolidadas en relación con este uso.

Fig. 10. Medidas para reducir el riesgo

Como consecuencia, la práctica habitual en la actualidad es la de combinar las medidas estructurales con las no estructurales, aprovechando las ventajas que tienen unas y otras. Esta es, por ejemplo, la filosofía de las recomendaciones contenidas en el informe de la Agencia Medioambiental Europea de 22 de diciembre de 1999 sobre uso sostenible del agua en Europa que, en su capítulo 3 “Fenómenos hidrológicos extremos”, incluye un conjunto de recomendaciones que por su interés se transcriben a continuación:

- Coordinación: Entre las administraciones centrales, regionales y locales implicadas.
- Realismo: El riesgo de inundación no puede nunca eliminarse completamente mediante medidas estructurales y no estructurales. Estas medidas son sólo respuestas a la reducción del riesgo.
- Consideraciones ambientales: Las avenidas son importantes en el desarrollo de los ecosistemas geomorfológicos y fluviales de los ríos.
- Prevención: Los problemas generados por las avenidas deberían prevenirse antes de que sean necesarias intervenciones futuras. Son necesarias medidas como la prevención de la ocupación humana de las llanuras de inundación y las áreas de riesgo.

[38] Basta decir que etimológicamente Júcar equivale a “devastador” para comprender la importancia de las avenidas generadas por este río.

[39] Asi, el Libro Blanco del Agua en España incluye la siguiente frase “Un periodo de retorno razonable para el diseño de encauzamientos es el de 100 años, pudiendo reducirse a 25 o aumentarse a 500 años en función de la naturaleza del área protegida y del impacto territorial causado."

[40] Así lo establece, por ejemplo, la Ley 2/2002 de Urbanismo de la Generalitat de Catalunya, que incluye la prohibición expresa de urbanizar o edificar en zona inundable. Puesto que esta ley no indica período de retorno, debe suponerse el de 500 años, que es el que utiliza la Ley de Aguas Nacional para definir el término de zona inundable. Es evidente la enorme limitación que supone un precepto como éste al uso del territorio.

- Transparencia: Debería proceder de las administraciones implicadas la publicación de los riesgos asumidos y las medidas adoptadas.
- Acciones integradas: Estas acciones son la única vía para mejorar la protección frente a las avenidas.

Estos mismos principios se recogen también, prácticamente en los mismos términos, como principios básicos de actuación en el capítulo 3.12.3 del Libro Blanco del Agua en España que recomienda también la combinación de medidas estructurales y no estructurales.

En los siguientes apartados de exponen dos tipos de criterios de clasificación de medidas, tanto desde el punto de vista conceptual, sobre la base de un método operativo común, como del que considera las características del ámbito donde van a tener aplicación, es decir, el territorial.

Respecto a estas medidas debe señalarse, por otra parte, que las Actuaciones Estructurales son recomendaciones que deberán ser tenidas en cuenta por el planeamiento respectivo, pero que carecen de naturaleza vinculante, tal y como se recoge en el acuerdo adoptado por la Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Canarias en su sesión de 22 de marzo de 2010 (BOC núm. 66, de 6 de abril de 2010).

II.6.1. Clasificación de medidas según método operativo

II.6.1.1. Actuaciones Estructurales

Las medidas estructurales, consistentes en la realización de obras de infraestructura que modifican la avenida, bien en su generación, bien en su forma de propagación, pueden clasificarse en las siguientes grandes categorías:

- *Medidas destinadas a la reducción de los caudales punta:*

  A su vez pueden influir sobre el valor del coeficiente de escorrentía, disminuyendo el porcentaje de la precipitación que se convierte en escorrentía, sobre la forma en que se reparten los caudales a lo largo del tiempo[41] introduciendo un efecto de laminación, o directamente, disminuyendo el caudal punta derivando parte del mismo hacia otras cuencas o cauces. En el primer caso se sitúan los programas de conservación de suelos y reforestación, que retienen una mayor cantidad de lluvia para convertirla en infiltración hacia el agua subterránea y posteriormente en evapotranspiración de las plantas. En cuanto a los embalses, pueden estar destinados exclusivamente a la laminación o incluir una combinación de usos. En general, todo embalse introduce un efecto de laminación del hidrograma. Por último, la derivación de caudales se produce a través de canales o cauces artificiales que deben tener capacidad suficiente para transportar el caudal que se quiere restar del hidrograma y pueden actuar, bien deduciendo este caudal durante todo el tiempo de desarrollo de la avenida o bien eliminándolo de la parte superior del hidrograma.

- *Medidas destinadas a la reducción de la extensión de la inundación:*

  Su objetivo no es el de reducir el caudal punta como en el caso anterior, sino el de conseguir que este caudal no desborde el cauce o las obras que se construyan. Normalmente consisten en encauzamientos o diques de protección. Los primeros mantienen un nivel del río similar al que éste tenía antes de la obra pero, mediante excavación, aumentan la capacidad del cauce evitando así su desbordamiento. Los segundos se basan en elevar este nivel pero restringir la inundación al impedir su desbordamiento hacia la llanura de inundación.

- *Medidas destinadas a la protección de determinadas zonas o bienes:*

  Sin modificar esencialmente la extensión de la inundación, estas medidas, normalmente en forma de muros de defensa, evitan que ésta dañe determinados bienes de especial valor o importancia.

- *Medidas destinadas a* evitar *la degradación que conlleva la inundación:*

  Generalmente las inundaciones producen la degradación de las márgenes de los cauces por fenómenos de erosión puntual. Esta degradación puede evitarse a través de obras de refuerzo y defensa de estas márgenes. Generalmente se trata de obras construidas con gaviones, escollera, etc.

En el caso específico de Tenerife, dentro del anterior conjunto de medidas, las de menor aplicabilidad son las asociadas con embalses de laminación, dadas las características de los cauces y fundamentalmente la gran pendiente, que conduciría a la necesidad de construir presas de una gran altura para conseguir un volumen de almacenamiento suficiente[42]. También son de escasa aplicabilidad los diques o motas de protección, normalmente más propios de zonas de vega con una gran anchura de la llanura de

[41] La curva que muestra la evolución del caudal de una avenida a lo largo del tiempo se denomina hidrograma.

[42] Como se desprende de la figura incluida en el texto en los embalses de laminación la diferencia entre el caudal de entrada y el de salida ha de almacenarse en el embalse. Por tanto, el efecto laminador depende fundamentalmente de la capacidad de éste.

inundación. Existen, sin embargo, numerosos ejemplos de encauzamiento, desvíos y defensas.

II.6.1.2. Actuaciones No Estructurales

En general las medidas estructurales están destinadas a reducir las causas de la inundación, mientras las no estructurales tienen por objetivo la suavización de sus efectos, normalmente asociados con las pérdidas de vidas humanas o los daños económicos. A su vez, éstas pueden clasificarse en medidas *para corregir situaciones existentes y medidas para evitar que se generen estas situaciones en el futuro.*

En relación con las segundas que, probablemente, son las de mayor eficacia a medio y largo plazo, la actuación característica es la de la ordenación de las zonas inundables[43]. Esta ordenación debe apoyarse en un estudio detallado de estas zonas que especifique con claridad la extensión de las mismas para diferentes períodos de recurrencia y se traduce en un conjunto de criterios que normalmente se agrupan dentro de una normativa de aplicación general en la planificación territorial y urbana, e incluso en el diseño de edificaciones e instalaciones. La redacción de esta normativa debe ser cuidadosa para conseguir el efecto deseado, restringiendo en la mínima medida posible las posibilidades de actuación desde el punto de vista urbanístico[44].

Por lo que se refiere a las actuaciones orientadas a corregir la situación actual reduciendo los daños potenciales en la medida de lo posible, las más habituales pueden clasificarse en los términos siguientes:

- *Elaboración de mapas de riesgo.*

  Una medida no estructural de enorme eficacia, tanto para corregir las situaciones actuales como para evitar las futuras, es la de proporcionar información detallada sobre la extensión potencial de las zonas inundables. Esta medida, que requiere los mismos estudios que la anterior, no sólo implica la estimación de esta extensión, sino también su publicación, de manera que ésta sea conocida por el gran público. En síntesis, se trata de elaborar mapas de riesgo de inundación y difundirlos[45] .

- *Señalización.*

  La inclusión de señales de aviso en el territorio, fundamentalmente en los puntos específicos en los que la avenida puede generar mayores riesgos, por ejemplo, los badenes de carretera, ha evitado muchas pérdidas personales y económicas y las puede evitar en el futuro.

- *Planificación de emergencias.*

  Una adecuada planificación de la actuación de los servicios de Protección Civil y de todas las entidades públicas y empresas privadas durante la avenida puede también reducir extraordinariamente los daños, no sólo los personales, sino también los económicos[46].

- *Instrucciones de autoprotección.*

  Gran parte de las medidas que permiten proteger instalaciones o viviendas se localizan y se deben realizar por los propietarios. Dar a conocer el riesgo a éstos y proporcionarles instrucciones y soporte técnico para aumentar su nivel de protección particular, modificando algunas características de sus propiedades, puede reducir extraordinariamente los daños.

- *Planes de seguros*

  Por último, dentro de las medidas no estructurales se han venido utilizando sistemáticamente los *"planes de seguros",* que no reducen el daño pero sí el efecto socioeconómico de éste al extender este efecto a lo largo de toda la vida de las infraestructuras y reducir, por tanto, su incidencia puntual. Hasta tal punto pueden llegar a ser importantes estos planes que algunos países, como por ejemplo los Estados Unidos, han sustituido la práctica totalidad de sus políticas de defensa mediante medidas estructurales por políticas basadas en planes de seguros.

  Existen dos grandes tipos de políticas en este sentido. El primero es el que está basado en seguros específicos, en los que la prima, para cada

[43] En relación con esta eficacia constituye un ejemplo el hecho de que en Canadá la legislación prohíba la asignación de fondos públicos a medidas estructurales de defensa si no se ha llevado a cabo previamente esta ordenación.

[44] Por ejemplo, puede conseguirse casi el mismo efecto prohibiendo la edificación que obligando a que ésta cumpla determinadas condiciones como la ausencia de sótanos, la exigencia de que se construyan los edificios por encima de un determinado nivel, aunque sea sobre terraplenes, etc. Es evidente que la primera opción es mucho más restrictiva.

[45] La Unión Europea, reconociendo la enorme utilidad de estos mapas, está desarrollando un programa para fomentar su preparación en todo el territorio europeo. En el caso de Estados Unidos, estos mapas pueden descargarse por Internet.

[46] La reducción de daños personales es evidente. Se evitan comportamientos inadecuados y mediante evacuación se puede también reducir extraordinariamente el número de víctimas. En cuanto a los económicos, disponer de información sobre medios y recursos aplicables a la protección de determinados bienes mediante obras de emergencia con sacos terreros o pequeños terraplenes o para asegurar la no obstrucción de obras de drenaje o encauzamientos, etc., también reduce extraordinariamente las pérdidas económicas.

emplazamiento particular, está relacionada directamente con el riesgo de este emplazamiento[47]. El segundo se basa en seguros generales, normalmente como recargo de otros que se aplica con independencia del riesgo específico.

El primer tipo de política tiene la ventaja de que, al ser muy importante el coste de la prima para aquellas instalaciones con un alto nivel de riesgo contribuyen, de manera natural, a la ordenación de las zonas inundables, puesto que encarecen la ubicación de instalaciones o viviendas en estas zonas. Tiene dos inconvenientes importantes. En primer lugar, si no se imponen con carácter obligatorio, es posible que las instalaciones existentes con mayor nivel de riesgo no se aseguren, con lo cual se pierde el efecto beneficioso del seguro de evitar la incidencia puntual del daño socioeconómico. En segundo término, requieren de una delimitación detallada de las zonas de riesgo con carácter previo a la implantación de los planes de seguros y de un mantenimiento sistemático de estos mapas de riesgo. Por otra parte, pueden tener un cierto rechazo social por parte de todas aquellas empresas o particulares que se implantaron en la llanura inundable en su momento sin tener conocimiento del riesgo que ello implicaba.

El segundo tipo de política, que es el que se aplica en España, a través del Consorcio de Compensación de Seguros, tiene los inconvenientes y ventajas contrarios. Por un lado, facilita extraordinariamente la cobertura universal, ya que cualquier instalación o vivienda que tenga otro tipo de seguro está protegido desde este punto de vista contra las avenidas. En realidad se trata casi de una forma encubierta de hacer obligatorio el seguro contra inundaciones. Por otra parte, sin embargo, puede considerarse casi como un impuesto, puesto que muchas empresas y particulares que no están en riesgo, tienen sin embargo la obligación de suscribir el seguro, para beneficiar a los que sí lo están.

Desde el punto de vista de la eficacia global, la tendencia actual es la de implantar el segundo modelo aunque en algunos países (por ejemplo, en Estados Unidos) se han puesto en marcha planes de carácter mixto en los que el coste del seguro está relacionado con el riesgo, pero una parte de este coste se subvenciona por el Estado.

[47] Como se ha descrito en capítulos anteriores, este riesgo es el resultado de multiplicar la probabilidad por el daño. Por tanto, será mayor cuando lo sea cualquiera de estos dos factores.

II.6.1.3. Medidas de Emergencia

Las medidas en la fase de emergencia se desglosan dentro del PDA como un capítulo fundamental en la gestión del riesgo; ya que en contraposición con las actuaciones estructurales y no estructurales tienen un tiempo de aplicación limitado y delicado, que requiere la colaboración de la mayoría de los servicios públicos, así como la de la ciudadanía.

La eficacia de estas medidas ya no se pone en duda, puesto que el gran esfuerzo previo de coordinación y gestión se ve ampliamente recompensado cuando ante una catástrofe los daños se minimizan y la recuperación de la situación normal se realiza en un tiempo limitado, acotando los perjuicios que dejan tras de sí fenómenos tan destructivos como las avenidas.

- *Planes de emergencia*

  La medida de emergencia básica es el Plan de Emergencia. Esta figura tiene varios ámbitos de aplicación, con instrumentos claramente definidos por la legislación vigente:

  - Plan Insular de Emergencia frente a avenidas
  - Planes Municipales de Emergencia
  - Planes Especiales

  Otras medidas esenciales en las emergencias son los sistemas de alerta temprana, que permiten activar los protocolos de emergencia con un cierto tiempo de reacción a nivel municipal y en caso necesario su transmisión a los ciudadanos mediante el sistema de avisos establecidos. Para ello, resultan fundamentales tanto las medidas de predicción y vigilancia como las de gestión de la información relacionada con dichas tareas.

  Una vez que se determina como se ha de gestionar el riesgo, los medios disponibles, los elementos estratégicos, las principales vías de evacuación, los tiempos de desalojo, lugares de albergue de la población, etc… se debe transmitir el protocolo de actuación al ciudadano en cada caso.

- *Predicción y vigilancia*

  Muchas de las medidas estructurales destinadas a paliar los problemas de inundación que pueden presentarse en muchas zonas habitadas requieren, en muchos casos, de un largo plazo para su aplicación y en otros, incluso, resultar imposible. Es por ello que la implantación de este tipo de técnicas, que suponen una mejora importante de los

sistemas de previsión y alerta para limitar riesgo de las avenidas sobre las vidas humanas y sobre las propiedades, se considera especialmente necesaria. Cabe diferenciar aquí entre medidas de predicción meteorológica y medidas de predicción hidrológica.

En cuanto a la predicción meteorológica, tienen gran importancia los sistemas de alerta temprana ya que proporcionan un mayor tiempo de respuesta y por tanto multiplican los efectos beneficiosos de las restantes medidas. Permiten, por ejemplo, preparar la estrategia en obras de laminación o derivación, llevar a cabo las actuaciones de protección con mayor tiempo, informar adecuadamente a la población reduciendo el pánico, preparar mejor y de manera más abundante los medios y recursos necesarios para Protección Civil, asegurar el funcionamiento de los servicios esenciales, etc.. Generalmente deben basarse en una mejora de la predicción meteorológica (modelos meteorológicos, sistemas de medición de la lluvia mediante radar[48]) y, de manera muy importante, en una sistemática para trasladar esta predicción durante la emergencia, fundamentalmente a las entidades con competencias en materia de Protección Civil y de gestión de los recursos hidráulicos.

Respecto a la predicción hidrológica, a diferencia de muchas cuencas peninsulares donde se ha venido implantando los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica[49], la instrumentación necesaria para la prevención del riesgo hidráulico en la isla obedece a otro tipo de condicionantes. Por un lado, hay que destacar, la enorme dispersión de los elementos a proteger frente al riesgo de inundaciones y, por otro, la gran variabilidad espacial de las precipitaciones, íntimamente ligada al régimen hidrológico tan irregular que presentan los cauces, además de su marcado carácter torrencial, tanto por el pequeño tamaño de sus cuencas aportadoras como por sus elevadas pendientes y bajos tiempos de concentración.

En consonancia con esta realidad han de plantearse sistemas de alerta hidrológica integrados por distintos instrumentos, con capacidad para procesar en cada instante la información provinente de los datos de las estaciones meteorológicas automáticas y radiosondeos, imágenes de radar meteorológico e imágenes de satélite. Estos sistemas de alerta, además de generar el aviso correspondiente al alcance de determinado umbral de adversidad, proporcionan también las entradas de precipitación en los modelos de simulación hidrológica en tiempo real.

- *Gestión de información*

  Para garantizar la eficacia de las medidas predictivas es necesaria la implantación y desarrollo de sistemas de información avanzados, que permitan realizar de forma eficiente las tareas de captura, organización y gestión de los datos meteorológicos e hidrológicos.

  Estos sistemas tienen un especial interés para el intercambio de información meteorológica e hidrológica entre las entidades competentes en protección civil y demás agentes implicados, además de poner los datos a disposición de los mismos en el momento en que éstos se encuentren disponibles.

  Con el fin de aumentar la fiabilidad de las predicciones conviene contar además con el apoyo de modelos de calibración, que permitan realizar en el sistema los ajustes oportunos, a partir de la información que pueda recabarse en la fase siguiente a la desactivación de la emergencia.

II.6.1.4. Medidas Informativas

Las medidas informativas también constan de varios niveles o ámbitos de aplicación. Este tipo de medidas permiten ser consciente del riesgo, activar los procedimientos de protección y conocer cuales son los pasos que se deben seguir son esenciales durante la emergencia.

- *Divulgación del riesgo de inundaciones para los planes de protección civil.*

  Es evidente que para una adecuada planificación de las emergencias en caso de inundaciones, las entidades competentes en protección civil deben estar debidamente informadas para tener un conocimiento cierto de este tipo de riesgo que les ayude a interpretar, en clave local, la problemática del fenómeno de las avenidas. En este sentido, se considera que tiene un especial interés la divulgación del riesgo de inundaciones a través de un resumen no técnico de dicha información entre las administraciones con responsabilidades en materia de emergencias.

- *Información dirigida a la población.*

  La mayor parte de los daños personales asociados a avenidas en los países desarrollados se pueden asignar a errores de comportamiento

[48] Estos sistemas miden la lluvia antes de que llegue al suelo y por tanto permiten conocer sus efectos con mayor antelación.

[49] Estos SAIH centran sus actividades de prevención en la recogida de datos en sus sensores de nivel situados en determinadas secciones de ríos y presas, así como la superación de niveles de alerta prefijados, además del desarrollo de modelos hidrológicos.

de la población durante la avenida. La mejor forma de evitar estos errores es la de asegurarse de que esta población está adecuadamente informada en dos sentidos, el del conocimiento del riesgo y el de la formación sobre las actitudes y acciones que reducen el peligro una vez desencadenada la avenida.

Otro tipo de medidas informativas son aquellas de previsión o prevención y que no son específicas de la fase de emergencia, por tanto, tratan de transmitir el conocimiento de forma planificada antes de que ocurra un desastre. Estas medidas pueden ser de transmisión directa del riesgo existente en una zona, como los carteles de aviso en badenes que cruzan barrancos o vías de desagüe principales en zonas urbanas; pero también educativas al comunicar la importancia de preservar las vías de desagüe limpias y acondicionadas sin ocupaciones de cauce, el tipo de botiquín que se debe tener en la vivienda, las medidas que se deben tomar para proteger el hogar.

II.6.1.5. Normativa

Las normas son consideradas como otro tipo de medidas a aplicar, que en la actualidad tienen gran relevancia. El objetivo es evitar que la situación futura de la Isla empeore con respecto a la actual. Para ello, mediante normas de aplicación directa y recomendaciones, se pretende marcar las pautas del diseño y adecuación de infraestructuras y servicios, así como indicar las posibilidades de gestión de los usos del suelo en zonas de riesgo y la gestión de éste en zonas urbanas ya consolidadas.

- *Normas de aplicación directa*

  Las pautas para el diseño y adecuación de infraestructuras, que abarcan aspectos técnicos hidrológicos e hidráulicos, se incluyen -desde el punto de vista competencial en materia de aguas- dentro de un conjunto de normas de aplicación directa.

- *Recomendaciones*

  Aunque fuera de las competencias de carácter sectorial que enmarcan al PDA, hay aspectos en los que actualmente existe un vacío que es necesario solventar para dar coherencia al modelo de gestión que se desea implementar en la isla. La imposibilidad real de eliminar totalmente el riesgo hace imprescindible abordar el problema de las avenidas asumiendo como objetivo la minimización de los daños.

  De este modo, los esfuerzos en el tratamiento paliativo de la problemática generada por las avenidas deben considerar las variables de gestión de los usos del suelo en zona inundable, la necesidad de elaboración de planes de emergencia, la formación de la población, los sistemas de autoprotección de las viviendas, comercios, empresas, etc…, como una serie de recomendaciones coherentes y complementarias con las normas de diseño.

II.6.2. Clasificación de medidas según ámbito de aplicación

La aplicación de los diferentes tipos de medidas correctoras que se estima necesarias para producir los efectos pretendidos sobre el riesgo de avenidas, conduce también a la consideración de las mismas desde la perspectiva territorial.

Salvando el caso de las medidas estructurales, que tienen un ámbito de aplicación concreto y coincidente con la localización de la actuación correspondiente, existen determinados tipos de medidas (como son las medidas de tipo no estructural, las informativas o las de emergencia), cuyo ámbito de aplicación es necesario definirlo con un criterio territorial. Esta necesidad ha llevado a establecer otra clasificación de medidas que, según corresponda a un determinado registro de riesgo o ámbito superior a éste, se agrupan en medidas particulares y medidas generales, respectivamente.

En resumen, se incluirán como medidas particulares todas aquellas medidas de tipo estructural o no estructural que puedan estar directamente vinculadas a los registros de riesgo. Por otra parte, dentro de las medidas generales quedarán englobadas el resto de medidas no estructurales, informativas y de emergencia, que puedan aplicarse a otros niveles, ya sea el insular, el municipal o el de zona susceptible de riesgo hidráulico.

II.7. ESQUEMA METODOLÓGICO CONCEPTUAL ADOPTADO EN EL PDA

La metodología adoptada en el PDA es el resultado de una integración de los procesos deductivo e inductivo, indicados en los apartados II.4 y II.5.

En el proceso deductivo, que se ha seguido en algunos apartados específicos del PDA, se ha contado con el apoyo de herramientas potentes capaces de cruzar información, hacer cálculos hidrológicos[50] e hidráulicos necesarios para el análisis de la red viaria y el drenaje transversal o de la información procedente de las encuestas, así como realizar análisis históricos e hidroeconómicos (seguros) para inventariar y evaluar los riesgos.

Sin embargo, ante la imposibilidad de partir del axioma en que se basa el método deductivo, en otros apartados del PDA se ha aplicado principalmente el método *"inductivo".* En efecto, la experiencia demuestra que los daños que generan las avenidas en Tenerife no se restringen a unas zonas determinadas y fácilmente identificables a priori, sino que se extienden a la práctica totalidad del territorio. Tampoco se deben estos daños sólo al desbordamiento de los cauces, sino que son frecuentes otros orígenes como la escorrentía de ladera o la insuficiencia manifiesta de las redes de saneamiento o de las obras de drenaje de las infraestructuras de transporte.

La información necesaria para aplicar este método indirecto se puede dividir entre la recopilada y la elaborada específicamente dentro de los trabajos llevados a cabo. Tanto una como otra se encuentra organizada en un modelo de datos y se ha volcado en un Sistema de Información Geográfica (en adelante GIS[51]). Estos sistemas son imprescindibles para el tratamiento y análisis de grandes volúmenes de información.

Todos los datos de partida se han organizado en archivos temáticos (capa de carreteras, capa de infraestructuras hidráulicas, capa de infraestructuras eléctricas, capa de municipios…) con la información gráfica, textual y numérica que proceda[52]. Asimismo, la información básica generada con el PDA factible de georreferenciación (como los datos históricos, la encuesta municipal, la delimitación de zonas envolventes de las superficies anegables…) se ha procesado con formato GIS para agilizar su posterior análisis.

El volumen de datos recopilados y generados como información básica hace prácticamente imposible su análisis parcial y general sin la organización por capas de información superpuestas. Por esta razón desde las primeras etapas se empleó un modelo de datos desglosado en las distintas coberturas de información básica disponible y generada, al que se fueron agregando aquellas capas resultantes del análisis posterior de la información: inventario final de registros de riesgo, así como el análisis de los mismos según los distintos criterios establecidos, además del inventario de zonas susceptibles de riesgo hidráulico y el inventario de infraestructuras básicas y servicios esenciales.

La evaluación de los resultados tras el análisis de la información para extraer las conclusiones se facilita enormemente por la agilidad del sistema para la consulta de datos. Así, a partir del establecimiento de determinados indicadores que reflejan el estado y vulnerabilidad de la isla frente a las avenidas, así como de los resultados parciales y generales de todos los factores influyentes en cada indicador, pudo realizarse el diagnóstico de la situación actual.

Los resultados del PDA como son el programa de actuaciones y medidas para reducir el riesgo, así como la información generada para Protección Civil, también se encuentran almacenados y organizados en el modelo de datos del PDA, que junto con el GIS, constituye una herramienta imprescindible en la implementación del Plan.

En el esquema adjunto se representan las distintas fases para la elaboración del PDA, según el planteamiento metodológico descrito, que pueden agruparse en los cuatro bloques principales: información básica, análisis, diagnóstico y desarrollo del PDA.

Fig. 11. Esquema metodológico del PDA

[50] Para la determinar los caudales máximos de avenida se ha utilizado la Guía Metodológica.

[51] En esencia, un GIS funciona como una base de datos donde los formatos en los que se almacena la información además de ser numéricos o textos son gráficos.

[52] Por ejemplo, en la capa de municipios se almacena gráficamente los límites municipales. Como texto aparece el nombre del municipio y como datos numéricos se pueden consultar área, perímetro…

III. INFORMACIÓN BÁSICA

III.1. INFORMACIÓN PREVIA DISPONIBLE USADA EN EL PDA

III.2. INFORMACIÓN BÁSICA GENERADA CON EL PDA

Este capítulo describe la información básica para la elaboración del PDA. Se entiende por “básica” la que es necesaria para el análisis y el consiguiente diagnóstico. Se divide en 1) la que ya estaba previamente disponible y 2) la que ha sido necesaria elaborar u obtener dentro del propio PDA.

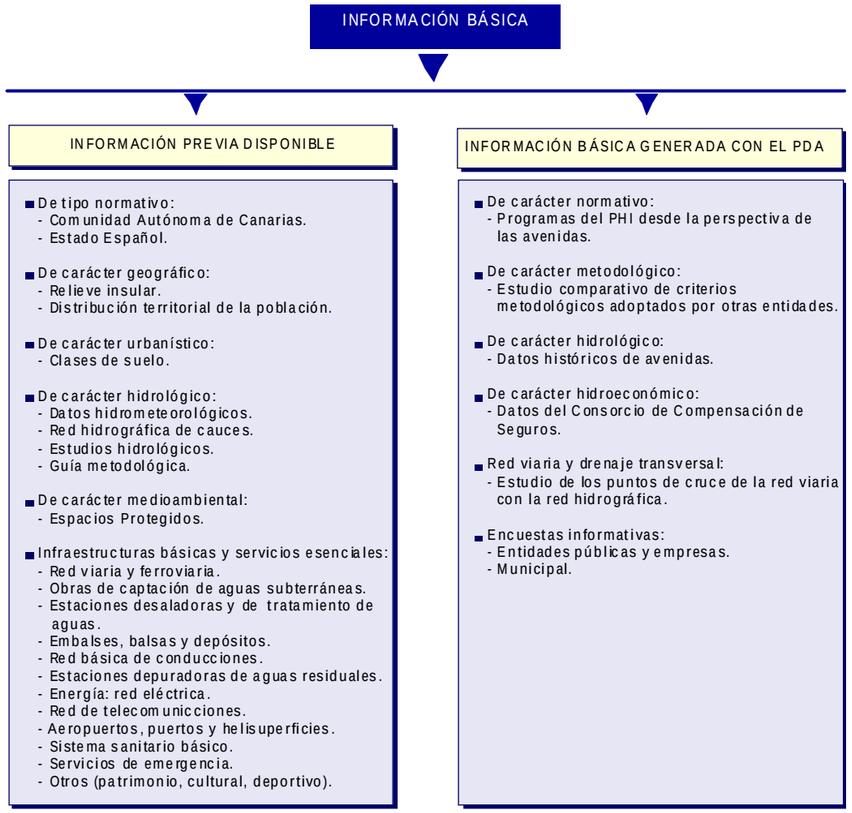


Fig. 12. Información básica

Dado que las fuentes de información son numerosas y heterogéneas, los datos básicos se han volcado en bases de datos, para facilitar la consulta y el análisis posterior. Siempre que el tipo de información o dato ha sido susceptible de georreferenciación se ha trabajado bajo coordenadas y a través de un GIS. Esta georreferenciación se realiza con la misma base de coordenadas, de tal forma que las capas o coberturas de información se superponen, pudiendo obtener todos los datos recogidos de un punto geográfico de forma simultánea. En el GIS se han incorporado no sólo las distintas coberturas de información básica sino también el análisis posterior realizado.

Este tipo de formatos resulta imprescindible cuando se maneja y gestiona un volumen de información tan grande como el utilizado en el PDA y cuando se pretende dar respuesta a distinta escala (insular y local) dentro de un mismo trabajo.

Tanto las bases de datos como el GIS se han incorporado a los sistemas informáticos del CIATF.

III.1. INFORMACIÓN PREVIA DISPONIBLE USADA EN EL PDA

La información disponible antes de comenzar la elaboración del PDA se puede clasificar atendiendo al carácter de la misma, en los siguientes tipos: normativo, geográfico, urbanístico, hidrológico, medioambiental y sobre las Infraestructuras básicas o estratégicas.

En los puntos sucesivos se indican las características principales de la información recogida así como la referencia a la fuente de dicha información.

III.1.1. De tipo normativo

El marco legal general se ha deducido de la consideración de la legislación existente tanto la hidrológica o hidráulica (fundamentalmente la Ley de Aguas y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico), como la de carácter general, dentro de la cual es especialmente importante la normativa urbanística y de ordenación territorial y las normas sobre Protección Civil. Por otra parte, esta recopilación también ha permitido ubicar el Plan en relación con su capacidad normativa y en determinar en qué medida puede contener tanto normas como actuaciones de obligado cumplimiento para los diferentes actores, de entre los que destaca, lógicamente, el CIATF. A estos efectos son particularmente significativas las Directrices de Ordenación General de Canarias y en particular la Directriz 50[53].

Los textos y documentos legales que definen el marco de desarrollo e implementación del PDA se agrupan a su vez dependiendo del ámbito de aplicación (autonómico o estatal):

- **Comunidad Autónoma de Canarias**
  - Ley de Aguas de Canarias. Ley 12/90, de 26 de julio de 1990.
  - Decreto 86/2002, Reglamento de Dominio Público Hidráulico, de 2 de julio de 2002
  - Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y Espacios Naturales de Canarias. Decreto legislativo 1/2000, de 8 de mayo.
  - Directrices de Ordenación General de Canarias y de Ordenación del Turismo de Canarias. Ley 19/2003 de 14 de abril.

[53] Directriz 50. Prevención de riesgos.

1. (ND) El planeamiento, en todos sus niveles, y los proyectos sectoriales de infraestructuras dedicarán un apartado específico a la prevención de riesgos sísmicos, geológicos, meteorológicos u otros, incluyendo los incendios forestales, en su caso. Cuando fuera necesario, el planeamiento determinará las disposiciones a que las edificaciones e infraestructuras deberán atenerse para minimizar tales riesgos y prestará una especial atención a la justificación de la localización y características de las infraestructuras y servicios esenciales en caso de emergencia.
2. (NAD) La justificación precisa y exhaustiva, y el análisis ponderado de las características geológicas y orográficas del lugar de actuación, serán requisitos necesarios para la excepcional ocupación y canalización de barrancos, barranquillos y escorrentías.
3. (ND) El planeamiento definirá las áreas que deberán ser excluidas del proceso de urbanización y edificación por razones de riesgo y los criterios a seguir en el trazado y diseño de las infraestructuras por tal causa.

- Directrices de Ordenación de Infraestructuras. Decreto 91/2004 de 20 de julio (en redacción).
- Directrices de Ordenación de Aguas. Decreto 105/2004 de 29 de julio (en redacción).

- **Estado Español**
  - Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por R.D.L. 1/2001 de 20 de julio
  - Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil.
  - Norma Básica de Protección Civil. Real Decreto 407/1992 de 24 de abril.
  - Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, de 31 de enero de 1995.
  - Decreto 903/2010, de 9 de julio, de Evaluación y Gestión de riesgos de inundación.

III.1.2. De carácter geográfico

III.1.2.1. Relieve insular

Se dispone de la información del relieve de la isla en 3 formatos:

- Formato MDT (modelo digital del terreno). El territorio insular queda caracterizado mediante un grid o malla de celdas cuadradas de 10 m de lado con dato de cota.
- Cartografía digital de GRAFCAN a escala 1:5.000, preparada para GIS, donde además de las curvas de nivel se han recogido los elementos territoriales principales (edificios, carreteras, servicios), toponimia, Las curvas de nivel se caracterizan por su representación en planta y valor altimétrico.
- Colección de ortofotos de la isla a escala 1:5000. En total se cuenta con 390 fotos aéreas, obtenidas en el año 2002. La resolución del pixelado es igual a 1 m.

Estas bases cartográficas no se adjuntan en ningún apéndice debido a su gran volumen, aunque se han incluido en el GIS para su utilización en las tareas de análisis territorial.

Además de esta información general se ha dispuesto de datos derivados del relieve, y empleada habitualmente en determinación de avenidas, como el plano hipsométrico y de pendientes.

III.1.2.2. Distribución territorial de la población

La población de la isla se reparte en:

- 31 municipios (caracterizados mediante su nombre, el código, superficie, perímetro, población de derecho y densidad de población).
- 307 entidades de población (de los que se han recogido el nombre, el municipio al que pertenecen, la mayor distancia medida en la superficie de la entidad y su altitud).
- 606 núcleos de población (caracterizados por su nombre, código, municipio, entidad, área, perímetro, la mayor distancia medida en la superficie del núcleo, población de derecho, desglosado en varones y mujeres y densidad de población).

Esta información se ha recogido en bases de datos y como capa de cobertura del GIS.

Estos datos han sido facilitados por el CIATF teniendo como fuente varias entidades como INE, ISTAC y Cabildo.

III.1.3. De carácter urbanístico

III.1.3.1. Clases de suelo

La clasificación del suelo que se establece en los Planes Generales de Ordenación permite realizar, por un lado, el diagnóstico de la situación actual frente al riesgo potencial y, por otro, una prognosis en caso de que la tendencia futura no sea modificada.

La información base recogida sobre clases de suelo es el resultado de una capa GIS de Ordenación Urbanística, de acuerdo con la información disponible en las bases de datos del Cabildo de Tenerife en el momento de redacción de este documento. En esta cobertura quedan delimitadas las clases de suelo (rústico, urbano y urbanizable) mediante polígonos, que tienen asociada la fecha del instrumento de ordenación en la que se inscribieron, así como los usos y categorías de suelo.

III.1.4. De carácter hidrológico

III.1.4.1. Datos hidrometeorológicos

La información hidrometeorológica necesaria para la realización de los estudios de máximas avenidas, se encuentra organizada en un Gestor de Datos Básicos desarrollado por el CIATF. A efectos de este trabajo, se ha considerado la siguiente:

- Isomáximas de precipitación en 24 horas asociadas a distintos períodos de retorno (T=10, T=25, T=50, T=100, T=500).

- Precipitación acumulada en las tormentas de mayor intensidad registradas en determinados pluviógrafos, así como su duración y fecha de ocurrencia:
    - Santa Cruz de Tenerife
    - Los Rodeos - Aeropuerto Tenerife Norte,
    - Reina Sofía - Aeropuerto Tenerife Sur
    - Guía de Isora - Cueva del Polvo,
    - El Rincón - El Pinito (Orotava),
    - Llanos de San Juan (Arico),
    - Las Ánimas (Buenavista),
    - Guargacho (Arona),
    - Guía de Isora – Casco

- Precipitación máxima diaria y la fecha de registro de los siguientes pluviómetros (se seleccionaron los que contaban con las series de datos más largas):
    - Santa Cruz de Tenerife
    - Los Rodeos - Aeropuerto Norte
    - Güímar- Escobonal
    - Izaña
    - Vilaflor
    - Santiago del Teide -Tamaimo
    - Anaga - Taganana
    - Orotava - Ramal
    - San Miguel de Abona

- Pluviometría acumulada en el mes (dato de volumen y fecha), para las estaciones más antiguas que cuentan con estas series de registro:
    - Izaña
    - Laguna Instituto
    - Santa Cruz, Observatorio Oficial

III.1.4.2. Red hidrográfica de cauces

La red hidrográfica se encuentra definida en el actual *"Inventario de Cauces de la Isla de Tenerife"* elaborado por el CIATF. Los principales atributos de esta red, a partir de los cuales quedan clasificados todos los cauces, son la titularidad y el nivel[54] de cada tramo de cauce.

Por su titularidad los tramos pueden pertenecer a dos categorías:

- Tramo de cauce público (los que están incluidos en el Borrador del *"Catálogo Insular de Cauces Públicos de la Isla de de Tenerife"*)
- Tramo de cauce no catalogado como público

Los cauces de la red hidrográfica se dividen, según su nivel, en 10 categorías. Atendiendo a estas categorías, las longitudes inventariadas de cauce son las que se indican en el siguiente cuadro:

NIVEL	NÚMERO DE CAUCES	LONGITUD EN PLANTA (m)
1	471	1.806.437
2	1.886	2.101.015
3	1.789	1.176.023
4	900	441.310
5	243	78.969
6	41	10.177
7	8	1.891
8	4	704
9	2	395
10	2	133
Total	5.346	5.617.054

Cuadro 2. Longitudes totales por nivel de cauce

Cabe reseñar que la información básica de la red de cauces empleada en los análisis efectuados en el PDA se corresponde con la red de cauces integrada en la Guía Metodológica (ver epígrafe III.1.4.4) por dos motivos fundamentales:

- Era el inventario vigente en la fecha de comienzo de elaboración del PDA
- Los cauces incluidos en la Guía Metodológica están caracterizados hidrológicamente.

[54] El nivel de un cauce se determina por el orden de desembocadura. Los cauces que desembocan directamente al mar son de nivel 1, aquellos que desembocan en los barrancos anteriores son de nivel 2 y así sucesivamente.

El Inventario de cauces se emplea en los planos y figuras de la isla de forma parcial y total, y se gestiona como capa GIS para cualquier consulta de datos relacionados con esta red.

III.1.4.3. Estudios hidrológicos de algunas cuencas urbanas

De todos los estudios hidrológicos realizados en cuencas específicas destacan tres que por su enfoque de estudio integral de la cuenca y las consecuencias que de ellos se derivan (medidas correctoras) se relacionan directamente con parte de los objetivos del PDA. Estos estudios son:

- El Estudio hidrológico de rehabilitación del cauce de diversas cuencas urbanas de los municipios de La Laguna y Santa Cruz de Tenerife.
- Estudio hidrológico de rehabilitación de cauces del área metropolitana.
- El Estudio de alternativas al proyecto de encauzamiento del barranco de la Carnicería (Bco. de Santos). Tramo: Mercado-La Verdellada y Proyecto de encauzamiento del barranco de la Carnicería.

III.1.4.4. La Guía Metodológica como instrumento básico

La evaluación de fenómenos hidrológicos superficiales de carácter extremo es una labor fundamental para conocer, prevenir y minimizar el riesgo de daños debidos este peligro.

En este sentido, la Guía Metodológica, a la que se hizo referencia en el apartado I.2.3., constituye una parte esencial de la información básica que se ha utilizado para la elaboración del PDA.

Tanto por la agilidad del proceso como por su garantía en la uniformidad de resultados, la Guía Metodológica ha sido el instrumento básico que ha permitido determinar los caudales de avenida asociados con distintas frecuencias de presentación.

III.1.5. De carácter medioambiental

III.1.5.1. Espacios protegidos

La información básica de carácter medioambiental recogida en el PDA resulta imprescindible en la localización de espacios protegidos, en los que prevalece la preservación del medio natural y en los que pueda sustituirse las actuaciones estructurales por otro tipo de medidas de defensa frente a las avenidas. A estos efectos se ha considerado las siguientes clases:

- Espacios Naturales Protegidos (ENP): Los 77 espacios naturales de la isla se caracterizan por su nombre, categoría, área, norma aplicada, fecha de publicación y número del BOC de la declaración de Espacio Natural.
- Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos en la Isla de Tenerife, cuyos objetivos de gestión son similares a los de la Red Natura 2000. Tenerife cuenta con un total de 43 Espacios Protegidos que ocupan el 49% de la Isla.

Además de los anteriores existen otras figuras que cuentan también con alguna figura de protección ambiental, como son las Áreas de Sensibilidad Ecológica (ASE) y las Áreas Importantes para las Aves (IBA) .

De cada una de estas figuras de protección del territorio se dispone, entre otra, de la siguiente información: código de identificación del recinto, nombre, área, norma de aplicación y fecha de publicación de su declaración.

III.1.6. Sobre las infraestructuras básicas o estratégicas.

Con el fin de prevenir y evitar la pérdida o interrupción de las infraestructuras básicas o estratégicas -no sólo por su valor económico sino por su influencia en la población afectada- se ha recopilado información básica con el objeto de elaborar el Inventario provisional de infraestructuras básicas o estratégicas, la cual se encuentra disponible en el Anejo nº 2 de esta Memoria, al cual se remite el presente epígrafe.

.

III.2. INFORMACIÓN BÁSICA GENERADA CON EL PDA

Para realizar el análisis de la situación de la Isla frente a las avenidas era necesario contar con información que no estaba previamente disponible, por lo que su obtención ha formado parte de los trabajos desarrollados con el PDA.

III.2.1. De carácter normativo

III.2.1.1. Programas del PHI desde la perspectiva de las avenidas

Dentro de los documentos elaborados por el CIATF para el PHI, se incluyeron una serie de programas de actuación.

Entre todos ellos, el *"Programa 120: Conservación y corrección de cauces"* tenía como objetivo específico la defensa frente a avenidas. Existen otros que no están previstos como defensa, aunque con su puesta en marcha, se ha conseguido un control, o una reducción del caudal punta, que puede considerarse como medida correctora. En concreto, estos programas son:

- Programa 130: Instrumentación hidrometeorológica
- Programa 210: Repoblaciones y correcciones forestales

La información inicial se centró en las actuaciones previstas en los citados programas y los siguientes informes facilitados por el CIATF:

Relación de actuaciones del CIATF (ejecutadas, en ejecución o programadas con proyecto) en cauces naturales (programas 120, 130 y 210 del PHI) durante el periodo 2002-2007

- Relación de actuaciones del CIATF (ejecutadas, en ejecución o programadas con proyecto) en cauces naturales no previstas en el PHI durante el periodo 2002-2007
- Estado de ejecución de las actuaciones previstas en el PHI relacionadas con los cauces naturales (Programas 120, 130 y 210)

III.2.2. De carácter metodológico

III.2.2.1. Estudio comparativo de criterios metodológicos adoptados por otras Entidades

El objetivo de este estudio ha sido la consideración de las metodologías aplicables en el PDA ya que, como se ha indicado en capítulos anteriores, las particularidades del problema en Tenerife hacen inadecuados los métodos tradicionales en la elaboración de planes de defensa al no ser posible delimitar a priori las zonas a considerar como inundables.

Por este motivo se ha realizado un análisis exhaustivo en relación con las metodologías aplicables para el desarrollo de los estudios incluidos en el Plan. Con independencia de la Guía Metodológica, ya mencionada, se han revisado 102 documentos con muy diferentes orígenes y contenidos sobre las metodologías aplicadas en la planificación, el diseño y los criterios de ordenación de las diferentes medidas posibles para la atenuación del riesgo inducido por las avenidas.

Los documentos analizados cubren los siguientes temas:

- Planes de Defensa y documentos relacionados con la redacción de éstos.
- Planes de Emergencia de Protección Civil.
- Normativas de Ordenación Territorial en relación con el riesgo de avenidas.
- Documentos descriptivos de sistemas de autoprotección y avisos a la población.
- Legislación hidráulica general y específica en otros ámbitos territoriales.
- Otros documentos de legislación y normativas técnicas.
- Informes y estudios técnicos sobre erosión y estimación de caudales sólidos.
- Informes sobre inundaciones y avenidas concretas.

El conjunto de los documentos analizados durante esta fase de los trabajos se ha depositado en la biblioteca del CIATF. Con independencia de ello, se ha elaborado una base de datos donde se recoge la siguiente información: datos sobre el autor del documento, fecha, ámbito de aplicación y una síntesis del contenido. Asimismo se han extractado los criterios, definiciones, precisiones metodológicas, etc., que se han considerado como referencias metodológicas para la elaboración del Plan.

Partiendo de esta información se ha elaborado un informe que, bajo el título "Estudio comparativo de criterios metodológicos adoptados por otros Entidades".

III.2.3. De carácter hidrológico

III.2.3.1. Datos históricos de avenidas

Las fuentes de información en relación con las avenidas registradas en el pasado de la isla han sido, de una parte, los documentos e informes existentes, de entre los cuales es especialmente significativo el libro

"Barrancos de Añazo" de Luis Cola Benítez, que recoge las principales avenidas en Santa Cruz desde el siglo XVIII hasta principios del XX.

Además se ha consultado la documentación disponible sobre el aluvión de 1826, importante por haberse extendido sus efectos a la práctica totalidad de la isla[55] y haber sido estos efectos especialmente dañinos con pérdidas que se reflejan en la tabla adjunta.

MUNICIPIO	PERSONAS	ANIMALES	VIVIENDAS
Puerto de la Cruz	32	23	37
La Orotava	104	591	219
Realejo Alto	25		41
Realejo Bajo	14		9
La Guancha	52	344	103
S. Juan de la Rambla	10	13	14
Icod de los Vinos	5		
Santa Ursula	1	38	
Total	243	1009	423

Cuadro 3. Aluvión de 1826. Resumen de pérdidas por municipios

En la siguiente figura se representan las zonas afectadas en el Puerto de la Cruz, según un dibujo de la época.

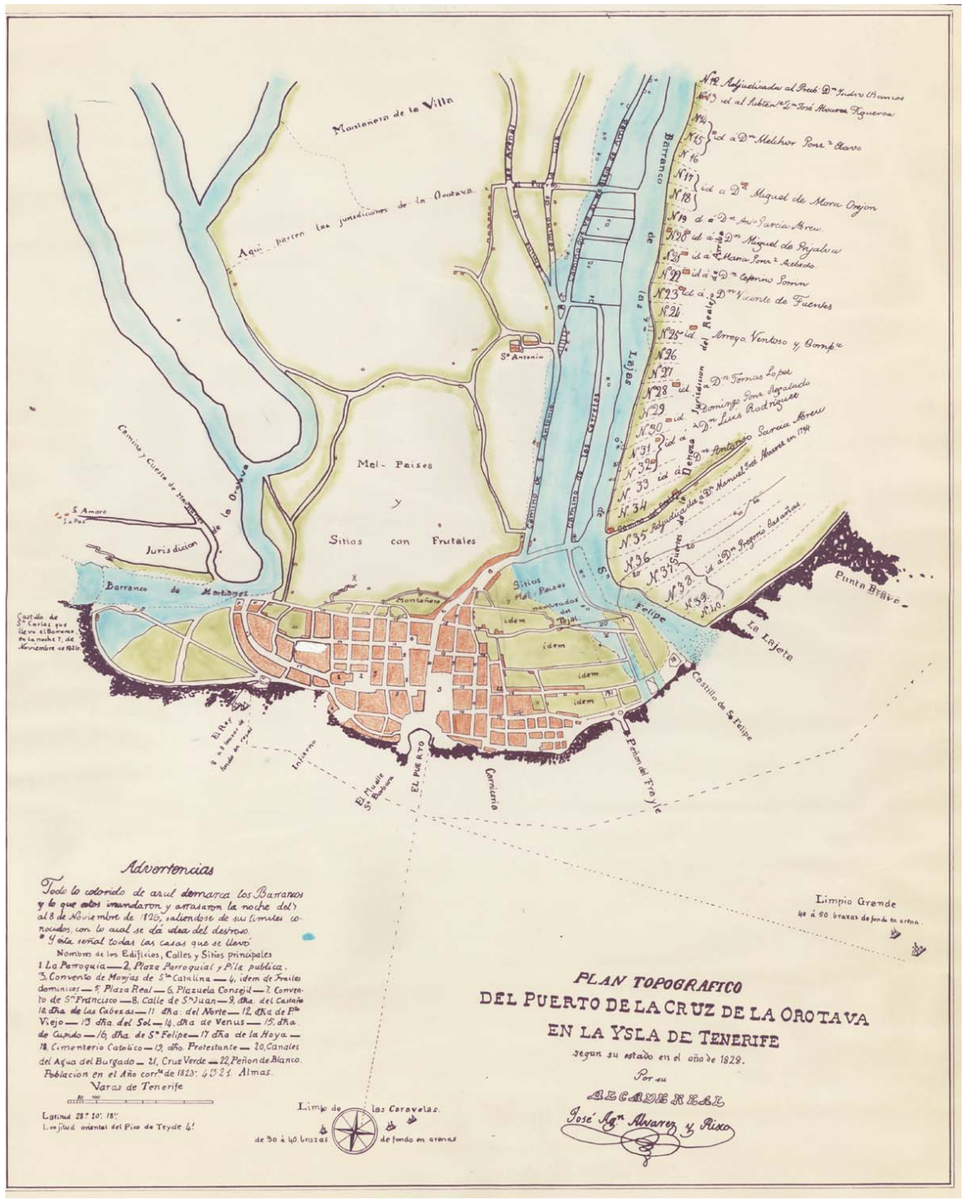


Fig. 13. Plano del aluvión de 1826

[55] Las principales afecciones se produjeron en el barranco de Tafuriaste que quedó colmado de piedras y arena y nivelado por los derrumbamientos de sus bordes, la Orotava donde se cortó por tres profundos tajos el camino que lleva al barrio de El Calvario, La Laguna en la que el agua llegó hasta los tejados de las casas, Santa Cruz donde el castillete de San Miguel fue arrastrado hacia el mar, La Candelaria donde fue arrasado el convento de los dominicos y el castillete situado frente a él, así como una docena de casas en la plaza (desapareció la imagen de la Virgen de Candelaria, Güimar donde se desbordaron los barrancos de La Hoya y Luchón y se creó un nuevo arroyo sobre el barrio de La Hoya, etc.

Por otra parte, con un carácter mucho más exhaustivo, se han revisado los periódicos más antiguos de la isla, de los cuales se han extraído las noticias publicadas hasta el momento sobre sucesos de lluvias extraordinarias y sus consecuencias.

Partiendo de toda esta información y para cada una de las fechas identificadas en las cuales se ha comprobado la existencia de noticias específicas en los diarios mencionados, se ha elaborado una ficha descriptiva conteniendo la información recogida.

En cada una de estas fichas se incluye en primer lugar un resumen de la noticia publicada y, en segundo término, los datos pluviográficos y pluviométricos más significativos disponibles para esa fecha[56].

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE TENERIFE

PLAN ESPECIAL DE DEFENSA FRENTE A AVENIDAS EN LA ISLA DE TENERIFE

NOTICIAS PUBLICADAS

DATOS DE LA NOTICIA PUBLICADA:

Nombre de la publicación: El Día — *Fecha publicación de la noticia* 01/04/2002

Municipios afectados: Santa Cruz

Nucleos afectados: Santa Cruz

Infraestructura afectada: TF-1. TF-2. TF-5. Autovía de San Andrés.

Cauce: Barranco de Santos

Resumen de la noticia

TF-1, TF-2 y TF-5 cerradas al tráfico por invasión de tierra y lodo en la calzada. El lodo cubrió las calles de Santa Cruz con varios metros de altura. Derrumbe de parte de la montaña en la autovía de San Andrés a la altura de la gasolinera. El agua rebasó los u´ltimos puentes del Barranco de Santos.

DATOS DE LOS PLUVIÓGRAFOS DE REFERENCIA:

Código del pluviógrafo: 449C — *Fecha de la tormenta:* 31/03/2002

Precipitación registrada: 215.26 mm — *Duración:* 7.5 horas

Emplazamiento: Santa Cruz de Tfe. Obs. Oficial

FOTOGRAFÍA DE LA NOTICIA:

FOTOGRAFIA: DIA1AP3.jpg

TRAGEDIA en Santa Cruz

FOTOGRAFIA: DIA1AP5.jpg

Según los cálculos dados por el consejero de la Presidencia, cayeron 224 litros por metro cuadrado

Fig. 14. Ficha ejemplo de la información recogida de las noticias publicadas

[56] En algunos casos, cuando no se dispone de datos, sobre todo pluviográficos, en las cercanías de la inundación, se incluyen los que registran más lluvia de entre los que se tienen, aunque estén alejados.

III.2.4. De carácter hidroeconómico

III.2.4.1. Datos del Consorcio de Compensación de Seguros

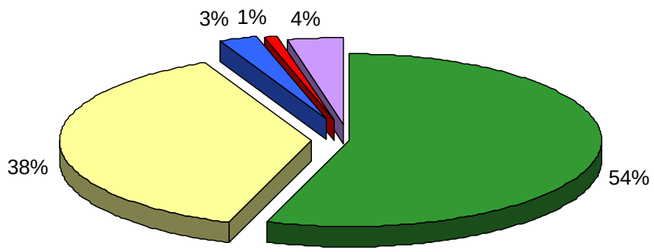
Desde la perspectiva hidroeconómica, la fuente principal de información ha sido el Consorcio Nacional de Compensación de Seguros, cuyos datos incluían aspectos relativos a los siniestros tales como: localización, fecha, causa, bien o servicio afectado e indemnización. Este último campo puede ser un indicador aproximado del coste de las avenidas.

El ámbito de los datos proporcionados se circunscribe a la provincia de Santa Cruz de Tenerife y su límite temporal está comprendido entre los meses de diciembre de 1991 y febrero de 2004.

Los registros totales ascienden a 5.079 para el total de la provincia, los cuales representan un total de 62.264.154 Euros expresados en términos corrientes. Para Tenerife se cuenta con un total de 4.916 casos que, en los mismos términos monetarios, se corresponden con 58.764.457 Euros.

Para los casos registrados en Tenerife se seleccionaron aquellos cuyas indemnizaciones se debían a las siguientes causas: “inundación extraordinaria” o “tempestad ciclónica atípica”, por su mayor relación con el riesgo de avenidas. Por último, se eliminaron los casos que afectan a vehículos de todo tipo concluyendo con una base de datos compuesta por 3.568 registros. A partir de su clasificación, según tipo de bien o servicio afectado y actualizando el importe de las indemnizaciones a euros constantes, cuyo valor total asciende a la cantidad de **54.590.998** Euros, se han elaborado los siguientes cuadros y gráficos.

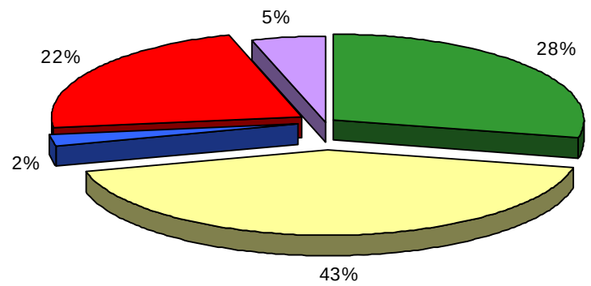
NÚMERO DE INDEMNIZACIONES POR BIEN O SERVICIO AFECTADO (EUROS CONSTANTES)



TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	UNIDADES
VIVIENDA Y OFICINAS	1.969
COMERCIO	1.348
INSTALACIONES HOTELERAS	96
INSTALACIONES INDUSTRIALES	28
AFECCIONES VARIAS	127
TOTAL	**3.568**

Vivienda y oficinas
Comercio
Instalaciones hoteleras
Instalaciones industriales
Afecciones varias

IMPORTE DE LAS INDEMNIZACIONES POR BIEN O SERVICIO AFECTADO (EUROS CONSTANTES)



TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	PROVISION (euros)
VIVIENDA Y OFICINAS	15.451.330,88
COMERCIO	23.236.208,97
INSTALACIONES HOTELERAS	1.264.107,41
INSTALACIONES INDUSTRIALES	12.133.867,42
AFECCIONES VARIAS	2.505.483,01
TOTAL	**54.590.997,69**

Fig. 15. Datos hidroeconómicos del Consorcio Nacional de Compensación de Seguros para la isla de Tenerife

Del análisis de los datos puede extraerse que aproximadamente un 95% de las indemnizaciones no superan los 33.000 Euros, mientras que el 5% restante suponen dos tercios (67%) de los importes totales de indemnización. En cuanto a la distribución de fondos por años destaca de manera muy importante el año 2002.

Por otra parte, a partir de los datos del Consorcio de Seguros se ha podido localizar[57] los siniestros generados por avenidas en la isla, agregando el importe de las correspondientes indemnizaciones por su código postal. En la siguiente figura se representa su distribución territorial, donde se puede apreciar el reparto de las indemnizaciones durante el período considerado (1991-2004).

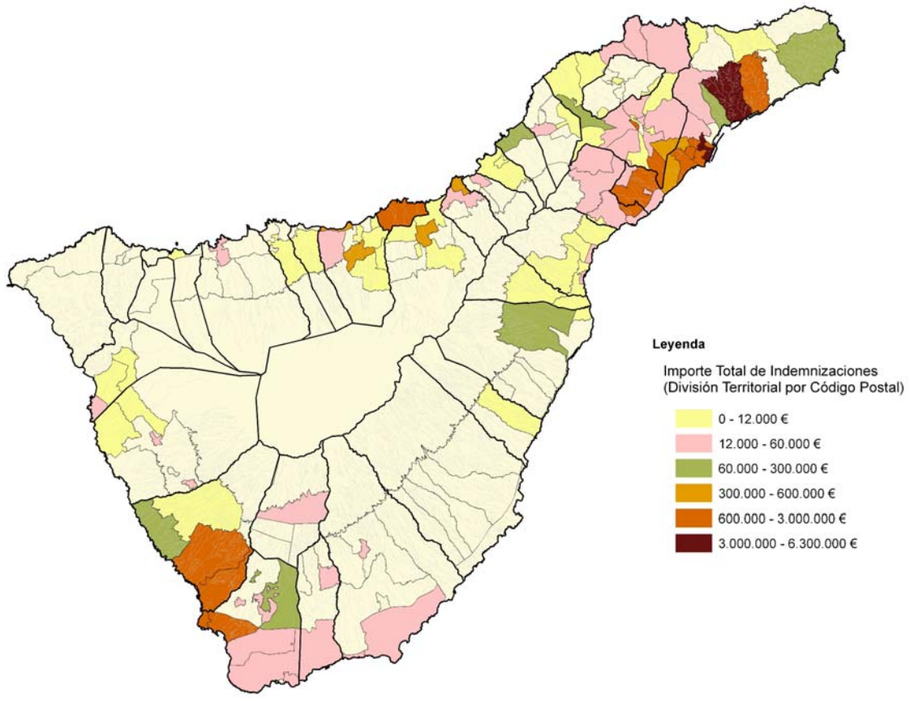


Fig. 16. Indemnizaciones de siniestros generados por avenidas

[57] En total 2415 casos de inundaciones, lo que representa un 68% de la muestra seleccionada. Este conjunto se considera suficientemente representativo, dado que su importe global alcanza los 39.727.548 Euros, es decir el 73% de las indemnizaciones recibidas por este concepto.

INDEMNIZACIONES (EN € CORRIENTES) POR MUNICIPIO Y AÑO EN EL PERÍODO 1991-2004														
Municipio	**1991**	**1993**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**Totales por municipio**	**% s/Total**
Santa Cruz de Tenerife		5.757	3.792	24.230			430.386	11.906	40.496	30.784.701			31.301.269	78,79%
El Rosario							20.082			44.675			64.756	0,16%
Candelaria			3.792						6.661	53.044			63.497	0,16%
Arafo								3.402					3.402	0,01%
Güímar				35.714			17.684	3.402		34.967			91.767	0,23%
Fasnia										3.261			3.261	0,01%
Arico													0	0,00%
Granadilla de Abona					3.341		12.738	2.267		54.382	3.718		76.446	0,19%
San Miguel			22.754					43.908		17.051		12.108	95.822	0,24%
Arona			20.479	3.765			32.517	463.700	11.437	1.235.365		9.957	1.777.219	4,47%
Vilaflor							2.463			15.538			18.001	0,05%
Adeje			17.445	3.783		7.139	83.811	1.076.550	56.795	258.264	37.865	17.825	1.559.478	3,93%
Guía de Isora							2.313	10.205	9.074	5.722			27.315	0,07%
Santiago del Teide			3.792	3.765					13.322	17.274			38.153	0,10%
Buenavista del Norte													0	0,00%
Los Silos													0	0,00%
Garachico							2.756		6.661				9.417	0,02%
El Tanque													0	0,00%
Icod de los Vinos				11.350			10.942		6.661	17.233			46.186	0,12%
La Guancha				9.080									9.080	0,02%
San Juan de la Rambla										10.137			10.137	0,03%
Los Realejos		10.105		330.738			70.271			45.811		2.522	459.447	1,16%
Puerto de la Cruz				220.931			411.951			78.174			711.056	1,79%
La Orotava	312.480			62.426			106.963	24.228		20.857			526.953	1,33%
Santa Ursula				46.354			289.250	5.103		16.153			356.860	0,90%
La Victoria de Acentejo							9.495	10.205					19.700	0,05%
La Matanza de Acentejo							9.252			2.217			11.469	0,03%
El Sauzal				3.765	7.380		69.636						80.781	0,20%
Tacoronte							26.115			3.156			29.270	0,07%
Tegueste							2.313				6.950		9.263	0,02%
La Laguna			126.408	13.018			174.825		9.390	1.986.956	16.948		2.327.544	5,86%
Totales por año	**312.480**	**15.862**	**198.463**	**768.921**	**10.721**	**7.139**	**1.785.761**	**1.654.876**	**160.497**	**34.704.936**	**65.481**	**42.411**	**39.727.548**	
% s/Total	**0,79%**	**0,04%**	**0,50%**	**1,94%**	**0,03%**	**0,02%**	**4,50%**	**4,17%**	**0,40%**	**87,36%**	**0,16%**	**0,11%**		**100,00%**

Cuadro 4. Indemnizaciones (en euros corrientes) por municipios en el período 1991-2004

III.2.5. Red viaria y drenaje transversal

III.2.5.1. Estudio de los puntos de cruce de la red viaria con la red hidrográfica

Tanto con el objetivo de identificar las vías principales de comunicación a ser utilizadas durante una emergencia y evaluar su funcionamiento en este caso, como para caracterizar la posibilidad de que la insuficiencia de las obras de drenaje de esta red pueda inducir daños adicionales a los naturales, se ha realizado una identificación de los puntos de cruce de los barrancos con la red principal de carreteras para poder realizar posteriormente un análisis de las obras de drenaje.

III.2.6. Encuestas informativas

III.2.6.1. Encuesta a Entidades Públicas y empresas

Como se ha indicado anteriormente, la metodología planteada en la identificación del riesgo ha exigido obtener información de una gran cantidad de Entidades Públicas y empresas, aunque, naturalmente, la capacidad de generar esta información ha sido muy distinta en función de las competencias específicas y el conocimiento del territorio de cada uno. De hecho, la encuesta no se ha realizado a través de fichas formalizadas sino que generalmente se ha traducido en entrevistas con responsables que posteriormente se han extractado.

III.2.6.2. Encuesta municipal

La realización de una encuesta en cada uno de los municipios ha sido un trabajo de elaboración previa que completa la percepción que sobre las avenidas existe en la isla.

Por otra parte, al ser la encuesta municipal normalmente la fase final de las tareas de identificación del riesgo, una vez realizada ésta se ha dispuesto de la mayor parte de la información accesible mediante consulta a documentos o personas sobre los puntos o zonas de riesgo.

IV. ANÁLISIS

IV.1. RECAPITULACIÓN METODOLÓGICA

IV.2. IDENTIFICACIÓN DE REGISTROS DE RIESGO POTENCIAL

IV.3. INVENTARIO INICIAL DE REGISTROS DE RIESGO SIGNIFICATIVO

IV.4. INVENTARIO FINAL DE REGISTROS DE RIESGO CONSTATADO

IV.5. CUALIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE RIESGO

IV.6. INVENTARIO DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO

IV.7. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS O ESTRATÉGICAS

IV.1. RECAPITULACIÓN METODOLÓGICA

Como se ha indicado en apartados anteriores, en general la metodología planteada para el desarrollo del PDA se ha basado en la aplicación del método inductivo, aunque en algunos casos se haya utilizado el deductivo para resolver cuestiones parciales. Partiendo de la observación de la realidad a través de un proceso de generalización, que extiende los resultados de esta observación a la totalidad del territorio, se ha elaborado un diagnóstico concreto de la situación actual y se ha formulado una propuesta de actuaciones.

En el Capítulo anterior se ha descrito la información básica de partida dentro de esta primera fase de observación de los hechos. Esta información por sí sola no es suficiente para obtener conclusiones. Ha sido necesario desarrollar un proceso de análisis de la misma para distinguir y separar la información y permitir, consiguientemente, la deducción de principios y reglas de carácter general.

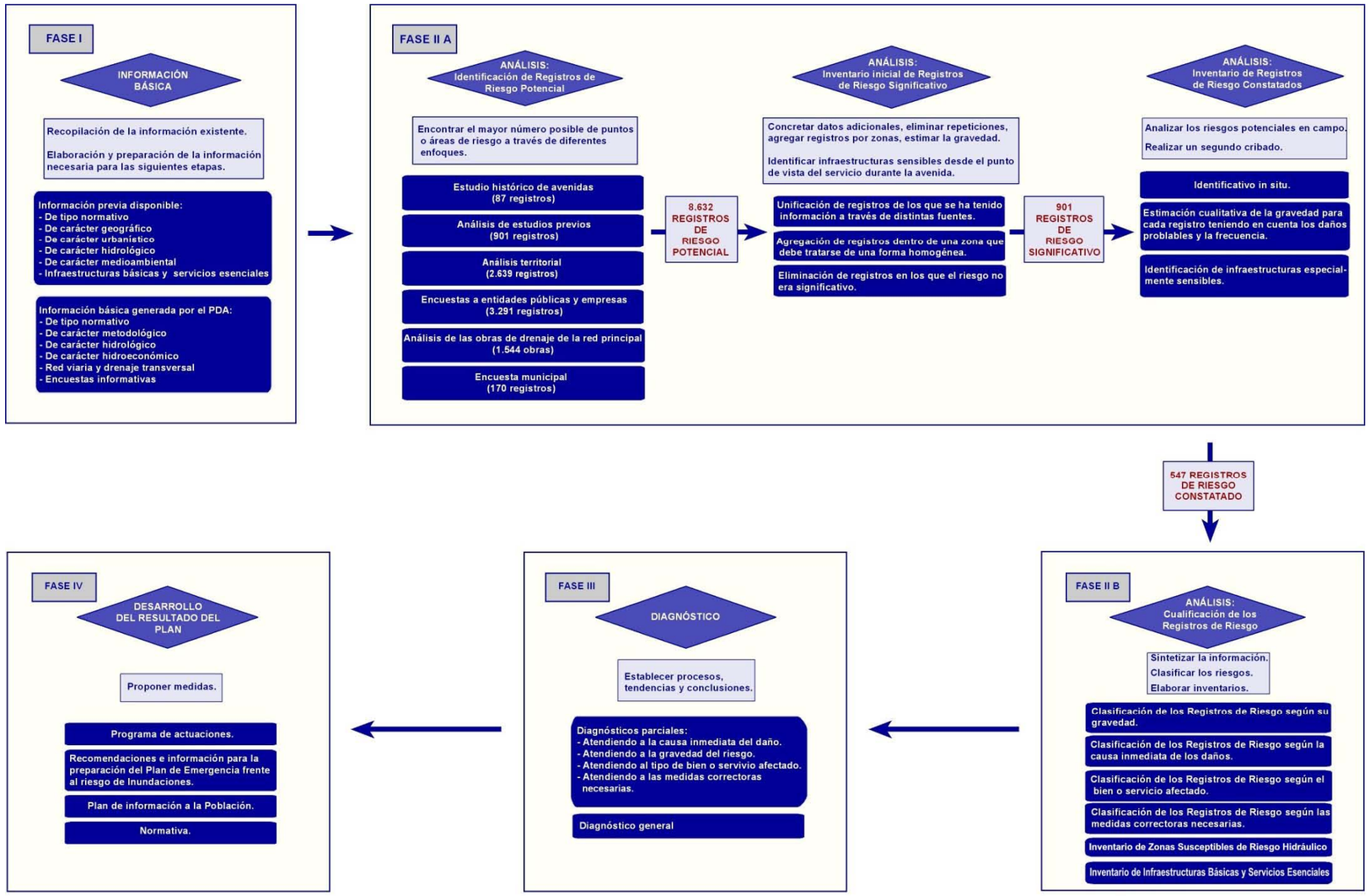


Fig. 17. Esquema metodológico

El **análisis** ha comenzado por **identificar los riesgos potenciales**, esto es, por reconocer la posibilidad de la existencia de un riesgo por avenidas en distintos lugares y en función de diferentes causas dentro de la isla. Para ello, se han planteado 6 líneas de trabajo, con el fin de abarcar en la máxima medida posible diferentes puntos de vista en esta identificación:

- **El estudio histórico**, cuya oportunidad se deriva de la regla general por la cual el pronóstico sobre el futuro debe contemplar lo sucedido anteriormente, ha identificado puntos y zonas de riesgo buscándolos en los documentos descriptivos de riadas registradas en el pasado y fundamentalmente en los periódicos.
- **El análisis de estudios previos** ha pretendido incorporar al PDA el conocimiento adquirido en otros estudios realizados con anterioridad con objetivos similares pero un ámbito menos general. Se ha centrado en los realizados por el CIATF y por otras entidades con competencias en materia de aguas a otros niveles.
- **El análisis territorial**, realizado en función del conocimiento generalizado de que el desarrollo urbanístico es, normalmente, la principal causa de daños por avenidas, al ocupar terrenos anegables, se ha planteado a través del cruce de las zonas urbanas y urbanizables con la zona de policía. Adicionalmente, y tras comprobar la necesidad de identificar específicamente aquellas infraestructuras especialmente sensibles porque dan soporte a servicios esenciales, necesarios durante la avenida y en la etapa de vuelta a la normalidad, como subestaciones de transformación eléctrica, puertos, aeropuertos, hospitales, centros de emergencia, etc., se ha llevado a cabo un trabajo adicional en este sentido identificando todos los que se sitúan a menos de 5 metros por encima de la cota del cauce más cercano.
- **La encuesta a Entidades Públicas y empresas** ha incrementado la información disponible, tanto en términos cuantitativos, añadiendo un gran número de puntos y zonas de riesgo, como cualitativos, a través de las opiniones y comentarios de los técnicos encuestados.
- **El análisis de las obras de drenaje de la red principal de carreteras**, cuya oportunidad se ha derivado también de la experiencia técnica del CIATF y de la consideración de los casos identificados en otros trabajos en los que el origen de la inundación se centraba en la insuficiente capacidad de una de estas obras, ha contemplado la totalidad de la red viaria principal en su cruce con los cauces considerados en la elaboración de la Guía Metodológica para el Cálculo de Caudales de Avenida en Tenerife, que incluye todos los del Inventario de Cauces.
- **La encuesta municipal** ha permitido captar la información sobre riesgos desde la óptica de este nivel administrativo, y por tanto, particularizada territorialmente.

La segunda etapa del análisis ha pretendido separar del conjunto de registros de riesgo identificados en la primera, aquellos casos en los que este riesgo no era significativo y, por otra parte, racionalizar y agrupar la información, eliminando repeticiones y agregando en un solo registro todos los que se localizaban en un mismo tramo o en una zona cuyo tratamiento debe ser homogéneo. A través de estos tres procesos de eliminación de registros múltiples, agregación de registros puntuales en registros zonales y eliminación de riesgos no significativos, se ha pasado de los 8.604 identificados en la primera etapa a un total de 901 **registros de riesgo significativo**.

A partir de esta información se ha llevado a cabo un conjunto de visitas de campo que ha permitido concretar aún más la información y profundizar en las tareas de agregación y eliminación de riesgos no significativos. Además, durante estas visitas se ha obtenido información adicional in situ que se ha utilizado posteriormente para calificar los registros. Como consecuencia de estas visitas se han reducido los registros de riesgo anteriores a un total de 547 **registros de riesgo constatado**. Este trabajo ha constituido la tercera etapa del análisis.

La última etapa del análisis ha partido de un total de 547 registros de riesgo, para cada uno de los cuales se dispone de información descriptiva y ha tenido como objetivo sintetizar esta información a través de la consideración de cuatro cualidades:

- La **causa inmediata** del daño.
- El **tipo de bien o servicio** afectado.
- La **gravedad**.
- Las **medidas correctoras** necesarias.

El apartado IV.5 justifica la oportunidad y utilidad posterior, tanto a efectos de diagnóstico como de propuesta de actuaciones, de considerar estas cuatro cualidades específicas. El resultado inmediato del trabajo ha sido la posibilidad de clasificar la totalidad de los registros en función de cada una de ellas.

Esta tarea se ha completado además con un análisis posterior que concluye con la elaboración de sendos inventarios de zonas susceptibles de riesgo hidráulico e infraestructuras básicas e instalaciones esenciales. Esta parte del análisis tiene un doble objetivo, por un lado, la identificación de aquellas zonas del territorio especialmente vulnerables que pueden precisar de medidas correctoras comunes y, por otro, la identificación de infraestructuras o servicios que por su carácter básico o esencial requieren de una protección especial frente a las avenidas.

Una vez finalizada la fase de análisis, se ha dispuesto de información suficiente para entrar en la fase de **diagnóstico** que se ha realizado, de acuerdo con el método inductivo empleado, a través de dos niveles sucesivos.

Los **diagnósticos parciales** han buscado la generalización de los resultados obtenidos durante el análisis. En otros términos, su objetivo ha sido el de evaluar, para cada cualidad considerada, la medida en que el riesgo, identificado solo para las zonas en las que se ha dispuesto de información, podría darse también en otras zonas en las que no se han registrado avenidas pero podrían suceder en el futuro. Con esta tarea se ha llegado a una conclusión global sobre el riesgo de avenidas en Tenerife no restringida a la información disponible sobre la base de los 4 criterios analizados. En esencia, esta tarea va implícita en los estudios de avenidas convencionales, que se restringen a las vegas cercanas a los cauces, ya que en ellos se plantean hipótesis de caudal para períodos de retorno muy altos que normalmente no se han

registrado nunca. Por tanto, en esta fase del Plan se ha llegado a una situación equivalente a la que se alcanza en estos estadíos cuando se han finalizado los estudios hidráulicos.

El **diagnóstico general** ha buscado la evaluación general a modo de conclusiones de la situación actual presentada en la isla ante las avenidas; es decir, la traducción del análisis a un conjunto de afirmaciones que sirvan de guía para el diseño de medidas que permitan alcanzar los objetivos del PDA y que puedan por tanto:

- Reducir los riesgos inaceptables hasta niveles aceptables.
- Establecer pautas de comportamiento, antes y durante la avenida, que permitan minimizar el daño.
- Elaborar normas y recomendaciones que eviten que aumente el riesgo en el futuro.
- Generar la información necesaria para dar a conocer el riesgo al conjunto de la sociedad y orientar adecuadamente su actuación.

El proceso de razonamiento seguido durante el diagnóstico ha perseguido que de él se deriven un conjunto de criterios y áreas de actuación, cuyas medidas consecuentes constituyen los resultados finales del PDA. La explicitación y cuantificación económica de estas actuaciones han constituido la última fase del desarrollo llevado a cabo.

En esta última fase se proponen una serie de actuaciones que, aunque de muy distinto carácter y ámbito de aplicación, en su conjunto pretenden minimizar hasta un nivel razonable el impacto que sobre la sociedad tinerfeña producen las avenidas.

IV.2. IDENTIFICACIÓN DE REGISTROS DE RIESGO POTENCIAL

La primera etapa del análisis corresponde a explotar la información básica recopilada a través del análisis de la misma, llegando a identificar la posibilidad de riesgo en ese lugar, es decir la existencia de un riesgo potencial.

El desarrollo de esta primera identificación de riesgo ha derivado en las 6 LÍNEAS DE ANÁLISIS que se exponen en los puntos siguientes:

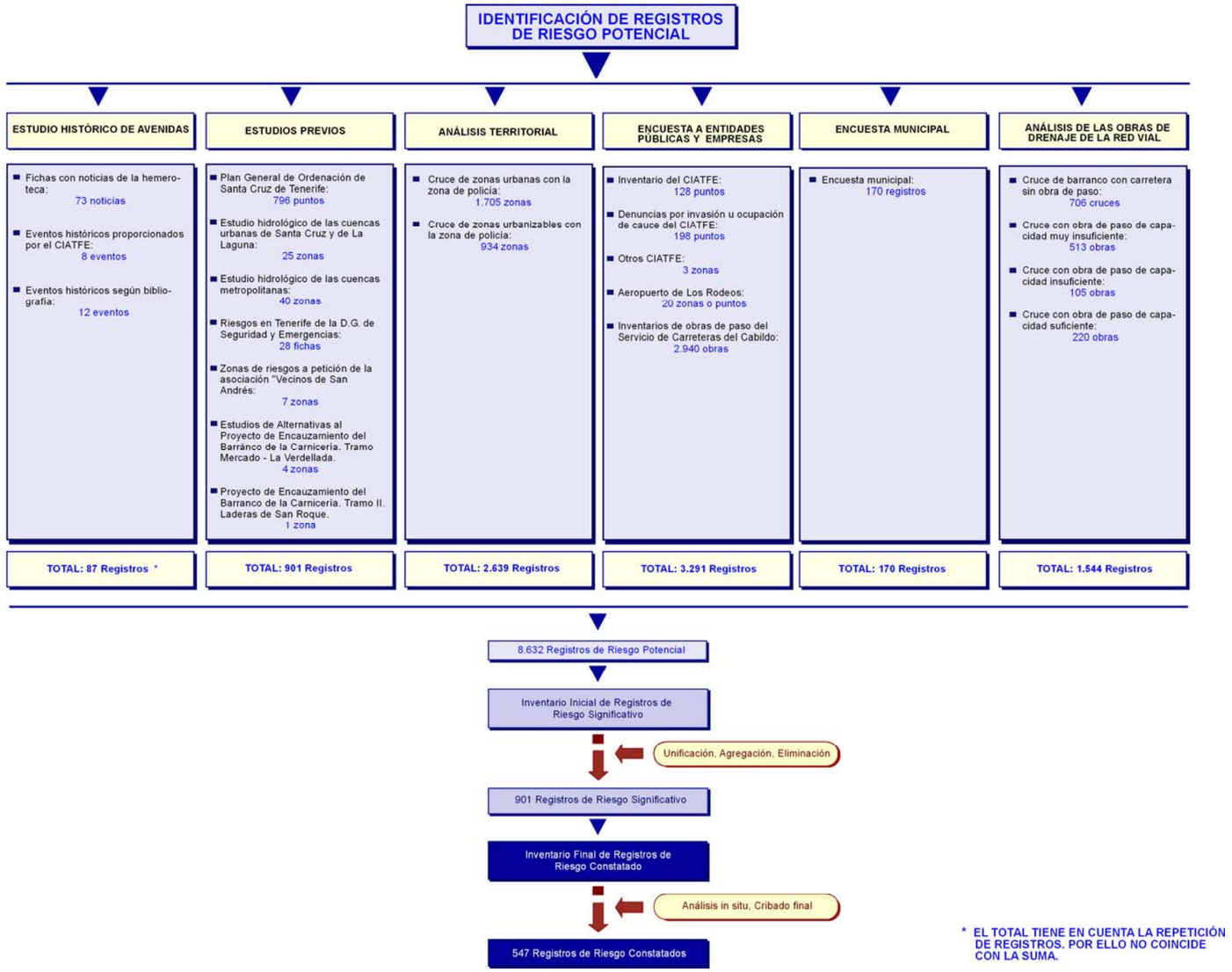


Fig. 18. Proceso de identificación e inventario de registros de riesgo

IV.2.1. Análisis de los datos históricos de avenidas

Este análisis se ha realizado a partir de la documentación a la que se hizo referencia en el apartado III.2.3. del capítulo de información básica. Para ello se han revisado las ediciones existentes desde el principio de siglo, identificando las fechas de mayor interés a través de dos métodos. Hasta 1930 se utilizaron las reseñas históricas existentes en el CIATF. A partir de esta fecha se ha partido de los valores de la precipitación registrada, considerando en primer término los datos de los principales pluviómetros de la isla y seleccionando los días con registros de precipitación superiores a 100 L/m². Además, y para tener en cuenta episodios de gran intensidad aunque de pequeña duración, a partir de 1940 en que comienza a contarse con datos pluviográficos, se consideraron adicionalmente las tormentas significativas que previamente se habían seleccionado en el estudio pluviométrico incluido en la Guía Metodológica[58].

Cada uno de los puntos o zonas afectados por las avenidas analizadas se ha incluido en el conjunto de puntos de riesgo sobre el que se ha llevado a cabo el análisis de riesgos.

IV.2.2. Análisis de estudios previos

Con independencia de la documentación reflejada en el punto anterior se han analizado otros documentos técnicos de interés, extrayendo de cada uno, los puntos o zonas de riesgo a los que hace mención. Los principales documentos revisados son:

- Plan General de Ordenación de Santa Cruz de Tenerife de 2003 (796 puntos)
- Estudio hidrológico de rehabilitación del cauce de diversas cuencas urbanas de los municipios de La Laguna y Santa Cruz de Tenerife (25 puntos)
- Estudio de alternativas al proyecto de encauzamiento del barranco de la Carnicería. Tramo: Mercado-La Verdellada y Proyecto de encauzamiento del barranco de la Carnicería (5 zonas)
- Estudio hidrológico de rehabilitación de cauces del área metropolitana (40 puntos)
- Fichas de puntos de riesgo ante inundaciones elaborada por la Dirección General de Seguridad y Emergencia (28 puntos).

IV.2.3. Análisis territorial

La experiencia demuestra que una de las causas de riesgo más importantes es la consolidación urbana dentro de la zona ocupada por las aguas altas de un determinado cauce. En relación con este fenómeno, las tendencias actuales de la legislación han adoptado dos líneas de trabajo:

- Exigir la autorización del organismo competente, en este caso, el CIATF, para desarrollar determinadas actuaciones, y muy especialmente, la ocupación urbana, en la zona de policía y prohibir la ocupación del dominio público hidráulico.
- Exigir o recomendar la inclusión de un estudio de inundabilidad previo a la aprobación del planeamiento urbanístico o territorial.

En Tenerife, la primera de estas tendencias se ha traducido a la normativa vigente a través de la Ley de Aguas. La segunda, aunque en términos relativamente poco concretos, se ha institucionalizado en la Directriz 50 de las Directrices de Ordenación General de Canarias. Con el fin de evaluar la situación actual en la materia, el análisis territorial ha cruzado la información sobre el planeamiento urbanístico con la red de cauces (Inventario del CIATF).

Para establecer este cruce se ha trabajado sobre un GIS en el cual se ha reflejado la red de cauces (5.700 km) con los límites de una zona de 50 metros de anchura[59] , además de la información sobre la delimitación de suelo urbano y urbanizable, de acuerdo con la información disponible en el momento de redacción de este documento.

Partiendo de esta información de base el análisis se ha completado mediante el cruce, dentro del GIS, del suelo clasificado como urbano o urbanizable con la Zona de Policía que ha permitido identificar 2.639 zonas (de las que 1.705 son suelo urbano y 934 urbanizable) en las que la presión urbanística actual o futura determina un incremento potencial del riesgo generado por las avenidas.

Toda esta información se ha llevado al GIS tomando como fondo de referencia del mismo las fotografías aéreas a escala 1:5.000 de que dispone el Cabildo, de fecha 2002.

[58] Instrumento básico al que se hizo referencia en el apartado III.1.4.4.

[59] Dada la escala de trabajo y la muy escasa anchura de los cauces en Tenerife, se ha estimado suficiente esta aproximación de la Zona de Policía.

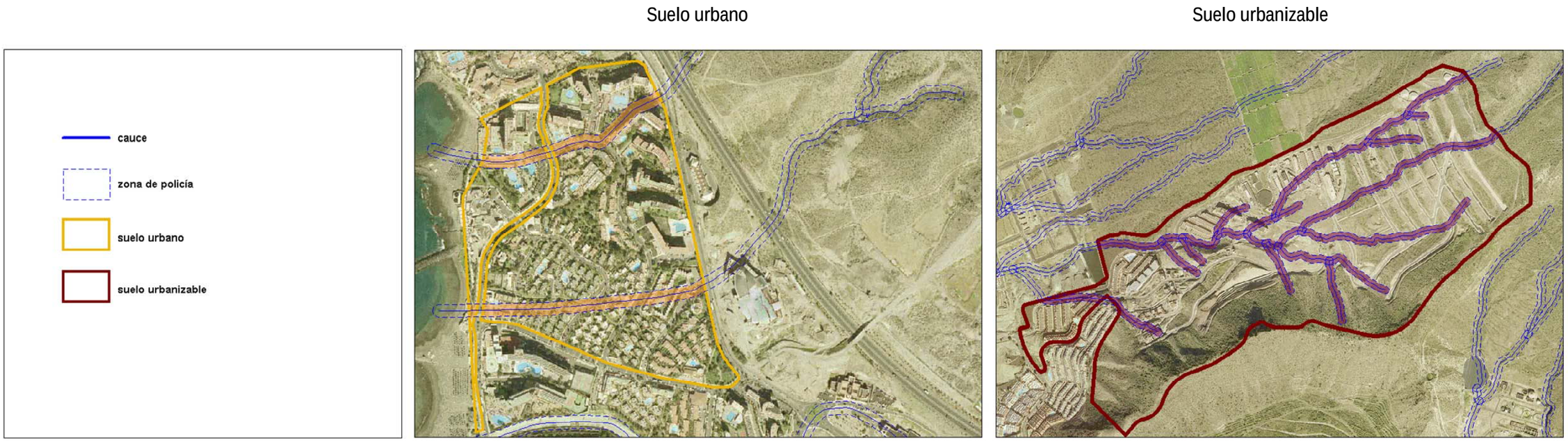


Fig. 19. Ejemplo de cruce de la zona de policía con planeamiento urbano

Por otra parte, con un criterio cualitativo, partiendo también de la red de cauces y haciendo uso del Modelo Digital del Terreno de la isla con un paso de malla de 10 metros, se ha graficado la zona en la que la cota del terreno está a menos de 5 metros de altura en relación con la del cauce inmediato. Este ejercicio ha permitido excluir del conjunto del territorio de la isla toda la superficie en la que el riesgo de inundación propiamente dicha es prácticamente inexistente[60].

Además, se han localizado sobre el GIS las infraestructuras que dan apoyo a servicios esenciales que han de mantenerse en funcionamiento durante la avenida y sobre todo durante la fase de vuelta a la normalidad, como subestaciones eléctricas, hospitales, puertos y aeropuertos, centros de emergencia, etc. o que provocan graves daños en caso de inundarse como las plantas industriales de residuos sólidos (PIRS) o las industrias que almacenan productos tóxicos o peligrosos. El cruce con aquella zona ha permitido realizar una estimación preliminar de las instalaciones específicas que estarían en riesgo potencial en caso de avenida, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

[60] No así el de riada (ver conceptos básicos).

Cuadro 5. Infraestructuras sensibles en riesgo

CLASE	ELEMENTOS	TOTAL	EN ZONA DE RIESGO POTENCIAL
1- RED VIARIA	Obras de paso y cruces con barrancos	1544	1324
2- OBRAS DE CAPTACIÓN	Pozo Convencional o Canario	163	115
	Pozo Ordinario	3	3
	Pozo Sondeo	159	45
	Sondeo de Investigación	1	1
	Galerías	1051	337
	Manantiales	283	35
3- ESTACIONES DE DESALACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA	EDAS en funcionamiento	5	0
	EDAS en construcción	0	0
	EDAM en funcionamiento	2	1
	EDAM en construcción	3	1
4- ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES	EDAR en funcionamiento	16	2
	EDAR en construcción	9	1
	EPB a EDAR	3	2
5- GENERACIÓN, TRANSPORTE Y TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA	Aerogeneradores	93	10
	Minicentral existente	2	1
	Minicentral propuesta	1	0
	Principales Fuentes de Energía	5	1
	Subestaciones y centrales eléctricas	39	8
6- RED DE TELECOMUNICACIONES	Teledifusión	38	0
	Telefonía móvil	136	5
7- AEROPUERTOS, PUERTOS Y HELISUPERFICIES	Aeropuertos	2	2
	Puertos existentes	2	2
	Puertos en proyecto	2	1
	Helisuperficies	6	0
	Estación de Guaguas	7	0
8- SISTEMA SANITARIO	Hospitales	2	0
	Centros Sanitarios	73	4
9- SERVICIOS DE EMERGENCIA	Servicios de emergencias (Policía, Bomberos, INM…)	56	8
10- CENTROS OFICIALES Y ENSEÑANZA	Centros Oficiales	85	11
	Enseñanza	347	21
11- RESIDENCIAL COLECTIVO	Residencial colectivo	32	3
12- CENTROS COMERCIALES E INDUSTRIAS	Centros comerciales	4	0
	Zonas industriales	2535	572
	PIRS	5	3
13- PATRIMONIO, ZONAS RELIGIOSAS, CULTURALES Y DEPORTIVAS	Zonas religiosas	362	32
	BIC (Bienes de interés cultural)	167	101
	Zonas culturales	43	5
	Instalaciones deportivas	220	24

IV.2.4. De la Encuesta a Entidades Públicas y empresas

Como resultado principal de esta encuesta se ha obtenido un conjunto de información muy importante que ha sido utilizada para orientar y perfeccionar otras fases de la identificación de riesgos. Es destacable en este sentido, la siguiente información:

- Relación de puntos de riesgo por avenidas identificada y descrita por el CIATF.
- Relación de denuncias por ocupación ilegal del Dominio Público Hidráulico que constan también en el CIATF.
- Trazado y características de la Red Básica de Transporte de agua proporcionada por el CIATF.
- Inventario de depuradoras y estaciones de tratamiento de aguas (desaladoras y desalinizadoras), proporcionado por el CIATF.
- Inventario de subestaciones y líneas eléctricas proporcionado por UNELCO.
- Inventario de helisuperficies, facilitado por la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias.
- Relación de obras de paso y de drenaje de la red principal de carreteras, entregada por el Servicio de Carreteras del Cabildo de Tenerife.
- Inventario de instalaciones industriales de la isla proporcionado por el Área de Desarrollo Económico, Comercio y Empleo del Cabildo de Tenerife.
- Encuesta al Aeropuerto de Los Rodeos y al Aeropuerto Reina Sofía.
- Encuesta a Empresas de suministro de Aguas (20 zonas o puntos)
- Delimitación de los lugares de interés comunitario (LIC), los bienes de interés cultural (BIC), el inventario de bienes del patrimonio arqueológico y delimitación de los espacios naturales protegidos, según las bases de datos del Cabildo de Tenerife.
- Planos del trazado del Tranvía (Proyecto de la Línea 1 de Metro Ligero: Tramo 1 y Tramo 2) y del Tren del Sur (Santa Cruz-Arona) cedido por Metropolitano, S.A.
- Cartografía 1/5.000 de GRAFCAN.

IV.2.5. Análisis de las obras de drenaje de la red viaria principal

El análisis de las obras de drenaje de carreteras se ha realizado a partir del trazado de la red viaria[61] proporcionado por el Servicio de Carreteras del Cabildo y de la Red de Cauces disponible en la fecha de elaboración de la Guía Metodológica, detectando los

[61] Hay que destacar que ha sido necesario georreferenciar el inventario anterior e incluso establecer el kilometraje de la red viaria puesto que ninguna de estas dos informaciones se contenía en los datos proporcionados. Como se indica en los programas de actuación, sería conveniente disponer de una información mucho más precisa y completa sobre la red de obras de drenaje.

puntos de cruce correspondientes. En ambos casos esta información se ha introducido en el GIS.

Para cada uno de estos puntos de cruce se ha estimado el caudal de avenida correspondiente a la cuenca aportadora para distintos períodos de recurrencia, evaluación que se ha llevado a cabo aplicando la Guía Metodológica. En total se han identificado 1.382 cruces que han sido cualificados tanto por el caudal y la precipitación estimados para los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, la carretera en la que se ubica el cruce, el cauce y los puntos kilométricos según la carretera y el cauce, medidos sobre plano.

En segundo término, y en función de las características geométricas de sección de la obra de drenaje reflejadas en el inventario[62] se ha estimado la capacidad máxima de la misma y se ha evaluado su funcionamiento por comparación con el caudal correspondiente con la avenida de 500 años de período de recurrencia. Las obras de drenaje en las que se ha detectado insuficiencia de capacidad se han considerado a priori dentro del conjunto de puntos de riesgo evaluado posteriormente en el análisis.

IV.2.6. De la Encuesta municipal

El último de los trabajos de esta fase de identificación de los riesgos ha sido la realización de una encuesta a cada uno de los municipios, en la que se han perseguido los siguientes objetivos:

- Completar y comprobar la información municipal obtenida en los trabajos anteriores, esencialmente la urbanística con objeto, sobre todo, de evaluar el grado de desarrollo de las zonas urbanizables e incorporar posibles cambios previstos en el planeamiento.
- Identificar, para los cauces que atraviesan el municipio, la existencia de obras que pudieran modificar o alterar su curso natural.
- Concretar los puntos de riesgo identificados por procedimientos anteriores e identificar la posible existencia de otros no detectados anteriormente.
- Identificar la existencia de zonas en el municipio afectadas por la escorrentía de ladera caracterizando la incidencia de los caudales sólidos en estos casos.

Fig. 20. Objetivos de la encuesta municipal

[62] En algunos casos ha sido necesario modificar los datos originales en este sentido para incluir información actualizada o corregir errores detectados en el campo.

IV.3. INVENTARIO INICIAL DE REGISTROS DE RIESGO SIGNIFICATIVO

Como se ha indicado en la descripción del punto IV. 1. Recapitulación metodológica, la primera etapa del análisis “Identificación del riesgo potencial”, ha pretendido determinar un primer listado de registros de riesgo potencial (8.604) identificados a partir de un primer análisis de la información básica. En la segunda etapa “Inventario inicial de registros de riesgo significativo” se ha concretado y racionalizado el importante volumen de registros de riesgo potenciales. Este análisis se ha centrado en tres procesos de forma simultánea:

- Unificación de registros de los que se ha obtenido información a través de distintas fuentes pero que se referían al mismo punto o zona.
- Agregación de registros que se refieren a una zona que debe tratarse de una manera homogénea.
- Eliminación de registros en los que el riesgo no era significativo.

Como resultado del análisis de los 8.604 registros de riesgo potencial (que tienen posibilidad de existir) se han obtenido 901 registros de riesgo significativo, es decir que tienen importancia para representar el problema de las avenidas o inundaciones en Tenerife. Se ha de indicar que se ha empleado como base de todo el proceso la información territorial cedida para la elaboración del PDA, la colección de ortofotos de la isla, la cobertura GIS de la cartografía a escala 1:5.000 de la isla, la Guía Metodológica, el inventario de cauces, el inventario de carreteras, las zonas de protección medioambiental, el planeamiento urbanístico, etc.

El proceso seguido para este análisis es el que se indica en el esquema metodológico (figura 15) que se muestra en el apartado IV.1.

IV.3.1. Identificación de registros múltiples

La diversidad de fuentes de información básica y las 6 líneas de actuación llevadas a cabo en la identificación de registros de riesgo potencial han provocado que ciertas zonas de riesgo aparezcan en varias ocasiones dentro de los 8.604 registros deducidos de esta identificación. Esta multiplicidad se ha eliminado concentrando toda la información obtenida en los diferentes procesos sobre un solo registro.

En la figura siguiente se refleja un caso claro de multiplicidad. Este registro se identificó mediante el análisis de estudios previos, en concreto a partir de las fichas de zonas de riesgos elaboradas por la Dirección General de Seguridad y Emergencias (punto amarillo), pero se identificó también mediante una denuncia efectuada por el CIATF (punto rojo) y en el análisis territorial del área clasificada como urbana o urbanizable dentro de la zona de policía (área rayada en azul).

Como resultado del análisis de los 3 registros de riesgo potencial identificados, se ha inventariado uno solo incorporando la información obtenida de las tres fuentes y reseñando éstas dentro de la ficha con el fin de permitir la trazabilidad de la información.

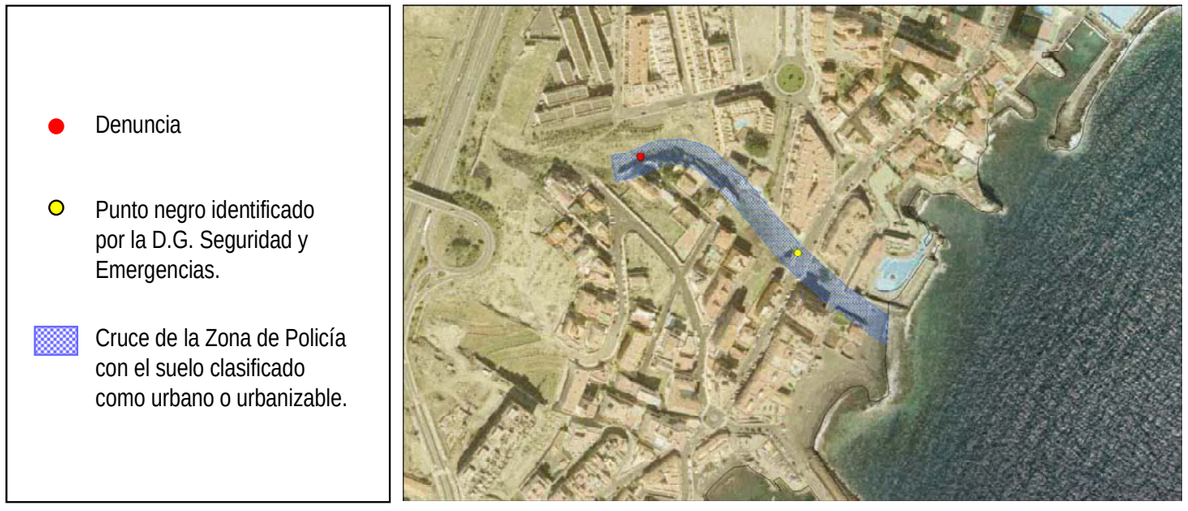


Fig. 21. Ejemplo de registros múltiples

IV.3.2. Agregación de registros puntuales en registros zonales

La identificación de registros de riesgo potencial deparó en algunas ocasiones la identificación de ciertos registros situados en un mismo tramo o zona. Tanto el problema como la solución pueden depender de la situación existente en un tramo de longitud razonable situado aguas arriba o aguas abajo. Por este motivo se han agregado aquellos registros potenciales situados uno tras otro en el mismo barranco.

En la figura adjunta a continuación se muestran 3 ejemplos de registro de riesgo potencial obtenidos del análisis territorial que se agregan como uno solo significativo:

En este caso la fuente es única, pero también se han realizado agregaciones de fuentes diversas.

En otras ocasiones, en particular en los casos de problemas cuyo origen es la escorrentía de ladera, varios puntos identificados se unen en un solo registro que ocupa un barrio o parte del mismo. Esta agregación tiene como finalidad la homogenización en la escala del problema tratado, así como su posterior tratamiento correctivo o paliativo.

Puesto que los resultados de cada una de las 6 tareas llevadas a cabo dentro de la fase de identificación de registros potenciales se han llevado a diferentes capas del sistema de información geográfica, la trazabilidad en estos casos de agrupación se resuelve consultando en este sistema, lo que permite localizar el origen de los registros significativos.

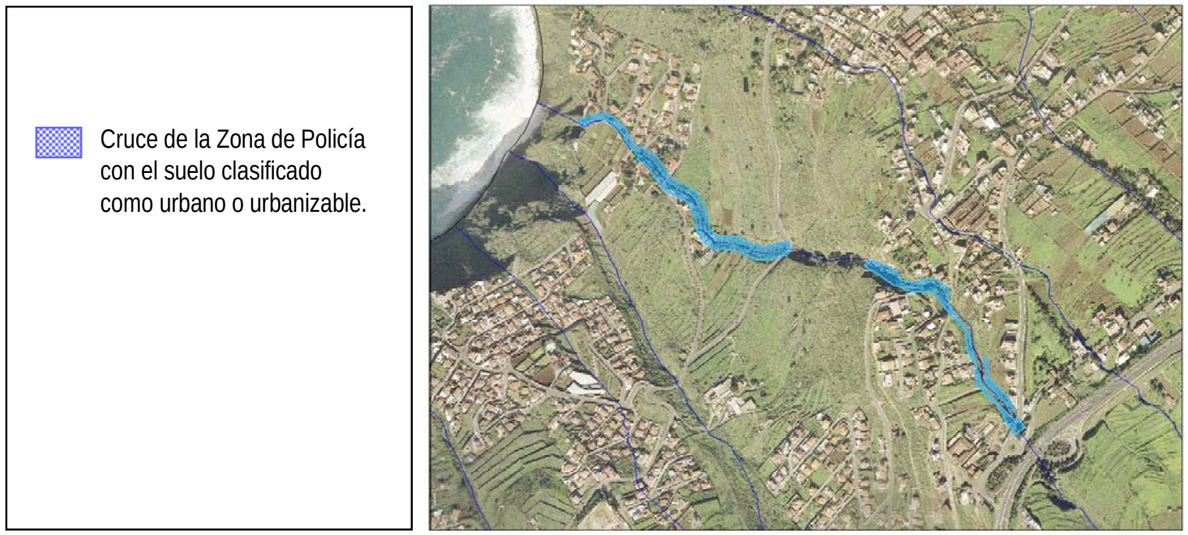


Fig. 22. Ejemplo de registros agregados

IV.3.3. Eliminación de registros poco significativos

En la identificación de registros de riesgo potencial se analizó la información básica existente mediante las 6 líneas de actuación expuestas. Sin embargo en esta segunda etapa en la que se estudió en detalle cada registro de riesgo potencial, se localizaron una serie de zonas, que si bien a priori debían ser considerados como de riesgo, se concluyó que éste no implicaba un daño relevante. Un ejemplo muy claro son aquellas denuncias del CIATF por ocupación de cauce situadas en una zona de protección ambiental sin ningún elemento territorial al que afectar. Por otra parte, se eliminaron aquellos registros que aunque suponían un aumento de la peligrosidad de la zona no estaban situados en un área vulnerable.

La trazabilidad en este caso se resuelve también a través de la consulta con el GIS, combinando la capa que refleja los registros definitivos con las que recogen la información generada durante la primera etapa de identificación.

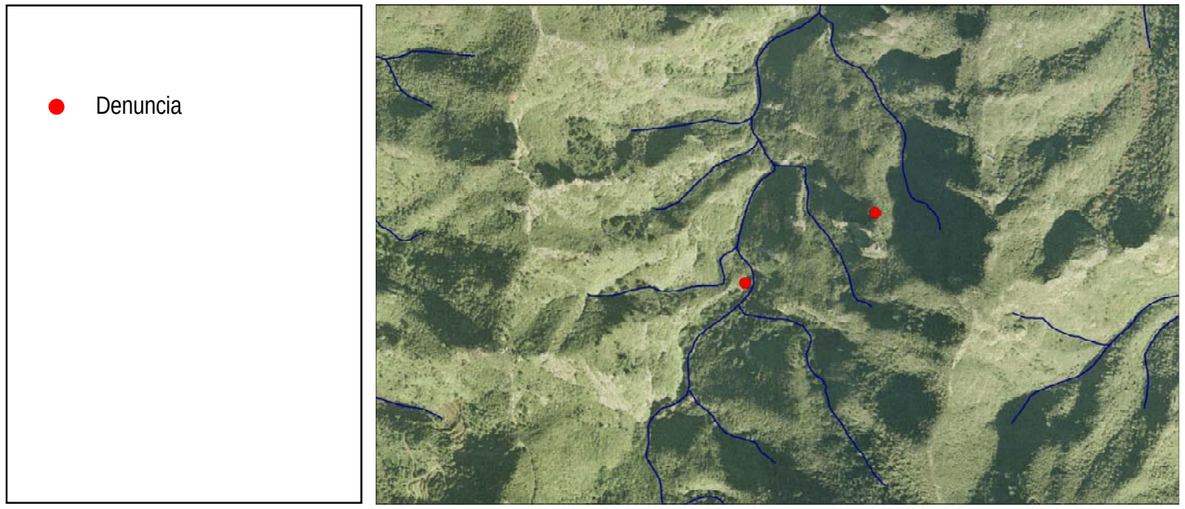


Fig. 23. Ejemplo de registros eliminados

IV.4. INVENTARIO FINAL DE REGISTROS DE RIESGO CONSTATADO

En la tercera etapa se han evaluado los resultados obtenidos del proceso anterior a través de visitas de campo y análisis posterior hasta conformar el inventario final de 547 registros.

De los 901 registros de riesgo significativo se profundizó un paso más en el conocimiento de cada uno. Con la información precedente resultante del análisis anterior se efectuó una comprobación in situ de la zona. El complemento de la caracterización de cada uno de los registros obtenida tras la visita sirvió de base para el último proceso de agregación y eliminación de registros. Los 901 riesgos significativos se tradujeron en 547 de riesgo constatado que conforman el inventario final.

IV.4.1. Análisis identificativo in situ

El análisis de campo ha consistido en visitas específicas a cada uno de estos 901 puntos, normalmente en compañía del técnico municipal correspondiente.

El trabajo realizado durante el análisis in situ ha tenido dos vertientes:

- Se ha comprobado la existencia de este riesgo y se ha confirmado la caracterización del mismo resultante de los análisis anteriores.
- Se ha completado el conocimiento del registro con el objetivo de poder desarrollar la etapa posterior de cualificación de los registros de riesgo.

IV.4.2. Agregación y/o eliminación finales

En función de los resultados de dicha visita e incorporando la información captada en la misma se ha podido reducir la lista anterior, apoyándose esta vez en una información directa in situ, para generar un inventario preliminar, compuesto por un total de 578 registros, que se utilizó para la elaboración del documento de Avance del PDA y que, en definitiva, ha constituido la base sobre la que se han desarrollado las siguientes tareas de revisión y de análisis del riesgo.

La información que se recabó para cada registro se recoge en las fichas que se muestran en la figura siguiente. En relación con su contenido, hay que destacar que, en cada una de las fichas elaboradas para la encuesta o visita municipal, se indica la procedencia de la información en el proceso de identificación de riesgos.

- La ubicación (número de plano en el PDA y en la cartografía 1:5.000 de Tenerife, nombre de la ortofoto, término municipal, núcleo de población, nombre del cauce principal, coordenadas UTM).
- La descripción de la zona y una fotografía.
- El tipo de riesgo, diferenciando aquellos generados por la escorrentía de ladera de los localizados en un cauce concreto de los asociados a insuficiencia del saneamiento urbano.
- Las dimensiones del cauce y unas observaciones sobre las características del mismo.
- Los datos hidrológicos resultantes de la aplicación de la Guía Metodológica.
- Las fuentes de información de que se ha dispuesto para identificar y describir el riesgo dentro de las analizadas.
- La descripción de los daños históricos registrados y de la frecuencia que en términos cualitativos se deduce de los mismos.
- La descripción del origen de los daños.
- Los comentarios sobre las secciones en las que se ha producido desbordamiento, si es que así ha sido, el nivel alcanzado, la presencia significativa de arrastre de sólidos, el tipo de la afección y una descripción de la misma.
- La evaluación cualitativa del riesgo según la opinión del Técnico del Ayuntamiento o la fuente consultada, la matriz de riesgos contenida en el Plan (ver apartados posteriores) o en función de la aplicación de los criterios contenidos en el Plan de Emergencias Insular y en la Directriz Básica de Protección Civil frente al Riesgo de Inundaciones.
- La descripción de las obras existentes.
- La descripción de las propuestas del responsable municipal, el encuestador o las entidades de los que procede la información para la eliminación del riesgo.
- Observaciones.

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE TENERIFE

PLAN ESPECIAL DE DEFENSA FRENTE A AVENIDAS EN LA ISLA DE TENERIFE

MUNICIPIO: SILOS (LOS) **CÓDIGO REGISTRO RIESGO:** 229
NUCLEO: CASCO (EL) **CAUCE:** Bco. de Blas

OBRAS

OBRAS EXISTENTES:

Tramo canalizado y con 4 obras de paso (más una pasarela y un paso de escolares construido dentro del barrranco)

PROPUESTAS

PROPUESTAS DEL RESPONSABLE MUNICIPAL

Canalizar las tuberías que invaden el barranco

PLAZO ☑ Corto Plazo ☐ Medio Plazo ☐ Largo Plazo

PROPUESTAS DEL ENCUESTADOR

Revisar las secciones del barranco y de las obras de paso y ampliación de las mismas, señalización y prohibición de paso escolar cuando llueva. Encauzamiento de la margen derecha en el tramo final, eliminación de puntos bajos, canalización de servicios, programa de limpieza. Avisos y Plan de Emergencia.

PLAZO ☑ Corto Plazo ☐ Medio Plazo ☐ Largo Plazo

PROPUESTAS DE LOS ORGANISMOS

Vigilantes: Se ha limpiado recientemente

PLAZO ☑ Corto Plazo ☐ Medio Plazo ☐ Largo Plazo

PREVISIÓN DE TIPO DE OBRA O ACTUACIÓN

Canalización de las tuberías que están en el barranco y limpieza del mismo

OBSERVACIONES DEL REGISTRO DE RIESGO ESTUDIADO

OBSERVACIONES DEL TÉCNICO DEL MUNICIPIO

Al final del tramo hay un túnel de 1m*1m lleno de tuberías, que hace que se inunde la zona aguas arriba, pudiendo ocasionar daños personales

OBSERVACIONES DEL ENCUESTADOR

El barranco se ha canalizado disminuyendo su sección hasta un tubo de 1,5m*1,5m, en una zona donde existe una vivienda y un paso peatonal al Colegio e Instituto que cruza el vial, dentro del barranco

OBSERVACIONES DE LOS ORGANISMOS

50

Reportaje fotográfico- Adjunto al final del documento

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE TENERIFE

PLAN ESPECIAL DE DEFENSA FRENTE A AVENIDAS EN LA ISLA DE TENERIFE

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Código Registro Riesgo: 229
Cauce: Bco. de Blas
Fotografia: sil05.jpg
Vista foto: Hacia aguas arriba
Margen foto: Margen Izquierda
UTM X: 321646
Y: 3139052
PLANO: 11C

Pie de foto
Fachada aguas abajo de la primera obra de paso.

Código Registro Riesgo: 229
Cauce: Bco. de Blas
Fotografia: sil06.jpg
Vista foto: Hacia aguas abajo
Margen foto: Margen derecha
UTM X: 321643
Y: 3139062
PLANO: 11C

Pie de foto
Fachada aguas arriba de la tercera obra de paso.

Código Registro Riesgo: 229
Cauce: Bco. de Blas
Fotografia: sil07.jpg
Vista foto: Hacia aguas arriba
Margen foto: Margen derecha
UTM X: 321646
Y: 3139086
PLANO: 11C

Pie de foto
Fachada aguas abajo de la segunda obra de paso.

Código Registro Riesgo: 229
Cauce: Bco. de Blas
Fotografia: sil01.jpg
Vista foto: Hacia aguas abajo
Margen foto: Margen derecha
UTM X: 321654
Y: 3139033
PLANO: 11C

Pie de foto
Fachada aguas arriba de la segunda obra de paso.

Fig. 24. Ficha de encuesta municipal

Lógicamente, el repaso posterior a que se sometió toda esta información previa motivó que se produjeran algunas bajas en el inventario preliminar, pues durante el tiempo que duró esta tarea pudo comprobarse como, por ejemplo, la finalización de determinadas medidas correctoras había llevado a su solución definitiva Por fin, el resultado de este trabajo concluye, como se ha dicho, con los 547 elementos que componen el Inventario de Registros de Riesgo.

Puede decirse que este conjunto final de registros refleja la práctica totalidad de los puntos o zonas en las que existe un riesgo significativo y constatado por avenidas en función de la información disponible, aunque debe tenerse en cuenta que en algunos casos se refieren a zonas relativamente extensas. La información de cada uno de ellos se recoge en fichas compuestas por tres páginas que agrupan los siguientes contenidos:

a) Localización,

b) Información general

c) Medidas correctoras

RIESGOS HIDRÁULICOS

Registro de Riesgo: 1284

a) Localización

Municipio SANTA CRUZ DE TENERIFE

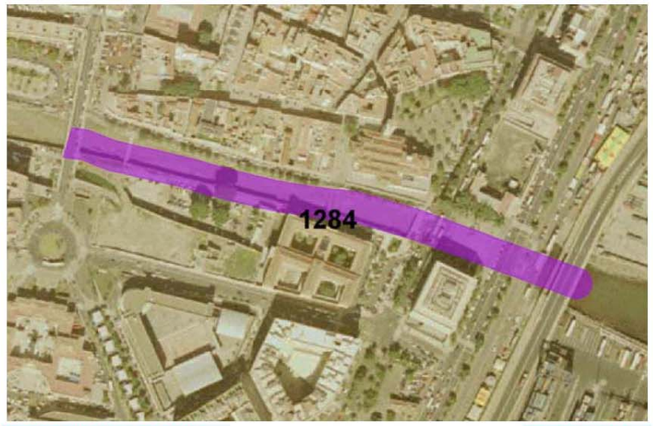
Núcleo: SANTA CRUZ DE TENERIFE

Descripción de la ubicación:

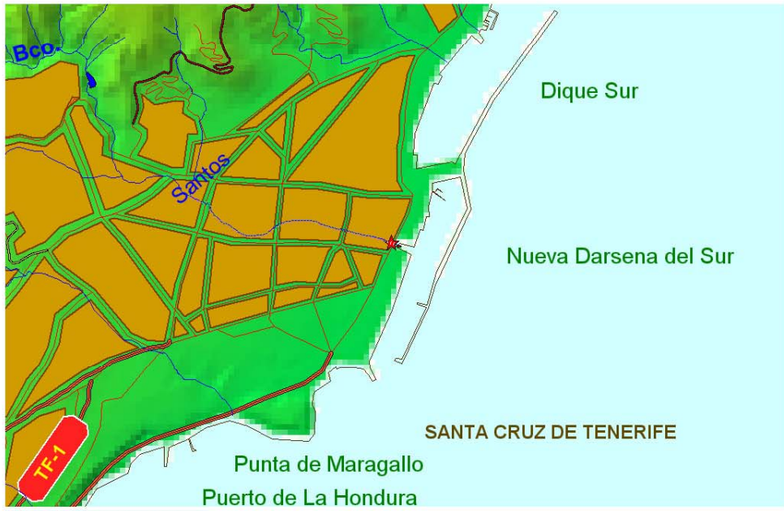
Santa Cruz, Avenida de La Constitución.

Cauce principal:

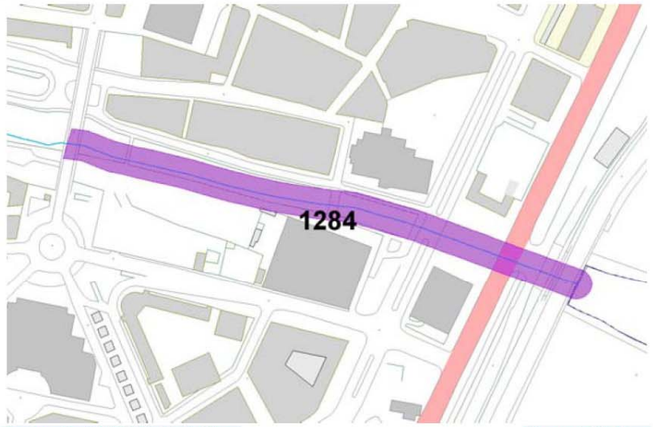
SANTOS, BCO. DE



Ortofoto GRAFCAN. Año 2002 Escala 1:5.000



MDT GRAFCAN. Año 2002 Coordenadas UTM (centro vista) X: 377673,5 Y: 3149242



Cartografía GRAFCAN. Año 2002 Escala 1:5.000

1a

Fig. 25. Fichas de registros de Riesgo: Localización

RIESGOS HIDRÁULICOS — **Registro de Riesgo: 1284**

b) Información General

Descripción: Encauzamiento insuficiente del Barranco de Santos en su desembocadura con afecciones a las viviendas cercanas, edificios oficiales, a la Avenida Bravo Murillo, Avenida Marítima y a la vía de servicio del Puerto. El cauce tiene muros de contención en los laterales pero el fondo no está pavimentado.

Municipio: SANTA CRUZ DE TENERIFE | Núcleo: SANTA CRUZ DE TENERIFE | [x] Ubicado en trama urbana | Fecha revisión: 12/12/2011

FUENTES DE IDENTIFICACIÓN

- [x] Estudio Histórico de Avenidas
- [x] Análisis Territorial
- [x] Encuesta a entidades públicas y empresas
- [x] Estudios Previos
- [x] Encuesta municipal
- [ ] Análisis de las obras de drenaje de la red vial
- [ ] Nuevos eventos meteorológicos
- [ ] Revisión CIATF
- [ ] Proceso de Participación Pública

DATOS HIDROLÓGICOS

Cauce principal: SANTOS, BCO. DE

Área de la cuenca: 39,88 km^2 | Pk: 0,421

Dimensiones cauce: Ancho: 30 *m* | Alto: 2.5 *m*

$P_{max.}$ 24h. (mm)		Caudal (m^3/seg)	
PR 50 años:	161	Q 50 años:	220
PR 100 años:	185	Q 100 año:	258
PR 500 años:	248	Q 500 años:	357

Observaciones: El fondo del barranco de Santos en su desembocadura no está pavimentado existiendo vegetación y acumulándose acarreos. Las cuatro últimas obras de paso que presenta el barranco como los muros de contención laterales son insuficientes para la avenida de 500 años.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

1) CAUSAS DEL DAÑO

- [ ] Ocupación urbana, viaria o agrícola del cauce
- [x] Sección insuficiente del cauce o las obras de cruce
- [x] Red de alcantarillado o drenaje deficiente
- [ ] Concentración de acarreos sólidos
- [ ] Accidente hipotético de presa o balsa
- [ ] Escorrentía de ladera
- [ ] Falta de encauzamiento
- [ ] Mareas y barra litoral

Observaciones: Altura de los muros laterales insuficiente así como falta de sección en las 4 últimas obras de paso.

2) BIENES O SERVICIOS AFECTADOS

Pral.	Tipo de bien o servicio	Tipo de afección	Frecuencia
[x]	Afección a viviendas y residencial colectivo	Daños importantes en más de 5 viviendas y residencial colectivo	Fenómenos aislados
[ ]	Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Interrupción de vías importantes	Fenómenos aislados

3) GRAVEDAD

PDA	PEIN	DB
Muy grave	Muy Alto	A1
Muy grave	Muy Alto	B

4) MEDIDAS CORRECTORAS

Particulares: [x] Estructurales [ ] No estructurales

Generales: [x] No estructurales [x] Informativas [x] De emergencia

CIATF Consejo Insular de Aguas de Tenerife — 1 b — PDA

Fig. 26. Ficha de registro de riesgo: Información General

RIESGOS HIDRÁULICOS **Registro de Riesgo: 1284**

c) Medidas propuestas

Resumen de las medidas propuestas: Retirada del puente del Cabo y de la Pasarela peatonal. Ensache del cauce en la desembocadura hasta la obra de paso bajo la calle de Bravo Murillo. Revestimiento del fondo del cauce.

MEDIDAS PARTICULARES

Método Operativo	Programa de Actuación	Ref.	Descripción	Uds	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Precio	Entidad	Financ (%)	Importe (€)
Estructurales	Programa 3: Infraestructura de defensa	75	Recubrimiento del lecho con mampostería hormigonada	1	550	20		40,00 €/m²	Ayto S/C de Tenerife	50,00	440.000,00
									CIATFE	50,00	
		12	Ensanche del cauce en la desembocadura mediante un marco de hormigón armado de 5x3 m en la margen izquierda.	2	300			4.595,70 €/m	Ayto S/C de Tenerife	50,00	2.757.420,00
									CIATFE	50,00	
	Programa 5: Ordenación territorial y urbanística	63	Reposición del vial de la margen izquierda	1	300	12		50,00 €/m²	Ayto S/C de Tenerife	50,00	180.000,00
									CIATFE	50,00	
		36	Demolición del puente del Cabo y de la Pasarela Peatonal.	1				30.000,00 €/m³	Ayto S/C de Tenerife	50,00	30.000,00
									CIATFE	50,00	

SUBTOTAL: 3.407.420,00 €

MEDIDAS GENERALES

Ámbito	Método Operativo	Programa de Actuación	Ref.	Descripción	Entidad	Financ (%)	Precio (€)	% s/ total	Importe (€)
SANTA CRUZ DE TENERIFE	De emergencia	Programa 9: Protección Civil	15	Implantación del Plan de Emergencias del municipio de Santa Cruz de Tenerife	Ayto S/C de Tenerife	100,00		1,52%	

SUBTOTAL: 0,00 €

TOTAL MEDIDAS CORRECTORAS : 3.407.420,00 €

1c

Fig. 27. Ficha de registro de riesgo: Medidas Correctoras

IV.5. CUALIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE RIESGO

La última etapa del análisis se ha realizado a partir de la información obtenida de los 547 registros de riesgo constatados que forman el inventario final durante los procesos que han caracterizado las etapas de análisis anteriores. El objetivo perseguido ha sido cualificar y clasificar los registros inventariados para su posterior evaluación parcial o temática. Se considera conveniente aclarar 2 términos:

- "Cualificar" un registro consiste en establecer las cualidades específicas que le califican.
- "Clasificar" un registro es fijar la clase o categoría que le caracteriza dentro de cada cualidad.

IV.5.1. Criterios de calificación y de clasificación

Atendiendo a los objetivos del PDA, se han establecido los criterios más adecuados para seleccionar las medidas más eficaces, establecer su prioridad de ejecución e indicar que entidades (públicas o privadas) se consideran más apropiadas para llevarlas a efecto.

Dichos criterios son:

CRITERIO Nº 1: Eliminar los riesgos que se consideren inaceptables socialmente o reducirlos hasta niveles aceptables.

Es muy difícil clasificar los riesgos en socialmente aceptables e inaceptables y la experiencia demuestra que esta clasificación arroja resultados muy distintos según el nivel de desarrollo económico. De hecho, una fórmula simplista sería asignar esta diferencia según la disponibilidad a pagar por la sociedad[63]. Si este fuese el criterio resulta evidente que, a partir del proceso de debate del Plan, podría establecerse finalmente la inversión que sería posible destinar a la reducción o eliminación de riesgos. Como apoyo a este proceso es evidente la utilidad de cualificar los registros en función de su gravedad y del tipo de bienes o servicios afectados. Ambos aspectos apoyarán la decisión final.

Por otra parte, el conocimiento de las causas inmediatas del riesgo permite identificar a priori una parte de las medidas de actuación a proponer. En efecto, la eliminación del riesgo puede conseguirse eliminando a su vez la causa o suavizando el efecto. El conocimiento de la causa permite identificar las destinadas al primero de estos objetivos.

[63] Es el concepto económico de "willingness to pay" sobre el que se basan una enorme cantidad de análisis socioeconómicos en la actualidad. Se ha utilizado en diagnósticos sobre una gran variedad de programas de acción social.

CRITERIO Nº 2: Establecer pautas de actuación antes y durante la avenida que permitan minimizar el daño.

Conocer las pautas de actuación que en el pasado han conducido a la generación del riesgo, es decir, identificar las causas inmediatas y clasificarlas según la gravedad del riesgo al que conducen es, evidentemente, la mejor manera de corregirlas.

CRITERIO Nº 3: Elaborar normas y recomendaciones que eviten el aumento de riesgos en el futuro.

Del mismo modo que para el criterio anterior, en relación con éste, es fundamental el conocimiento de las causas inmediatas del riesgo. Se completa la información necesaria si añadimos el conocimiento de los tipos de bienes o servicios afectados y de las medidas necesarias para la corrección. Este conocimiento permite orientar las normas y recomendaciones en función de sus destinatarios.

CRITERIO Nº 4: Generar u organizar y recopilar la información necesaria para dar a conocer el riesgo al conjunto de la sociedad y para orientar adecuadamente su actuación.

Es evidente que el propio contenido del PDA es ya una respuesta a este objetivo. Adicionalmente la cualificación de los registros de riesgo en función de las medidas necesarias y sobre todo la asignación de estas medidas a diferentes entidades o empresas es la manera óptima de orientar la actuación de éstas.

En función de lo anterior, se ha partido de la consideración de **cuatro cualidades** para establecer, en primer lugar, la cualificación de cada registro, es decir, la medida en que cada una de ellas se asigna a él y posteriormente la clasificación, es decir, la distribución de los registros en función del valor de estas cualidades en cada uno.

- La gravedad del riesgo: En relación con esta cualidad se han establecido 4 niveles o valoraciones posibles a efectos de clasificación, teniendo en cuenta criterios habituales en los estudios asociados con la defensa frente a avenidas.64
- La causa inmediata: Se han considerado hasta 8 posibles causas del riesgo estableciendo esta relación en función de la experiencia y el conocimiento alcanzados durante las fases anteriores del estudio.
- El tipo de bien o servicio afectado: Aunque muchos de los registros incluyen la afección a más de un tipo de bien o servicio, en cada uno se ha identificado el principal distinguiendo entre seis grandes categorías y estableciendo para cada

[64] En las metodologías clásicas para el diseño de planes de defensa, la gravedad se establece valorando los daños potenciales en función de la probabilidad, en los términos indicados en la descripción del método deductivo incluida en capítulos anteriores. Ya se ha indicado la razón de la ineficacia de esta metodología en el caso de Tenerife. Esta ineficacia ha conducido a la necesidad de utilizar métodos mixtos, cuantitativos y cualitativos para valorar la gravedad del riesgo acudiendo a los que son habituales en los estudios asociados con la protección civil y la gestión de emergencias.

una diferentes subniveles. En concreto, se han considerado independientemente los daños a viviendas, a equipamientos y servicios, a nstalaciones industriales, a vías de comunicación y a terrenos no urbanizados.

- Las medidas correctoras: En relación con este último criterio, se ha establecido una relación de medidas posibles tipificándolas según dos tipos de criterios: el conceptual y el territorial.

Atendiendo al primero de los criterios se agruparon en cuatro grandes categorías: medidas estructurales, medidas no estructurales, medidas informativas y medidas de emergencia; esta clasificación ha permitido establecer los 9 programas de actuación que se definen en el capitulo VI.

De acuerdo con el segundo criterio, se hizo otra clasificación de medidas según el ámbito de aplicación de las mismas, agrupándolas como medidas particulares o medidas generales, dependiendo de que su asignación corresponda a un registro de riesgo concreto o a un ámbito superior (como una zona susceptible de riesgo hidráulico, un municipio o toda la isla).

En el PDA se han definido hasta 32 medidas tipo diferentes, cuya asignación supone la propuesta de ejecución y puesta en práctica de un total de 999 medidas que se reparten, según los criterios de clasificación aplicados, tal como se indica en el siguiente cuadro resumen.

Método Operativo	Ámbito de aplicación		Tipo de Medida	Nº
Medidas Estructurales	Medidas Particulares	Registros de riesgo	Obras de infraestructuras y otras	462
Medidas No Estructurales	Medidas Generales	Isla	Adscripción de personal al Programa de seguimiento, coordinación y control	1
		Zonas Susceptibles de Riesgo Hidráulico	Estudio de drenaje urbano	29
			Esttudio hidráulico del barranco	19
	Medidas Particulares	Registros de riesgo	Estudios específicos y otras	451
Medidas Informativas	Medidas Generales	Isla	Planes de información a la población	1
			Resumen no técnico del PDA	1
Medidas de emergencia	Medidas Generales	Isla	Sistemas de alerta temprana: vigilancia y control con radar y red de pluviógrafos	1
			Convenios de colaboración y coordinación informativa	1
			Sistemas de información	1
			Planes de emergencia	1
		Municipios	Planes de emergencia	31
			TOTAL	999

Cuadro 6. Clasificación de medidas según método operativo y ámbito de aplicación

Los apartados que siguen recogen los resultados de la clasificación llevada a cabo. Por otra parte, en las fichas de los registros de riesgo se refleja también la información de su cualificación en relación con cada uno de los cuatro criterios anteriores.

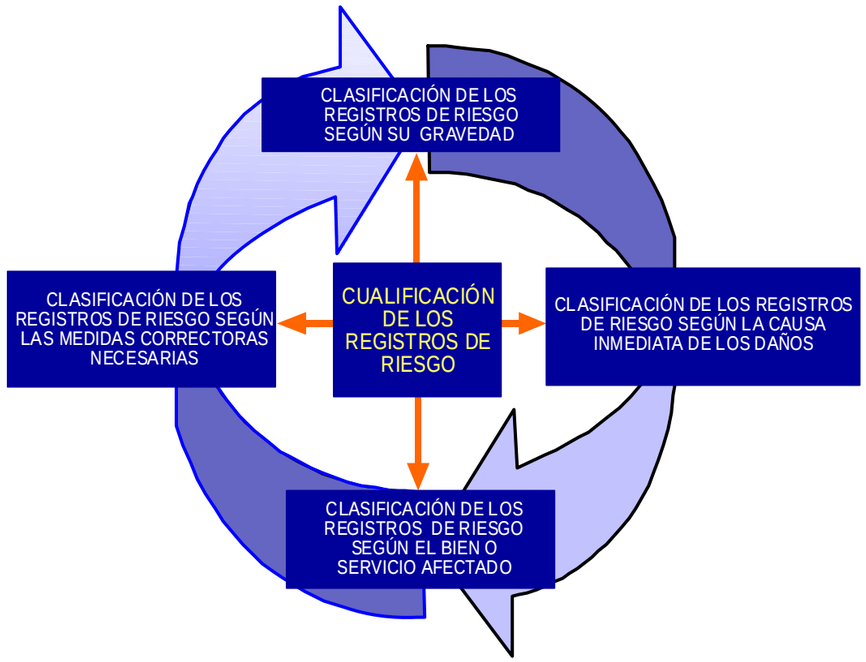


Fig. 28. Cualificación de los registros de riesgo

IV.5.2. Clasificación de los riesgos en función de su gravedad

La figura adjunta refleja la matriz de valoración de la que se ha partido para evaluar la gravedad de cada uno de los 547 registros de riesgo deducidos del análisis cuantitativo. Esta matriz considera cuatro niveles de gravedad, muy grave, grave, moderado y escaso y los asigna teniendo en cuenta de una parte la probabilidad y de otra el daño[65], aunque ambos aspectos se valoran en términos cualitativos ya que no se dispone de cifras concretas sobre ninguno de los dos para la inmensa mayoría de los registros.

Por otra parte, puesto que la forma de evaluar los daños depende de otra cualidad como es el tipo de bien o servicio sobre el que éstos se produzcan, considera seis tipos en este sentido y propone criterios diferentes para cada uno. En general, la matriz se ha apoyado en otras equivalentes desarrolladas o empleadas en otros estudios anteriores o en documentos normativos examinados durante el análisis de antecedentes metodológicos. Se han tenido también en cuenta los criterios de valoración del riesgo contenidos en el PEIN (Plan Territorial Insular de Emergencias de Protección Civil) y en la Directriz Básica de Protección Civil frente al riesgo de inundaciones.

Hay que aclarar, adicionalmente, que en aquellos registros en los que se agregan distintos tipos de bienes o servicios afectados se ha adoptado la clasificación de la gravedad del peor en este sentido.

[65] Evidentemente, la gravedad crece en el mismo sentido que el daño y que la probabilidad

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	FRECUENCIA O POSIBILIDAD DEL SUCESO				
		Casi todos los años	Una vez cada 5 años	Una vez cada 10 años	Fenómenos aislados	Existe riesgo potencial
Afección a viviendas y residencial colectivo	Daños importantes en más de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencias de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas	Muy grave	Muy grave	Grave	Grave	Grave
	Daños leves en más de 5 viviendas y residencial colectivo	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso
Equipamientos y Servicios	Daños importantes en equipamientos y servicios básicos (Universidades, centros principales de trabajo, canales principales de distribución de agua, depuradoras principales, desaladoras- desalinizadoras, PIRS, embalses con capacidad >50.000 m3)	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, Ocio, cultura, comercial, otros servicios)	Grave	Grave	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves en servicios secundarios	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso
Servicios Esenciales en Emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	Grave	Grave	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso
Instalaciones industriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales	Muy grave	Muy grave	Grave	Grave	Grave
	Daños importantes en otras instalaciones industriales	Grave	Grave	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en áreas o polígonos industriales	Grave	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves es en otras instalaciones industriales	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Interrupción de vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Interrupción en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	Muy grave	Muy grave	Grave	Grave	Grave
	Interrupción en carreteras con IMD de 0 - 7000 veh/día y Puertos Secundarios	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Escaso
	Interrupción en carreteras locales	Grave	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso
	Daños leves en vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	Grave	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso
	Daños leves en carreteras con IMD de 0 -7000 veh/día y Puertos Secundarios	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso
	Daños leves en carreteras locales	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso
Terreno no urbanizados	Daños en terrenos no urbanizados	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso	Escaso

Cuadro 7. Matriz de clasificación de riesgo

Como resultado de aplicar la clasificación anterior, se obtienen los siguientes resultados:

- 40 registros muy graves.
- 242 registros graves.
- 162 registros moderados.
- 103 registros de riesgo escaso.

Analizada esta clasificación desde el punto de vista de su ubicación en la isla se obtiene el siguiente desglose por municipios

CLASIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE RIESGO EN FUNCIÓN DE SU GRAVEDAD POR MUNICIPIO					
MUNICIPIO	Muy grave	Grave	Moderado	Escaso	TOTAL
SANTA CRUZ DE TENERIFE	3	28	24	10	65
ROSARIO (EL)	2	5	9	8	24
CANDELARIA	1	13	9	6	29
ARAFO	0	6	1	0	7
GÜIMAR	3	15	4	1	23
FASNIA	1	2	4	0	7
ARICO	0	2	2	2	6
GRANADILLA DE ABONA	1	5	9	2	17
SAN MIGUEL	1	6	0	1	8
ARONA	2	18	8	3	31
VILAFLOR	2	2	4	2	10
ADEJE	3	15	9	3	30
GUIA DE ISORA	2	9	1	1	13
SANTIAGO DEL TEIDE	0	4	1	1	6
BUENAVISTA DEL NORTE	0	2	2	5	9
SILOS (LOS)	3	2	5	4	14
GARACHICO	0	1	1	1	3
TANQUE (EL)	1	0	3	2	6
ICOD DE LOS VINOS	0	10	2	2	14
GUANCHA (LA)	0	2	1	0	3
SAN JUAN DE LA RAMBLA	1	2	4	3	10
REALEJOS (LOS)	4	4	6	6	20
PUERTO DE LA CRUZ	4	6	2	1	13
OROTAVA (LA)	1	15	9	1	26
SANTA URSULA	0	5	4	1	10
VICTORIA DE ACENTEJO (LA)	0	9	1	2	12
MATANZA DE ACENTEJO (LA)	2	7	3	6	18
SAUZAL (EL)	0	5	4	6	15
TACORONTE	0	14	8	5	27
TEGUESTE	0	8	3	9	20
LAGUNA (LA)	3	20	19	9	51
TOTAL	40	242	162	103	547

Cuadro 8. Clasificación de los registros de riesgo en función de su gravedad por municipio

IV.5.3. Clasificación en función de la causa inmediata del daño

La clasificación de los registros de riesgo en función de la causa inmediata del daño comporta, de entrada, una restricción del diagnóstico, ya que toda aquella causa que no se recoja se desestima en principio como origen de riesgo en dicha fase. Por otro lado, la muy importante cantidad de casos analizados permite afirmar que, en principio, se ha captado información sobre la práctica totalidad de los posibles orígenes. Con todo, como se verá posteriormente en la descripción de la fase del diagnóstico dedicada a la generalización, los posibles orígenes recogidos en las fichas descriptivas de los registros de riesgo se han subdividido y caracterizado para ampliar la casuística en la mayor medida posible.

La relación de causas recogidas en las fichas es la que se refleja en el cuadro adjunto, en el que, además, se divide el número total de registros asociados a cada origen en función de su gravedad. El análisis del cuadro debe tener en cuenta, por otra parte, que muchos de los registros comparten varios orígenes al combinarse en una zona varios posibles puntos de riesgo.

CLASIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE RIESGO EN FUNCIÓN DE LA CAUSA INMEDIATA DEL DAÑO					
Causa inmediata del registro de riesgo:	Muy grave	Grave	Moderado	Escaso	TOTAL
Ocupación urbana, viaria o agrícola del cauce	24	162	69	56	311
Sección insuficiente del cauce o las obras de cruce	19	113	42	28	202
Red de alcantarillado o drenaje deficiente	7	55	78	12	152
Concentración de acarreos sólidos	10	86	47	49	192
Accidente hipotético de presa o balsa	0	6	1	1	8
Escorrentía de ladera	3	21	14	4	42
Falta de encauzamiento	12	28	10	8	58
Mareas y barra litoral	1	1	1	0	3
TOTAL	76	472	262	158	968

Cuadro 9. Clasificación de los registros de riesgo en función de la causa inmediata del daño

Es conveniente añadir alguna explicación a la nueva enunciación de las causas inmediatas que producen daños:

- **Ocupación urbana, viaria o agrícola del cauce**: Recoge este origen, demasiado frecuente, en que el cauce ha sido ocupado, total o casi totalmente por la urbanización, edificaciones aisladas, viales, que entran en el cauce longitudinalmente, edificaciones y muros agrícolas, instalaciones deportivas, etc. provocando no solo un riesgo para el elemento sino también como consecuencia de la disminución o eliminación de capacidad hidráulica o del hecho de que derivan las aguas[66].

[66] Este es un caso característico de los viales longitudinales al cauce que a la salida de éste constituyen un camino para el agua más favorable que el original.

- **Sección insuficiente del cauce o las obras de cruce:** En este caso se encuentran todos los registros en los que en una sección o a lo largo de un tramo, se han desarrollado actuaciones que reducen la capacidad de transporte del cauce. Los casos detectados son los siguientes:
  - Existencia de un paso de carretera o calle con una obra de drenaje insuficientemente dimensionada. Es el más habitual y conduce siempre a una sobreelevación del agua aguas arriba de la obra que a su vez puede tener varias consecuencias:

    Inundación de bienes situados aguas arriba.

    Circulación del agua por encima de la vía con el consiguiente deterioro de ésta y, especialmente, con su inutilización durante la emergencia.
  - Desvío del cauce: En algunos casos, el agua que pasa a la vía adopta ésta como un nuevo cauce y se provoca un desvío del agua hacia otro cauce o a la inundación de zonas cercanas. Normalmente es el caso más grave, porque además convierte en inútiles las posibles actuaciones de encauzamiento aguas abajo.
  - Entubamiento del cauce al atravesar un núcleo urbano con una sección insuficiente. Esta situación conduce normalmente al desbordamiento en la sección de entrada de la obra y a la circulación del agua a través del núcleo urbano. Aunque no es tan habitual como otros orígenes de daños, suele conducir a consecuencias graves o muy graves.
  - Estrechamiento del cauce como consecuencia de la existencia de muros, edificaciones u obras de infraestructura que lo ocupan parcialmente. Los efectos, como es natural, son dobles. De un lado se generan daños potenciales para los elementos responsables del estrechamiento. Además, se produce una sobreelevación y la inundación de otros bienes aguas arriba.
- **Falta de encauzamiento:** Se considera en este apartado el caso de algunos cauces que desaparecen en determinados tramos de su recorrido debido, en la mayor parte de los casos, a la presión edificatoria y desarrollo de las tramas urbanas. Aunque pueda apreciarse el cauce natural aguas arriba y aguas abajo de dicho tramo, su desaparición es debida a la invasión del cauce y ocupación de suelo por la actividad urbanística, que generan claras situaciones de riesgo.
- **Red de alcantarillado o drenaje deficiente**: Teniendo en cuenta que el criterio habitual para el diseño de las redes de drenaje o saneamiento de pluviales es el de adoptar una lluvia de 10 años de período de recurrencia, este problema es bastante general en la isla. Genera riesgos graves o muy graves cuando el agua que no alcanza la red circula por calles de pendiente importante. Se han detectado también casos en que el agua no entra por los imbornales por un inadecuado diseño de éstos en las zonas con pendiente. Asimismo se han detectado casos de ausencia o errores de diseño en el drenaje longitudinal de carreteras.
- **Concentración de acarreos sólidos**: La concentración de acarreos plantea un problema importante en Tenerife:
  - Conduce a que la sección necesaria en los cauces sea mayor que la correspondiente a agua limpia y determina la insuficiencia de encauzamientos diseñados bajo esta hipótesis.
  - Produce daños en sí misma, cuando los sólidos arrastrados son de gran tamaño, como consecuencia del choque de los sólidos arrastrados con edificios o personas.
  - Tiende a acumularse en las obras de drenaje, los puentes y los tramos enterrados conduciendo muy rápidamente a que estas obras pasen a ser insuficientes para el paso del caudal.
  - Se acumulan también en el desagüe final de los cauces en el mar provocando la obstrucción de la sección final[67] .
- **Mareas y barra litoral:** En algunos casos se ha detectado como causa de la inundación la incapacidad de la sección final del cauce a la entrada en el mar, como consecuencia de las mareas o de una barra litoral. En general, la consecuencia es la inundación de la zona cercana a la costa.
- **Accidente hipotético de presa o balsa**: Se admite en la actualidad el accidente en una presa o balsa, desde la rotura del dique hasta la rotura o manejo incorrecto de las compuertas como uno de los orígenes de situaciones de emergencia por avenida. En Tenerife existen 71 balsas importantes que han sido tenidas en cuenta en el PDA a estos efectos.
- **Escorrentía de ladera**: Se han identificado también, de manera relativamente sistemática, registros de riesgo en los que éste ha de atribuirse a la escorrentía de ladera, es decir, al agua antes de que alcance los cauces. Normalmente el riesgo se debe asociar a la ausencia de cunetas que desvíen esta escorrentía hacia los cauces o hacia el saneamiento.

[67] Este problema es importante en los puertos en los que desemboca un cauce ya que puede incluso conducir a la inutilización de las propias instalaciones portuarias.

IV.5.4. Clasificación en función del tipo de bien o servicio afectado

Los resultados obtenidos al aplicar este criterio de clasificación se reflejan en la tabla siguiente;

CLASIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE RIESGO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO PRINCIPAL Y SU GRAVEDAD						
TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	Muy grave	Grave	Moderado	Escaso	TOTAL
Afección a viviendas	Daños importantes en más de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencias de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)	27	77	0	0	104
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas	3	69	0	0	72
	Daños leves en más de 5 viviendas y residencial colectivo	0	18	75		93
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas	0	0	10	49	59
Equipamientos y servicios	Daños importantes en equipamientos y servicios básicos (Universidades, centros principales de trabajo, canales principales de distribución de agua, depuradoras principales, desaladoras-desalinizadoras, PIRS, embalses con capacidad >50.000 m3)	1	2	0	0	3
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, Ocio, cultura, comercial, otros servicios)	0	2	9	0	11
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos	0	0	2	0	2
	Daños leves en servicios secundarios	0	0	12	9	21
Servicios Esenciales en Emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	0	0	0	0	0
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	0	0	0	0	0
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	0	0	0	0	0
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	0	0	0	0	0
Instalaciones industriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales	0	9	0	0	9
	Daños importantes en otras instalaciones industriales	0	0	2	0	2
	Daños leves en áreas o polígonos industriales	0	0	6	0	6
	Daños leves es en otras instalaciones industriales	0	0	0	3	3
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Daños leves en carreteras con IMD de 0 -7000 veh/día y Puertos Secundarios	0	0	11	4	15
	Daños leves en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	0	12	5	7	24
	Daños leves en carreteras locales	0	0	18	5	23
	Daños leves en vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	0	7	5	0	12
	Interrupción de vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	5	12	0	0	17
	Interrupción en carreteras con IMD de 0 - 7000 veh/día y Puertos Secundarios	0	10	3	8	21
	Interrupción en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	4	13	0	0	17
	Interrupción en carreteras locales	0	11	3	16	30
Terreno no urbanizado	Daños en terrenos no urbanizados	0	0	1	2	3
	TOTAL	40	242	162	103	547

Cuadro 10. Clasificación de registros de riesgo en función del tipo de bien o servicio afectado principal y su gravedad

Como es lógico, en muchos de los registros, el bien o servicio que se ha identificado como principal afección (determinante de la gravedad), no es el único. Como consecuencia de ello ha sido posible elaborar una lista clasificatoria que, en síntesis, refleja los siguientes resultados:

CLASIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE RIESGO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO Y SU GRAVEDAD						
TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	Muy grave	Grave	Moderado	Escaso	TOTAL
Afección a viviendas	Daños importantes en más de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencias de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)	27	81	0	0	108
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas	4	75	0	0	79
	Daños leves en más de 5 viviendas y residencial colectivo	0	21	92	0	113
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas	0	0	13	64	77
Equipamientos y servicios	Daños importantes en equipamientos y servicios básicos (Universidades, centros principales de trabajo, canales principales de distribución de agua, depuradoras principales, desaladoras-desalinizadoras, PIRS, embalses con capacidad >50.000 m3)	1	2	0	0	3
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, Ocio, cultura, comercial, otros servicios)	0	3	28	0	31
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos	0	1	2	0	3
	Daños leves en servicios secundarios	0	0	16	12	28
Servicios Esenciales en Emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	0	0	0	0	0
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	0	0	4	0	4
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	0	0	1	0	1
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	0	0	0	0	0
Instalaciones industriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales	0	10	0	0	10
	Daños importantes en otras instalaciones industriales	0	0	3	0	3
	Daños leves en áreas o polígonos industriales	0	0	8	0	8
	Daños leves es en otras instalaciones industriales	0	0	0	6	6
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Daños leves en carreteras con IMD de 0 -7000 veh/día y Puertos Secundarios	0	0	14	23	37
	Daños leves en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	0	12	6	19	37
	Daños leves en carreteras locales	0	0	51	48	99
	Daños leves en vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	0	7	15	0	22
	Interrupción de vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	6	13	0	0	19
	Interrupción en carreteras con IMD de 0 - 7000 veh/día y Puertos Secundarios	0	18	7	35	60
	Interrupción en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	4	41	0	0	45
	Interrupción en carreteras locales	0	41	8	110	159
Terreno no urbanizado	Daños en terrenos no urbanizados	0	0	1	4	5
	TOTAL	42	325	269	321	957

Cuadro 11. Clasificación de los registros de riesgo en función del tipo de bien o servicio afectado y su gravedad

IV.5.5. Clasificación según las medidas correctoras necesarias

Del análisis de los registros de riesgo considerados y del estudio de las medidas correctoras que se considera necesario aplicar, ha podido establecerse una relación de 25 tipos de medidas particulares diferentes. En Documento nº 4 Programa de Medidas, se recogen los resúmenes y listados de medidas, además una introducción descriptiva de cada una de ellas.

Dependiendo de cual sea el método operativo de las medidas particulares que se asignan a cada registro de riesgo, se agruparon en dos grandes categorías como son: medidas estructurales (relacionadas con la construcción de obras civiles) y medidas no estructurales (entre las que se incluye la realización de estudios específicos y la limpieza y mantenimiento de cauces).

Complementariamente, se asignaron también medidas generales que se clasifican a su vez en las siguientes categorías: medidas de emergencia (que abarcan los planes de emergencia municipales, así como de instalaciones o servicios) y medidas informativas (como la elaboración de planes de información a la población).

Los detalles de las diferentes medidas correctoras propuestas quedan reflejados en el Anejo nº2, que incluye un apéndice con las fichas descriptivas de cada registro de riesgo. Asimismo, en el Documento nº 4 recoge un listado detallado con las medidas asignadas a estos registros de riesgo y un resumen de dichas medidas, ordenado por programa de actuación y método operativo.

En este Documento se establece, además, para cada medida correctora, la entidad competente que corresponda en cada caso para llevar a cabo su ejecución. Dependiendo de la titularidad de las infraestructuras, bienes y servicios afectados, así como del ámbito territorial o competencial de dichas medidas, han podido identificarse hasta 7 tipos de entidades distintas: Estado, Comunidad Autónoma de Canarias, Cabildo de Tenerife, Consejo Insular de Aguas, Balten, Ayuntamientos y particulares.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de las 913 medidas correctoras que se han asignado a los 547 registros de riesgo constatado, agrupadas por método operativo y según nivel de gravedad. Las cifras totales que se obtienen en el mismo reflejan la necesidad de aplicar en cada caso múltiples medidas para reducir el riesgo.

Método Operativo	Tipo de Medida	Muy grave	Grave	Moderado	Escaso	TOTAL
Medidas Estructurales	Azud de retención de acarreos	5	18	12	5	40
	Corte de autopista o carretera con IMD>7000 Veh/dia.	4	4	1	0	9
	Demolición	1	0	0	0	1
	Encauzamiento con muros de hormigón en masa	2	6	1	0	9
	Encauzamiento cubierto con marco de hormigón	15	53	2	0	70
	Estabilidad de taludes de ladera	1	2	1	0	4
	Mejora puntual de drenaje	3	21	31	9	64
	Muro de contención de hormigón armado	8	25	2	0	35
	Obras de paso: Marco	18	62	3	0	83
	Obras de paso: Tubería	0	0	1	0	1
	Protección del vial frente a desprendimientos	1	2	0	0	3
	Protección frente a desprendimientos	0	1	0	0	1
	Reposición de trama urbana	10	25	1	0	36
	Reposición de vial	12	73	2	0	87
	Reubicación de instalaciones	2	9	5	2	18
	Revestimiento del cauce	1	0	0	0	1
	Subtotal: 16 tipos de medidas	83	301	62	16	462
Medidas No Estructurales	Estudio hidraúlico del barranco	2	4	0	0	6
	Estudios de drenaje urbano	0	8	13	1	22
	Estudios de seguridad en presas o embalses	0	6	1	1	8
	Estudios de tráfico urbano	0	2	0	0	2
	Estudios geotécnicos o de estabilidad de macizos rocosos	2	2	0	0	4
	Instrucciones de Autoprotección	10	51	39	44	144
	Liberaciones del suelo	9	43	1	5	58
	Limpieza y mantenimiento de cauces	7	88	49	55	199
	Planes de Seguros	0	3	1	4	8
	Subtotal: 10 tipos de medidas	30	207	104	110	451
	TOTAL	113	508	166	126	913

Cuadro 12. Clasificación de los registros de riesgo según las medidas correctoras y método operativo

Como puede apreciarse se han aplicado, preferentemente, medidas estructurales en aquellos registros de riesgo clasificados como graves o muy graves. Debe destacarse también el carácter integrado de tales medidas, pues muchas de ellas se asignaron en combinación con otros tipos de medidas no estructurales.

Por contra, en los casos de moderada y escasa gravedad, ha predominado claramente la implantación de las medidas no estructurales, ya que se ha reservado la aplicación de medidas estructurales para aquellos casos donde pueda justificarse adecuadamente el coste-beneficio de la actuación.

IV.6. INVENTARIO DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO

La identificación de los bienes, infraestructuras y servicios más vulnerables frente a las avenidas, con la consiguiente evaluación del riesgo hidráulico presente en tales casos, ha permitido la generalización del riesgo a zonas concretas del territorio y la elaboración de un inventario de zonas susceptibles, junto a la propuesta de medidas correspondiente.

Las zonas susceptibles de riesgo hidráulico se han delimitado en porciones del territorio donde la concentración de registros de riesgo permite realizar una cierta generalización; en ocasiones la elevada presencia de infraestructuras básicas o de instalaciones esenciales también ha contribuido también a definir dichos ámbitos de susceptibilidad al riesgo. Las zonas inventariadas tienen una extensión variable (entre 0,1 y 10km²), dependiendo de las particularidades concurrentes en cada caso. Estas zonas que se representan mediante polígonos de contorno suavizado se delimitaron sobre la base del análisis de riesgos previo y de la información territorial existente, como núcleos de población, planeamiento y sistema viario, así como la red de drenaje territorial y las cuencas hidrográficas.

Los tipos de medidas asignadas a estas zonas consisten básicamente en la elaboración de estudios de drenaje urbano o estudios hidráulicos de barranco, ambos asociados al Programa 2 de Estudios Técnicos.

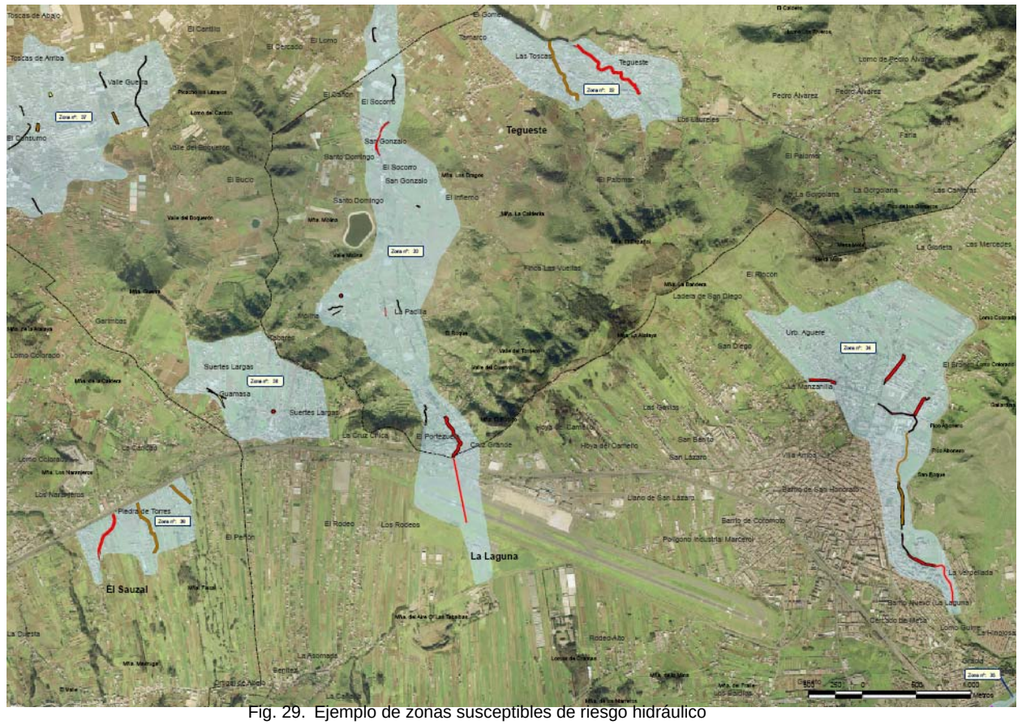


Fig. 29. Ejemplo de zonas susceptibles de riesgo hidráulico

En el Anejo nº 1 a la Memoria se incorpora un Plano Director en el que se representa la delimitación de las 49 zonas susceptibles que se incluyen en este inventario. En las fichas individuales que se incluyen en el Anejo nº1 se especifican las medidas asignadas a cada una de ellas.

IV.7. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS

A los efectos del PDA es necesario contar con un inventario de las infraestructuras básicas o estratégicas que han de requerir una especial protección, tanto porque su funcionamiento resulte imprescindible ante una situación de emergencia[68] como porque sea necesario controlar las posibles consecuencias que se deriven de su mal funcionamiento.

Por este motivo, hasta tanto se elabore por parte de las administraciones competentes el inventario definitivo, se ha establecido una relación provisional de aquellas infraestructuras que se han considerado básicas, bien por dar apoyo a servicios esenciales que han de mantenerse en funcionamiento durante la avenida y sobre todo durante la fase de vuelta a la normalidad, como subestaciones eléctricas, hospitales, puertos y aeropuertos, centros de emergencia, etc., o bien porque provocan graves daños en caso de inundarse, como las plantas industriales de residuos sólidos (PIRS) o las industrias que almacenan productos tóxicos o peligrosos.

Los 464 elementos que integran de este inventario provisional se clasifican en 11 clases o categorías diferentes, que pueden identificarse en el Anejo nº 2 donde se incluyen fichas individualizadas para cada clase de infraestructura, agrupadas por sectores o subsectores estratégicos. A continuación se presenta el resumen de este inventario.

SECTOR ESTRATÉGICO	SUBSECTOR	SERVICIO ESENCIAL	INFRAESTRUCTURA BÁSICA O ESTRATÉGICA	Nº
Agua	Desalación agua mar/ salobre	Suministro de agua a la población	EDAM y EDAS	9
	Transporte de agua		Red básica de conducciones	40
	Depuración	Saneamiento y depuración	EDAR	5
Centrales y redes de energía	Generación	Electricidad	Centros de generación	3
	Transporte		Redes de transporte (220 kV))	1
	Transporte		Redes de transporte (66 kV)	13
	Transporte/Distribución		Subestaciones Eléctricas	17
	Distribución		Centros de Reparto	12
	Petróleo	Energía	Refinerías	1
Transporte	Transporte por carretera	Movilidad	Autopistas, autovías y vías rápidas	2
			Carreteras	13
	Transporte aéreo		Helipuertos	8
			Aeropuertos	2
	Transporte marítimo		Puertos	3
	Transporte tranviario		Tranvías y Ferrocarriles	1
Sanitario	Sanidad	Servicio sanitario	Hospitales	4
			Centros de salud	50
Industria	Almacenamiento	Almacenamiento sustancias sensibles	Almacenamiento de químicos y petróleo	5
	Residuos	Residuos	Plantas de tratamiento de residuos, reciclaje y otras	1
Tecnologías de la información y las telecomunicaciones	Teledifusión	Comunicaciones	Teledifusión	38
	Telefonía móvil		Telefonía móvil	136
Administración	Centro oficial	Administrativos	Edificios oficiales	43
	Servicios de emergencia	Protección Civil	Instalaciones vinculadas	57
		TOTAL		**464**

Cuadro 13. inventario de infraestructuras básicas o estratégicas

[68] La existencia de una situación de emergencia se determinará siguiendo lo dispuesto en el Plan Operativo Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias para Riesgos por Fenómenos Meteorológicos Adversos (PEFMA) y en el resto de normativa de protección civil que le resulte de aplicación.

V. DIAGNÓSTICO

V.1. DIAGNÓSTICOS PARCIALES

V.2. DIAGNÓSTICO GENERAL

Los capítulos anteriores reflejan un conjunto de actividades dedicadas a la observación de la realidad y a la sistematización y análisis de la información recogida durante esta observación. Esta sistematización se ha concretado en un conjunto de registros de riesgo que se han clasificado según distintos criterios y, por otra parte, en un conocimiento sobre la problemática que representan las avenidas en Tenerife que quizá no es tan fácilmente trasladable a cifras o listados concretos, pero del que sí que es necesario extraer conclusiones, al menos cualitativas.

Partiendo de este conocimiento, la fase de diagnóstico se ha dedicado, como su propio nombre indica[69], a diferenciar e identificar los problemas planteados por las avenidas en Tenerife a partir del conocimiento anterior, con el fin de orientar la adopción de soluciones en la última fase de elaboración del PDA.

Como se ha indicado en la descripción de la metodología empleada en el estudio, el diagnóstico se ha desarrollado también en dos etapas. La primera se ha dedicado a **generalizar** la información compilada a través de los distintos inventarios que integran el PDA, en la hipótesis de que situaciones que se han dado en el pasado o se han identificado como posibles, a partir de las características del terreno o la infraestructura, pudieran producirse en otros puntos de la isla que no se han observado en el estudio, bien porque éste no ha podido analizar con el detalle suficiente, por falta de cartografía o información, la totalidad del territorio, bien porque nunca se han registrado avenidas que, sin embargo, podrían producirse.

El objetivo de esta generalización es coherente con el método inductivo seguido principalmente en el PDA[70]. En el método deductivo es fácil asegurar que la identificación de riesgos cubre la totalidad de los existentes, puesto que se parte del axioma de que estos riesgos se localizan en su totalidad en las llanuras inundables de los cauces[71], y éstas se analizan en su totalidad, no sólo para las avenidas históricas sino también para las probables aunque no se hayan registrado. En el método inductivo, empleado en el PDA por razones expuestas en apartados anteriores, el territorio objeto de estudio es la totalidad de la isla, los registros de riesgo como las zonas susceptibles se deducen de la observación de la realidad y ésta observación no puede ser completa.

La generalización de toda la información contenida en el inventario de registros de riesgo se ha desarrollado, del mismo modo que la cualificación de cada uno de ellos, a través de la aplicación de cuatro enfoques diferentes, generando como consecuencia, otros tantos diagnósticos **parciales:**

- Teniendo en cuenta **la causa del riesgo**, ya que esta perspectiva permite establecer políticas de actuación diferenciadas para que, en el futuro, no se reproduzcan las acciones u omisiones que han conducido a la situación actual[72]. Además, y de manera secundaria, este enfoque colabora al planteamiento de las medidas destinadas a reducir o eliminar los riesgos inaceptables, que es uno de los objetivos básicos del PDA. En general, estas medidas pueden orientarse a corregir las causas o a suavizar los efectos. La identificación del origen del riesgo permite establecer las primeras[73].
- Teniendo en cuenta el tipo de bien o servicio afectado. Partiendo de esta consideración, podemos desarrollar políticas sectoriales. Por otra parte, este enfoque permite dar a conocer sus riesgos específicos a las distintas entidades públicas o empresas, e incluso a los particulares.
- Considerando la gravedad. Esta tercera perspectiva permite identificar los riesgos inaceptables y priorizar las actuaciones.
- Considerando las medidas necesarias para reducir o eliminar el riesgo. Este enfoque permite, por último, organizar las propuestas de actuación del PDA. dando a conocer, a cada entidad, su cuota de participación en la aplicación de las medidas necesarias.

Una vez establecidas pautas generales sobre el riesgo, válidas para la totalidad del ámbito del Plan y orientadas según las perspectivas anteriores se han hecho extensibles a aquellas zonas susceptibles donde ha podido percibirse la existencia de cierta densidad de registros de riesgo. En otros casos solo cabe generalizar desde aquella perspectiva de la que se dispone de información.

La segunda etapa del diagnóstico, sintetizando el conocimiento desarrollado, es el que finalmente permite establecer unas conclusiones generales.

En este proceso se ha tratado de elaborar un **diagnóstico conceptual**, reflejando los **porqués** de la situación actual, las **pautas de evolución** si no se adoptan medidas, y las **líneas de actuación**. Se ha considerado necesario **justificar** cada una de las medidas o grupos de medidas que se han propuesto en la última fase del Plan como una **respuesta** a una o varias de las descripciones conceptuales aquí incluidas.

V.1. DIAGNÓSTICOS PARCIALES

V.1.1. DIAGNÓSTICO DE LOS REGISTROS DE RIESGO

El desarrollo de los diagnósticos parciales ha partido, fundamentalmente, de la consideración de los 547 registros de riesgo deducidos de la fase de análisis. Sin embargo, ha tenido también en cuenta otros trabajos llevados a cabo en las fases iniciales de desarrollo del PDA y, de manera muy importante, las opiniones e incluso las valoraciones cualitativas derivadas de las numerosas entrevistas realizadas. Se ha tratado de tener en cuenta la **totalidad del conocimiento** alcanzado durante el estudio sobre el fenómeno de las avenidas en Tenerife.

[69] Diagnóstico: Arte o acto de conocer la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas y signos (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española).

[70] Ver apartado II.7. Aunque se ha empleado el método deductivo en algunos aspectos o fases del trabajo, la línea principal de trabajo se ha basado en el inductivo.

[71] Ver “zona anegable” en los conceptos básicos. Es la zona cubierta por las avenidas de 500 años de período de recurrencia.

[72] Como se ha dicho ya, el riesgo de avenidas, al contrario que el generado por otros fenómenos naturales, siempre se deriva de la combinación de una situación natural y una actuación humana. El origen, normalmente se encuentra en esta actuación.

[73] Por ejemplo, si el origen es la ocupación de un cauce por una urbanización, podemos demoler los edificios (eliminar el origen) o construir un desvío (suavizar o eliminar los efectos).

El método de trabajo ha pasado, para cada uno de los enfoques considerados, por las siguientes etapas:

- Valoración de la medida en que la información recogida en los 547 registros representa a la totalidad de los posibles casos en el conjunto de la isla.
- Establecimiento de criterios para extender esta información a este conjunto cuando ha sido necesario.
- Establecimiento de indicadores e inducción de principios y pautas válidas con generalidad.

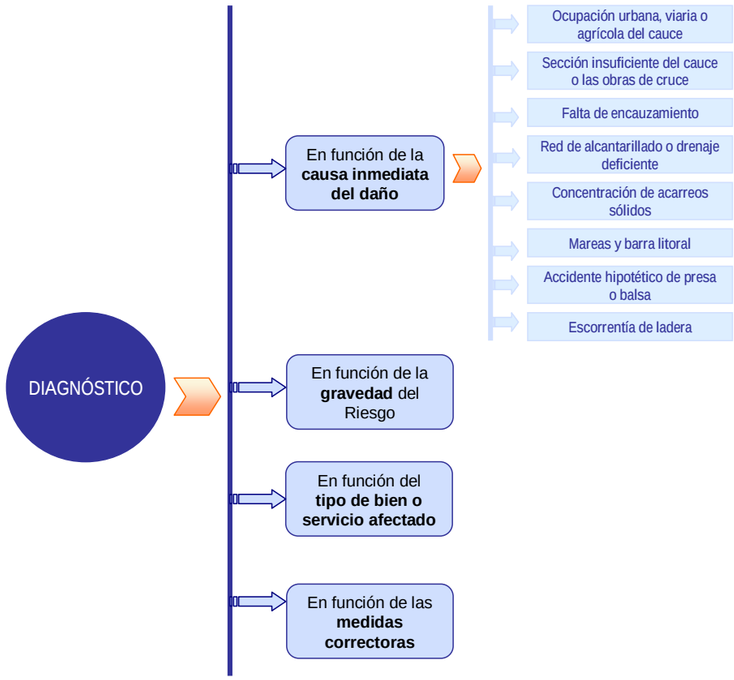


Fig. 30. Diagnósticos parciales

V.1.1.1. Atendiendo a la gravedad del riesgo

La clasificación de los registros de riesgo que se refleja en el apartado IV.5.2 permite observar como el análisis realizado se ha concentrado, en los riesgos de carácter grave o muy grave. En efecto, en estas dos categorías se encuentran 282 de los 547 registros, mientras que los 265 restantes se reparten entre 162 con gravedad moderada y 103 con gravedad escasa. Sin embargo, los procesos de generalización reflejados en el apartado anterior, demuestran que, para algunas de las causas analizadas, puede suponerse que existen riesgos que no se han podido identificar en los estudios realizados. Considerando las causas específicas para las que esto sucede y en función de las descripciones del apartado anterior, se puede afirmar que **estos casos se corresponderán siempre con gravedad moderada o escasa.**

V.1.1.2. Atendiendo a la causa inmediata del daño

El análisis de las conclusiones que siguen sobre cada causa particular debe tener en cuenta que muchos registros comparten varias causas (ver apartado IV.5.3). En efecto, como se ha indicado en el apartado IV, aunque la información original era mucho más abundante, el proceso de agregación por zonas, destinado a dar coherencia a las propuestas de medidas de actuación, ha conducido en un buen número de registros a combinar medidas destinadas a corregir riesgos que se deben a causas diferentes. Algunas de las tablas que se reflejan en los apartados que siguen pueden resultar incoherentes en relación con los totales por filas y por columnas y sobre todo en la comparación de estos totales con el número definitivo de 547 registros por esta causa.

V.1.1.2.1 Riesgos por ocupación urbana, viaria o agrícola del cauce

Dentro de los 547 registros de riesgo derivados de la identificación y análisis, se identifica un total de 311 en que interviene la ocupación total o casi total del cauce, como uno de los orígenes del daño experimentado o potencial. Por lo tanto, resulta evidente que ésta es **una de las causas más frecuentes**, al menos si se atiende exclusivamente a la información recogida en el estudio. El primer indicador en relación con este problema se deduciría del porcentaje anterior. Un 57 % de los registros comparte esta causa.

Por otra parte, para extender esta cifra al resto del territorio, partiendo de que, de acuerdo con los conceptos básicos del PDA[74], la definición de cauce sólo se aplica a los cursos de agua recogidos en el Inventario del CIATF, considerando que este Inventario abarca una longitud total de 5.617 km y habiendo añadido además aquellos casos en que ha habido avenidas en el pasado, aunque no se ubiquen sobre uno de estos cauces, puede concluirse que **no es necesaria esta extensión**.

Por otra parte, para establecer un indicador de la tendencia en relación con esta causa de daños, basta considerar las conclusiones del análisis

[74] Ver conceptos básicos en el capítulo II.3.

territorial, que ha cruzado la zona de policía con el planeamiento urbano. Se han deducido las siguientes cifras:

- En 244,8 km (un 4,4 % del total) de la zona de policía se solapa con zonas urbanas.
- En 223,2 km. (un 4,0 % del total) de la zona de policía se solapa con zonas urbanizables.

Resulta evidente, por tanto, que existe una tendencia clara a un incremento del problema, si no se modifican los criterios en relación con la forma de contemplar las zonas anegables en el planeamiento.

Por último, hay que destacar que de los 311 registros de riesgo en que se ha detectado esta causa, un total de 186, lo que representa un 60 % del total de los que comparten esta causa y un 34 % del total general, se han calificado como graves o muy graves respectivamente. Como consecuencia, se debe identificar esta causa como una de las que requiere una mayor y más urgente atención.

V.1.1.2.2 Riesgos por sección insuficiente del cauce o las obras de cruce

Analizando los registros de riesgo, se comprueba que un total de 202 comparten esta causa y que, de ellos, 132 son graves o muy graves, lo que representa un 65 % de los que comparten esta causa y un 24 % del total general[75]. Cabe afirmar, por tanto que, aunque en segundo lugar, esta causa también **es una de las que requieren una mayor consideración en las propuestas de actuación.**

Por lo que se refiere a la posibilidad de generalizar este diagnóstico a la totalidad del territorio y de establecer pautas y tendencias, sin embargo, dado que los motivos por los que se producen las disminuciones de secciones identificadas, obedecen a una casuística relativamente amplia, se ha considerado necesario tratar independientemente los diferentes casos, en los términos que se reflejan en los apartados que siguen.

A) Obras de drenaje insuficientes en carreteras

La generalización de este problema específico no puede asociarse con el hecho de que se produzca en zonas de la isla que no se hayan considerado en el estudio, ya que éste ha evaluado la totalidad de la red principal. Cabría únicamente indicar que, por evidente imposibilidad práctica de llevar el estudio a la máxima profundidad, no se han tenido en cuenta las obras correspondientes al paso de vaguadas no incluidas en la actualidad en el Inventario de Cauces, pero en estos casos, se trata de cuencas muy pequeñas que difícilmente podrían dar lugar a riesgos importantes.

Por ello, pueden asumirse como suficientemente representativas las cifras obtenidas, que ponen de manifiesto que un 74 % de las obras estudiadas podrían tener una capacidad insuficiente y que, por tanto, **se trata de un problema muy frecuente en relación con los criterios y métodos con los que se diseñaron en su día las obras de drenaje en Tenerife.**

Por último, hay que destacar que las consecuencias de estas insuficiencias de capacidad no sólo se limitan a un aumento del nivel aguas arriba, sino que en bastantes casos conducen a que este nivel alcance el de la vía que cruza. En muchos casos el agua pasa a discurrir por ella en sentido longitudinal, hasta que alcanza un punto en el que se desborda. Como consecuencia, puede generarse un **trasvase que hace inútiles las obras de encauzamiento en el primer cauce y sobrecarga las del segundo[76].**

B) Entubamiento del cauce al atravesar un núcleo urbano con una sección insuficiente

El análisis realizado sobre los casos en que se han entubado los cauces en colectores o encauzamientos cubiertos se ha centrado en los cauces recogidos en el Inventario del CIATF y ha considerado todos los tramos localizados en zonas urbanas. Sin embargo, se han detectado casos de entubamiento relativamente frecuentes de pequeños barrancos, no incluidos en el Inventario que, normalmente, se integran en el alcantarillado o, en algunos casos, se entuban hasta la salida del casco urbano. Si se acepta que estas situaciones deberían sumarse a las que se tratan bajo el epígrafe de insuficiencia del

[75] Como ya se ha aclarado al comentar la asignación de causas del riesgo a los registros de riesgo, muchos de ellos comparten varias causas. Como consecuencia, los porcentajes reseñados para las distintas causas no suman 100. Del mismo modo, sumando los registros para diferentes causas, el total es mayor de 547. En concreto, este total es de 968, es decir, la media de causas para cada registro es de 1,77 (ver apartado IV.5.4.).

[76] Este problema también se ha detectado para otras causas de riesgo dentro de este mismo capítulo.

saneamiento urbano, puede concluirse que el diagnóstico en relación con el conjunto de la isla puede deducirse directamente del análisis de los registros de riesgo.

En general, la inmensa mayoría de los entubamientos analizados presentan un **déficit de capacidad para episodios de períodos de recurrencia de 50 o más años** y, también de manera general, se ha comprobado la aplicación de diseños que **no tienen en cuenta el arrastre de acarreos ni las necesidades de conservación y mantenimiento.**

Por lo que se refiere a las tendencias en relación con esta causa de riesgo, aunque esta práctica de enterrar los cauces a su paso por la ciudad, para ganar espacio urbano, sea cada vez menos habitual, cabe afirmar que la totalidad de los casos existentes identificados o no en el estudio, debería ser objeto de sospecha y requiere, consiguientemente, una comprobación.

C) Estrechamiento del cauce como consecuencia de la existencia de muros, edificaciones, obras de infraestructura u otros obstáculos

Este problema no se limita a la zona urbana sino que incluye muros de explotaciones agrícolas y otras construcciones; y contempla también las obstrucciones parciales por falta de limpieza del cauce, vertidos de escombros, etc... así como por ocupación de las zonas de servidumbre o policía. En consecuencia, puede considerarse como un problema general en la Isla y como tal debe tratarse.

Adicionalmente a la detección de este problema en muchos de los registros de riesgo, también se han observado muchos casos en los que es la vegetación la que provoca la obstrucción. Para la reducción de este factor de riesgo presente en muchos cauces, es esencial la participación activa de todos los agentes implicados, desde las administraciones con competencia en materia medioambiental hasta la colaboración ciudadana y otras acciones de voluntariado.

Aunque los medios propios del CIATF para la vigilancia de los cauces son similares a los de algunas cuencas peninsulares, probablemente sea la densidad de población insular la que determine la necesidad de un aumento en estos medios. De hecho, comparando el número de vigilantes por kilómetro en Tenerife y, por ejemplo, en la cuenca del Tajo, resultan cifras similares, de 800 y 1000 kilómetros de cauce por vigilante respectivamente. Sin embargo, llevando estas mismas cifras a su relación con la población, y una vez eliminadas las áreas metropolitanas de Santa Cruz y Madrid, respectivamente, por la evidente distorsión que introducen, pasan a ser de 66.000 habitantes[77] por vigilante en Tenerife y 18.000 habitantes por vigilante en el Tajo. Hay que añadir a estas cifras la labor del SEPRONA (Servicio de Protección de la Naturaleza) de la Guardia Civil que, en las cuencas peninsulares, está generando en torno a un 40% de las denuncias presentadas. En síntesis, se detecta una importante **insuficiencia de medios en las labores de vigilancia y mantenimiento de cauces.**

V.1.1.2.3 Riesgos por falta de encauzamiento

Del análisis de los registros de riesgo se desprende que 58 registros de riesgo comparten esta causa del daño, por lo que no es un grupo muy numeroso, solo representa un 11% del total. Aunque se han clasificado como muy graves o graves en 40 casos, lo que significa el 69% de registros que tienen entre sus causas de riesgo la falta de encauzamiento, tan solo suponen el 7,3% sobre el total de registros de riesgo.

De lo anterior se desprende que la desaparición completa de tramos de cauce debido al desarrollo de las tramas urbanas, es una causa que puede encuadrarse dentro de una **segunda clase en cuanto a su importancia** si se tiene exclusivamente en cuenta esta información.

V.1.1.2.4 Riesgos por insuficiencia de la red de alcantarillado o drenaje

De los 547 registros de riesgo deducidos de la fase final del análisis, un total de 152, es decir, un 27,8 %, comparten esta causa y 62 de ellos, o sea un 40,8 %, tienen carácter grave o muy grave representando, a su vez, un 11% del total de registros. A partir de las cifras del análisis se puede deducir que esta causa **comparte clase en cuanto a importancia con la anterior**.

Por otra parte, el análisis de los casos en los que los riesgos registrados se deben a un saneamiento insuficiente, de los que se han excluido aquellos en que el problema es el entubamiento de un cauce, que se tratan más arriba, ha puesto de manifiesto que el problema de que la falta de saneamiento derive hacia un riesgo para las personas o las cosas se debe, en Tenerife, a la combinación de este defecto potencial con las fuertes pendientes que tiene, inevitablemente, el trazado urbano.

[77] No se ha tenido en cuenta la población estacional en ninguno de los dos casos. Es evidente que, una vez extraída las áreas metropolitanas, la importancia de esta población en Tenerife es mucho mayor que en la cuenca del Tajo.

En efecto, el saneamiento de una ciudad, tanto si es separativo como si es unitario, **raramente se dimensiona para períodos de recurrencia superiores a 10 años** con lo cual, cuando la lluvia es mayor, se acepta que se produzca la inundación de las zonas bajas. En Tenerife, sin embargo, cuando se produce esta lluvia, las calles se convierten en **ríos artificiales** en los que el agua circula generalmente con poco calado pero a una **gran velocidad**, como demuestran muchas de las imágenes tomadas durante los sucesos de marzo de 2002.

Fig. 31. Ejemplo de la velocidad que alcanza el agua en la zona urbana

Por lo que se refiere a la generalización del diagnóstico, resulta evidente la imposibilidad de analizar la totalidad de las redes de la isla dentro del PDA. Por ello, se ha tratado de establecer un indicador sencillo, que permita evaluar el riesgo asociado a esta causa, generalizándolo para el conjunto de la isla. Se ha partido de la curva que se refleja en la figura adjunta, que indica las combinaciones de calado y velocidad del agua que entrañan peligro para las personas.

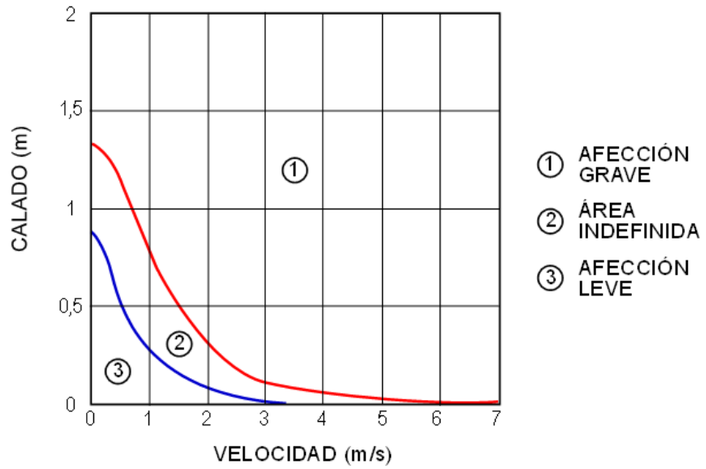


Fig. 32. Riesgo para vidas humanas en función de la combinación del calado y la velocidad
Fuente: FEMA (Federal Emergency Management Agency). USA

Calculando para cada pareja de valores calado/velocidad, se ha estimado la pendiente correspondiente en zona urbana a esta combinación, y el caudal que representa por metro lineal de calle en sentido transversal. Teniendo en cuenta este caudal, se ha calculado el área drenante que sería necesaria para producirlo para una intensidad de lluvia de 120 mm/h (equivalente a la registrada durante una hora el 31 de marzo de 2002 en Santa Cruz de Tenerife). Con este índice, es posible elaborar un gráfico como el de la figura adjunta, donde se indica el área drenante peligrosa para las personas por metro transversal de calle en un episodio de esta envergadura[78].

La curva siguiente relaciona esta área con la pendiente de la calzada. Por ejemplo, para una pendiente del 10% se genera una situación de peligro a partir de un área drenante de 3.400 m^2 por metro transversal de calle, mientras que si la pendiente es del 1 % tendría que superar los 6.300 m^2.

[78] Dado un punto concreto del mapa de la isla, se localizaría en el gráfico, el área drenante peligrosa por metro lineal transversal de calle. Multiplicando este valor por la anchura de la calzada se obtiene la superficie de cuenca o área drenante urbana a partir de la cual existe efectivamente peligro para las personas.

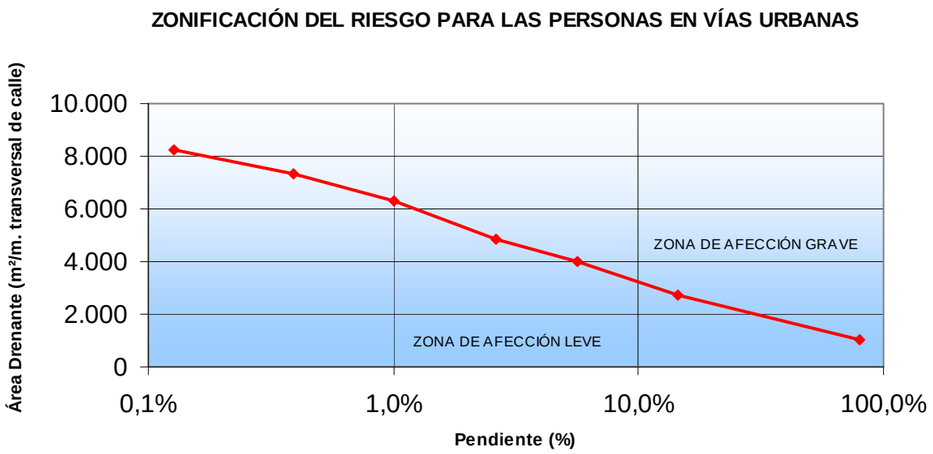


Fig. 33. Zonificación del riesgo para las personas en vías urbanas
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del FEMA (U.S.A.)

Esta relación (área drenante-pendiente) refleja que **una parte importante de las zonas urbanas de Tenerife tienen pendientes que generan riesgo para las personas para superficies aportadoras muy pequeñas. Por tanto, el diseño de las redes de saneamiento e incluso el de las calles debería tener en cuenta esta consideración**.

Acerca del problema del saneamiento se han detectado también en el análisis de campo otros dos problemas adicionales:

- El desplazamiento de las tapas de pozos cuando los colectores entran en carga, con el peligro que ello supone para las personas que pueden caer en ellos y ser arrastradas. También este problema es general.

- La insuficiencia de los imbornales induce que el agua, que circula por la calle a gran velocidad a causa de la pendiente, no entre en el colector.

V.1.1.2.5 Riesgos por concentración de acarreos sólidos

Se han identificado un total de 192 registros de riesgo que comparten esta causa de riesgo, representando un 35% del total. De ellos, un total de 96, un 50% (el 17,6% del total) plantean riesgos graves o muy graves. Dado que es una causa que afecta a más de una tercera parte de los riesgos inventariados y de forma grave o muy grave a más de la mitad, cabe inferir que esta causa pertenece claramente a una **primera clase en cuanto a su importancia**, junto con los riesgos debidos a la ocupación urbana, viaria o agrícola del cauce o por secciones insuficientes del cauce o las obras de cruce.

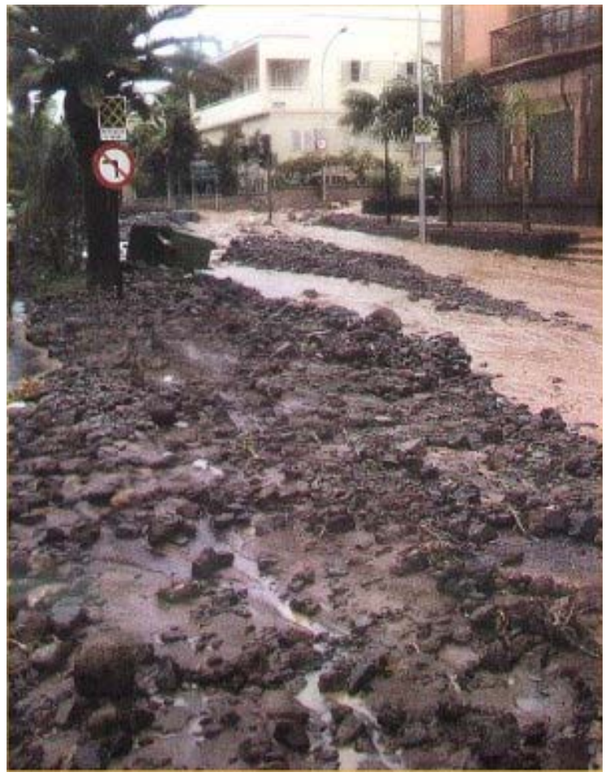


Fig. 34. Fotografía de acarreos de la riada del 31 de marzo de 2002

Un problema especialmente importante es el **depósito de estos acarreos en las obras de cruce** del viario con los cauces, reduciendo la capacidad de las mismas. A estos efectos, además de adoptar en los cálculos **mayores coeficientes de** arrastres **sólidos**, se hacen necesarios **diseños que retengan estos sólidos en vasos controlados y de fácil acceso para su retirada**. La generalización de este problema y las medidas paliativas anteriores deben extenderse a la **totalidad de la Isla**.

V.1.1.2.6 Riesgos por mareas y barra litoral

Se ha identificado esta causa tan sólo en 3 registros de riesgo, un 0,6% del total. Por ello, no puede considerarse un problema general y, por tanto, pasaría a formar parte de la tercera de las clases en las que se ha dividido las causas de riesgo; sin embargo, todos los registros detectados son graves o muy graves. Por tanto, **teniendo en cuenta las situaciones de riesgo que generan, habrán de tomarse en consideración en todas las actuaciones que se desarrollen en las desembocaduras de los cauces en el mar**.

V.1.1.2.7 Riesgos asociados a embalses, balsas y depósitos

La Directriz Básica de Protección Civil frente a Inundaciones exige que se lleve a cabo la clasificación de las presas y se redacten planes de emergencia para las que pertenecen a las categorías A o B, cuya rotura potencial puede generar daños importantes aguas abajo.

En Tenerife, la mayoría de estas obras no se llenan con aguas de escorrentía ni están especialmente expuestas a ellas, por lo que no procede considerar su rotura como un factor de riesgo. **En el PDA sólo se consideran aquellas situadas en los cauces y expuestas directamente a las avenidas.**

V.1.1.2.8 Riesgos por escorrentía de ladera

Esta es una de las causas inmediatas en las que la necesidad de generalización resulta más evidente. En efecto, con independencia de que se han identificado 42 registros, es decir, un 7,7% del total, en los que ésta es una de las causas del riesgo, cabe afirmar que puede presentarse prácticamente en cualquier punto de la isla situado aguas abajo de una ladera. La generalización del diagnóstico al conjunto de la isla se ha llevado a cabo a través de un procedimiento análogo al descrito en relación con el saneamiento urbano. En este caso, se han adoptado en el cálculo hidráulico unos coeficientes representativos del terreno natural para obtener el siguiente gráfico, donde se indica el área drenante que genera riesgos para un punto cualquiera del territorio.

Del resultado de este gráfico se deduce que la aparición de daños por este motivo **es posible en cualquier urbanización que se ubique en una ladera** y que todas deberían analizarse en este sentido, previendo la necesidad de construir **cunetas o canales de protección** que permitan derivar la escorrentía hacia un cauce o hacia la red de saneamiento de pluviales, siempre que ésta tenga la capacidad suficiente. En principio, la abundancia de esta problemática en Tenerife, debería interpretarse como una **mala práctica sistemática en el diseño urbano** en terrenos de fuerte pendiente, más que como un problema de riesgo de avenidas.

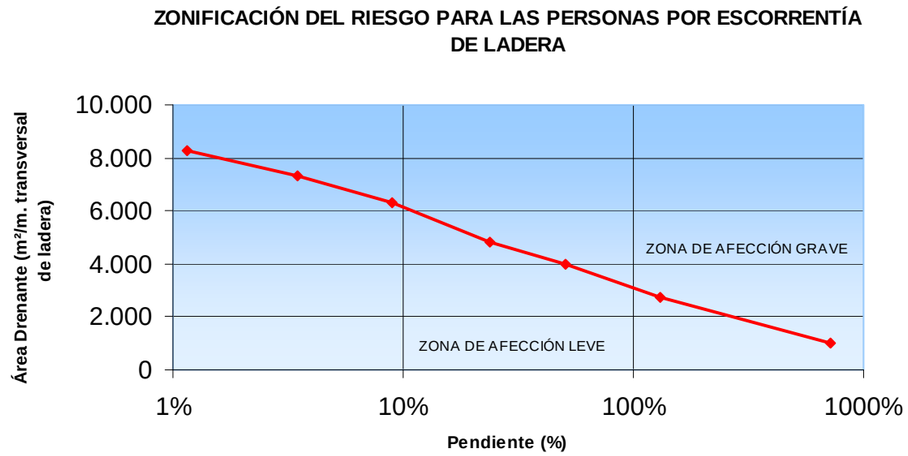


Fig. 35. Zonificación del riesgo para las personas por escorrentía de ladera
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del FEMA (U.S.A.)

V.1.1.3. Atendiendo al tipo de bien o servicio afectado

A la hora de considerar los registros de riesgo en relación con el tipo de bien o servicio afectado, se han tenido en cuenta las seis grandes categorías en las que se han clasificado los distintos elementos territoriales en riesgo, según las características y las cualidades que los definen.

La identificación de los bienes y servicios especialmente sensibles, que se reflejó en el apartado IV.5.4., partía de la consideración de que el bien o servicio que constituía la principal afección (en función de su gravedad) no era el único. Como consecuencia de ello se elaboraron sendas listas clasificatorias (cuadros 9 y 10) y cuyos resultados, agrupados por la categoría de bien o servicio afectado, se presentan en el siguiente cuadro resumen.

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	COMO BIEN PRINCIPAL					AFECCIONES TOTALES				
	MG	G	M	E	TOTAL	MG	G	M	E	TOTAL
Afección a viviendas	30	164	85	49	328	31	177	105	64	377
Equipamientos y servicios	1	4	23	9	37	1	6	46	12	65
Servicios Esenciales en Emergencia	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5
Instalaciones industriales	0	9	8	3	20	0	10	11	6	27
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	9	65	45	40	159	10	132	101	235	478
Terreno no urbanizados	0	0	1	2	3	0	0	1	4	5
TOTAL	40	242	162	103	547	42	325	269	321	957

Cuadro 14. Afecciones según el tipo de bien o servicio afectado agregadas por categorías

De lo anterior puede extraerse que el tipo de bien más afectado son las viviendas, que aparecen como bien principal afectado en 328 de los 547 registros de riesgo y, en segundo lugar, las vías de comunicación, que aparecen como daño principal en 159 registros. Entre estos dos tipos de bienes se concentran 487 de los 547 registros, es decir, un 89% del total. Si se consideran además los servicios, que aparecen como daño principal en 37 de los 547 registros de riesgo, la cifra asciende a 524, lo que supone el 95,8% del total.

Las cifras sobre el total de bienes afectados son también significativas pues, por ejemplo, permiten valorar la medida en que las riadas afectan potencialmente a los servicios de especial importancia (como los sanitarios, los asociados con el suministro eléctrico, los de transporte por las vías principales, etc...). Para evaluar la posible afección, se ha tomado como criterio general el que algunas de las instalaciones que dan soporte a estos servicios se encuentren ubicadas en zonas de riesgo.

Por otra parte, para generalizar esta información sobre daños a los bienes, se ha acudido a las cifras de las indemnizaciones por daños catastróficos del Consorcio Nacional de Compensación de Seguros en relación con riesgos extraordinarios. A partir de estas cifras, que se reflejan con mayor detalle en el apartado III.2.4, se observa que entre el año 1991 y el 2003 la indemnización media por habitante y año es de 5,27 euros[79], más del doble de la media nacional[80] (2,22 €/hab/año). Si atendemos a las indemnizaciones por año y km^2, la cifra de Tenerife alcanza los 2.007 €, esto **supone más de diez veces el valor medio nacional** (189 €).

En términos de diagnóstico global sobre la importancia de los daños, por tanto, resulta evidente que la Isla es un territorio en el que **las avenidas representan un riesgo económico muy importante en términos comparativos con otras regiones españolas.** Asimismo, la comparativa de los parámetros indicadores considerados muestra unos valores superiores a cualquier territorio nacional.

Asimismo, del análisis de los datos del Consorcio Nacional de Seguros para la isla de Tenerife, se extrae que el daño medio anual de los últimos doce años asciende a 4.549.250 Euros. Un indicador que puede deducirse de estas cifras es el que se deriva de la **rentabilidad de las posibles inversiones en la materia**. En el supuesto, bastante conservador, de que las inversiones pudieran reducir los daños anuales medios a la mitad y capitalizando a una tasa del 4% anual, estaría justificada **una inversión de 49 millones de euros para una duración de 50 años** y de 56 millones para 100 años. Resulta evidente que el cálculo es conservador, puesto que los datos del Consorcio no contabilizan los bienes que no cuentan con pólizas de seguros, los costes a cargo de las Entidades Públicas, los asociados a interrupciones de servicio, etc.[81].

V.1.1.4. Atendiendo a las medidas correctoras

La asignación de la competencia para aplicar las medidas previstas en el Plan es, sin duda, una materia que **debe establecerse durante el proceso de debate del mismo**.

No obstante, en función de los tipos de medidas que se han considerado y que abarcan un ámbito muy extenso, es posible desarrollar una preasignación que pueda servir como base de partida de este proceso. En el Documento nº4: Programas de Actuación, se asignó al menos una entidad competente a cada una de las medidas propuestas, para que éstas puedan materializarse y dar solución a los problemas detectados.

Debido al elevado número de registros de riesgo constados y a la magnitud de las cifras que se han podido estimar, resulta prácticamente imposible abordar la totalidad de las medidas propuestas, al menos a corto plazo, ni siquiera para cubrir los registros calificados como muy graves. De acuerdo

[79] No se dispone de cifras de población realmente sometida a riesgo, ya que el problema se extiende al conjunto de la isla y no se concentra en determinadas zonas. Con todo, es evidente que de poderse calcular, resultarían mucho mayores.

[80] Datos extraídos de la publicación de diciembre de 2004 del Consorcio de Compensación de Seguros: Estadística Riesgos Extraordinarios (Serie 1971-2003).

[81] El régimen particular del Consorcio, que no asocia la prima con el riesgo (ver apartado III.2.4) invalida este esquema de razonamiento ya que la materialización de esta inversión potencial no redundaría en una disminución de estas primas. Con todo, las cifras ofrecen un indicador cualitativo de interés para el diagnóstico e incluso para la posterior adopción de decisiones.

con esta limitación, se adoptó el criterio de asignar medidas estructurales solo para aquellos registros de riesgo calificados como graves o muy graves, comprobando además en tales casos que su ubicación resultara compatible con las determinaciones que se establecen en las distintas figuras de protección medioambiental.

Por lo tanto, se hace imprescindible el **desarrollo de programas concertados con distintas entidades** con el fin de plantear la sistemática mejor para el desarrollo paulatino de estas inversiones a lo largo del tiempo o de estudios de detalle que permitan su optimización descendiendo a cada una de las situaciones particulares.

Con independencia de esta necesidad, y con el fin de clasificar las medidas propuestas y desde el punto de vista de su prioridad y su rentabilidad, en términos de reducción del riesgo, el diagnóstico sobre las causas inmediatas de riesgo ha puesto claramente de manifiesto que las más urgentes, que además se asocian con las medidas correctoras más importantes económicamente, se derivan de la ocupación, estrechamiento o insuficiencia de los cauces u obras de paso y de la ausencia de encauzamiento, así como de los problemas debidos al arrastre y concentración de acarreos sólidos.

Por otro lado, es evidente que **las medidas más urgentes son las que eviten que en el futuro se cometan los mismos errores**. En esencia, estas medidas son las que se corresponden con la elaboración de una normativa precisa, en forma de normas y recomendaciones, con la puesta a punto de los **medios que garanticen su cumplimiento**, y con el desarrollo de un consenso entre todos los agentes implicados que **garantice su participación en este cumplimiento**.

Con independencia del cumplimiento de la normativa, un segundo grupo de medidas son las destinadas a **mejorar al máximo la gestión de las emergencias**. Aunque no sea posible evaluar económicamente su eficacia, toda la experiencia mundial en la materia las clasifica como **prioritarias**. En esencia, este tipo de medidas se agrupan en las siguientes:

- Sistemas de alerta temprana. Estos sistemas están destinados a identificar el riesgo con la máxima antelación posible.

- Organización de la gestión de la emergencia. A su vez, destinados a difundir las instrucciones adecuadas a la población así como a diferentes entidades una vez identificado el riesgo y asegurarse de que, a través de planes de emergencia, tanto la primera como los segundos actúan coordinadamente y con la máxima eficacia.

- Información a la población. Que tiene el objetivo de optimizar el comportamiento de ésta, tanto durante la emergencia como con anterioridad a la misma, evitando comportamientos o actuaciones que incrementen el riesgo, con carácter previo, o el daño, durante la emergencia.

V.1.2. DIAGNÓSTICO DE LAS ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO

Del mismo modo que se hizo para los diagnósticos parciales de los registros de riesgo, se ha tomado en consideración las zonas susceptibles que se obtuvieron en la fase de análisis. Entre los distintos criterios que se plantearon inicialmente, la definición de dichas zonas se realizó a partir de la densidad de registros de riesgos percibidos en sus respectivos ámbitos, exclusivamente, por lo cabe aplicar también el método de trabajo anterior basado en los cuatro enfoques considerados para el diagnóstico.

Se llegaron a contabilizar 48 zonas susceptibles, alcanzándose valores medios de cinco registros de riesgo por zona y valores máximos que en algún caso supera la veintena. En total se llegaron a incluir en estas zonas hasta 264 registros de riesgo, casi la mitad de los que forman parte del inventario, por lo que el diagnóstico que puede extraerse de una muestra tan amplia es muy similar al obtenido para toda la población de registros.

En cuanto a la gravedad de los riesgos, el 55% de los registros incluidos en zonas susceptibles tienen carácter grave o muy grave, pues existen dentro del conjunto considerado un total de 147 registros de riesgo así clasificados.

Atendiendo al enfoque relativo a las causas inmediatas del daño predominantes en las zonas inventariadas, se observa una coincidencia de las dos causas más frecuentes que se apuntaban en el diagnóstico de los registros de riesgo. Por un lado, las debidas a la ocupación urbana, viaria o agrícola del cauce y, por otro, las relacionadas con la sección insuficiente del cauce o de las obras de cruce, correspondiendo a cada una 162 y 102 casos, respectivamente, sobre el total de 480 concausas identificadas y que supone un 56% sobre el conjunto de las causas del daño consideradas en el diagnóstico.

Asimismo, dada la localización urbana de tales de zonas, lógicamente resulta significativa la presencia de un elevado número de registros de riesgo que tiene como causa principal los daños derivados de redes de alcantarillado o de drenaje deficiente, habiéndose identificado un total de 93 casos, lo que representa un 19% del conjunto.

Desde la perspectiva de los tipos de bienes afectados y particularizando en los identificados como bien principal, también cabe destacar la coincidencia en el elevado número de registros en zonas susceptibles con afecciones a viviendas y residencial colectivo, alcanzando un total de 182 registros y una cuota relativa del 69%.

Por otra parte, en lo referente a las medidas correctoras, existe una evidente necesidad de abordar soluciones comunes que minimicen los riesgos en dichas zonas, previa definición de las actuaciones oportunas en los estudios técnicos correspondientes para analizar, con el debido detalle el comportamiento hidráulico de determinados tramos de barranco o bien el drenaje de cuencas urbanas con algún tipo de deficiencia. A través de estos trabajos podrá alcanzarse un mayor conocimiento de cada problema, lo que permitirá una mayor aproximación a las medidas más adecuadas en aquellos casos donde no se hayan podido definir a la escala de este plan. Prueba de ello es la existencia de hasta 82 registros de riesgo, equivalente al 31% de total de registros incluidos en zonas susceptibles, que aunque carecen de medidas correctoras particulares tienen asignada, como medida general, la realización de un estudio técnico asociado a dicho ámbito.

V.2. DIAGNÓSTICO GENERAL

Partiendo de los diagnósticos parciales desarrollados en los apartados anteriores se plantea en éste un conjunto de **conclusiones de carácter general**, a partir de las cuales se han podido plantear las actuaciones que se proponen como resultados del trabajo realizado en el desarrollo del PDA. Para la solución de los problemas que plantean las avenidas en Tenerife y para evitar que estos problemas aumenten en el futuro, se ha tratado de asociar cada una de estas conclusiones con los diferentes tipos o clases de actuaciones, en los términos que se reflejan más adelante. Las conclusiones de este diagnóstico general son las siguientes:

A) **Las avenidas en Tenerife constituyen un problema importante desde el punto de vista de su repercusión socioeconómica, claramente por encima de la media nacional.** Como demuestran las cifras reseñadas en el PDA, Tenerife es uno de los territorios españoles en el que la incidencia de los daños provocados por las avenidas tiene una mayor importancia. Por tanto, es evidente que también ha de ser mayor el esfuerzo para paliarlos.

B) **Existe un número muy importante de situaciones en las que se ha detectado un riesgo grave o muy grave de daños por inundación que es necesario corregir.** A pesar de que los presupuestos necesarios sean de un orden de magnitud que probablemente supera las disponibilidades financieras, a través de la colaboración de todas las Entidades Públicas y empresas y dentro de un planteamiento a largo plazo que permita ir adecuando la actuación a los fondos disponibles en cada momento, se debe emprender la tarea sistemática de eliminar estos riesgos o reducirlos a niveles aceptables.

C) **El origen principal de la situación actual se deriva, en primer término, de las características específicas del territorio, fundamentalmente de la pendiente y del comportamiento hidrológico**. La pendiente conduce a que el agua circule a una gran velocidad, tanto por los cauces como por las laderas, con lo cual se incrementa el riesgo y se generaliza a la práctica totalidad del territorio. Por otra parte, el comportamiento hidrológico conduce a que sea muy sencillo olvidar el peligro en la actuación antrópica, invadiendo el territorio ocupado por las aguas durante las crecidas, como consecuencia de que los cauces permanecen secos durante la práctica totalidad del tiempo.

D) **La tendencia futura, será de un empeoramiento del problema, incrementando el riesgo potencial**, si no se asumen de forma generalizada las medidas correctoras.

E) Las causas principales de los riesgos más importantes, tanto en los cauces como en el resto del territorio, se deben al **incumplimiento de la** actual **normativa** así como la falta de una normativa más específica, además la insuficiencia de medios de vigilancia y de penalización de este incumplimiento. Una vez analizadas las causas inmediatas del riesgo, se ha comprobado que:

1) En relación con la **falta de normativa**:

- Los criterios de cálculo que se emplearon para la estimación de capacidades necesarias para las obras de drenaje o los entubamientos de cauces en cruces de zona urbana dieron resultados inferiores a los recomendables. En los últimos años se han elaborado criterios metodológicos generales para elaborar los estudios necesarios.
- Las redes de saneamiento se limitan a resolver los problemas planteados por las lluvias más frecuentes y el diseño urbano olvida sistemáticamente los generados por las de mayor intensidad. Se aplican normas de carácter nacional que no consideran específicamente las necesidades de la isla en la materia.
- Los detalles de estas redes asociados con la captación de las aguas pluviales son inadecuados para las pendientes normales en Tenerife.
- El diseño de los elementos de protección de la urbanización o las viviendas olvida sistemáticamente la necesidad de cunetas de guarda cuando éstas se ubican en laderas.
- Los trabajos asociados con el planeamiento urbanístico generalmente no cuentan con estudios específicos de inundabilidad que aseguren el respeto de las zonas anegables o su ordenación especial en función de la extensión de éstas. No es obligatoria la realización de estos estudios[82].
- La ubicación de algunas instalaciones esenciales no ha tenido en cuenta la inundabilidad de los emplazamientos en muchos casos. Tampoco esta consideración es obligatoria.

2) En relación con el **incumplimiento de la normativa** existente:

- Se han detectado muchos casos en que las zonas urbanas o urbanizables se superponen con la zona de policía prevista por la legislación vigente.
- Las frecuentes invasiones, no solo de la zona de policía, sino del propio cauce, demuestran también este incumplimiento.

3) En relación con la **insuficiencia de medios para la vigilancia** y la sanción de los incumplimientos:

- La disponibilidad de medios de policía de cauces es claramente inferior a los valores característicos en otras cuencas hidrográficas del Estado.
- Se han detectado muchos casos en los que resulta evidente la necesidad de labores de limpieza y mantenimiento.
- La persistencia de los problemas de invasión en zonas de policía e incluso de los cauces denota una insuficiencia de las sanciones.

F) **No se han emprendido aún las acciones destinadas a mejorar la gestión de las emergencias**. A pesar de que la experiencia actual demuestra que estas actuaciones

[82] Existen territorios dentro de España en los que sí son obligatorios estos estudios específicos.

deberían ser las prioritarias en la defensa contra las avenidas, aún no se han desarrollado resultados en este sentido:

- No existe un Plan de Emergencia frente a avenidas, ni para el conjunto de la isla, ni a nivel municipal.
- No existe un sistema de alerta temprana, basándose ésta exclusivamente en las predicciones del Instituto Nacional de Meteorología.
- No se ha sistematizado la información a la población que permita a ésta evaluar su exposición al riesgo, en primer término, y conocer las instrucciones a seguir en caso de emergencia, en segundo lugar.

G) Por lo que se refiere a la **eliminación o reducción de los riesgos** ya existentes, por **orden de importancia** y a efectos de priorizar las actuaciones materiales destinadas a ello, se debe atender a la gravedad de los daños asociados con éste y a las causas inmediatas, dando prioridad a todas las actuaciones destinadas a eliminar las ocupaciones detectadas y los estrechamientos y disminuciones de capacidad.

H) **No todos los riesgos actuales pueden eliminarse** en su totalidad, dentro de un mínimo de racionalidad técnico-económica. Además, de ello, en algunos casos la amplitud de la zona de riesgo o la complejidad de la problemática planteada exige la realización de un estudio previo.

En efecto, en algunos casos, esta eliminación conllevaría unas necesidades de inversión absolutamente desproporcionadas y, en otros, la demolición y reubicación de viviendas o instalaciones existentes, también con un presupuesto claramente inalcanzable.

I) Es imprescindible la **colaboración sistemática de las entidades públicas y privadas, así como del conjunto de la población**. Es también esencial la colaboración de las autoridades de Protección Civil y de Ordenación del Territorio, los ayuntamientos y de las entidades encargadas de la construcción y explotación de infraestructuras del transporte o de la prestación de servicios esenciales.

VI. ACTUALIZACIÓN DE INVENTARIO

VI.1 INVENTARIO DE REGISTROS DE RIESGO

VI.2 INVENTARIO DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO

VI.3 INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS O ESTRATÉGICAS

Para la elaboración del Plan se ha seguido un proceso mixto basado en el método deductivo e inductivo, tal como se expuso en el capítulo relativo al planteamiento metodológico, que se ha materializado en la documentación generada a través de cuatro bloques principales: información básica, análisis, diagnóstico y desarrollo del PDA.

Previo al tratamiento de toda la información disponible, para su posterior análisis y aplicación de la metodología propuesta, hubo que realizar una labor de recopilación y elaboración que se completó con el diseño del modelo de datos para su organización y gestión de dicha información, así como el desarrollo de la aplicación correspondiente. Ello ha permitido realizar, entre otras tareas, la carga de información inicial y, en lo que respecta a esta fase del trabajo, la actualización de los inventarios correspondientes a los registros de riesgos, las zonas susceptibles de riesgo hidráulico, así como las infraestructuras básicas e instalaciones esenciales.

VI.1. INVENTARIO DE REGISTROS DE RIESGO

Ahora se plantea la necesidad de actualizar el inventario de riesgos dado que ha podido constatarse la existencia de riesgos potenciales no registrados. Por otra parte, se ha tenido además un conocimiento reciente de afecciones a diversos bienes, infraestructuras e instalaciones producidas por fenómenos hidrológicos asociados a eventos meteorológicos recientes.

El inventario de registros de riesgos constatados que se incorporó al documento de fecha de noviembre de 2007, que se tramitó para la aprobación inicial del PDA, contenía un total de 547 registros. El conjunto de elementos inventariados conformaba una base suficientemente amplia y representativa para realizar el diagnóstico del riesgo hidráulico en la Isla – que se halla contenido en el capítulo V -, por lo que esta actualización no implica ninguna variación significativa en cuanto al análisis y conclusiones que se derivaron de su diagnóstico.

Durante el tiempo transcurrido entre la publicación del inventario anterior y esta actualización se han acometido diversas medidas correctoras para reducir la gravedad del riesgo en determinados emplazamientos. Teniendo en cuenta esta circunstancia, se le ha atribuido a cada registro una nueva característica, ya que pueden encontrarse en alguno de los siguientes estadíos: vigente, con intervención de mejora o descatalogado.

Como se ha comentado anteriormente, con esta actualización se han dado de alta nuevos registros, los cuales se han podido identificar a partir de tres fuentes principales de información:

Revisión ordinaria: Es la que ha venido efectuándose por el CIATF en el ejercicio de sus funciones, entre ellas, la gestión y control del dominio público hidráulico, así como el control de la ejecución del planeamiento hidrológico. El seguimiento realizado ha constituido una fuente de información para la actualización y revisión de la relación de registros que componen el Inventario.

Nuevos eventos meteorológicos: En los últimos años se han padecido los efectos de algunas borrascas que han descargado lluvias Intensas y que han generado daños importantes, por lo que resultaba imprescindible su toma en consideración a los efectos de actualización del inventario de riesgos[83]. Desde el punto de vista pluviométrico se deben significar las tormentas más recientes de 16-nov-2009 y de 1-feb- 2010.

Dado el carácter extraordinario de dichos fenómenos meteorológicos y su considerable impacto sobre determinadas zonas de la Isla[84], ha sido preciso ejecutar una serie de obras de emergencia para su corrección, tanto a nivel de medidas de choque como definitivas, por lo que se instituyeron como fuente de información diferenciada.

Proceso de Participación pública: La Junta General del CIATF, en sesión de 20 de abril de 2010, acordó entre otros particulares, aprobar inicialmente el documento de Plan de Defensa frente a Avenidas (Noviembre de 2007) y someterlo a información pública y a consulta de las Administraciones Públicas y de otras entidades afectadas por razón de la materia o del territorio. Como resultado de esta fase de tramitación del Plan, previo análisis de las aportaciones recibidas, se ha valorado la necesidad de incluir en el Inventario nuevos registros, una vez que se ha constatado la existencia de riesgos potenciales que no había sido posible identificar a través de otras fuentes.

Como resultado de la labor de actualización realizada se han añadido 34 nuevos registros al Inventario (Anejo nº 1) por lo que, actualmente, el número de elementos que compone el inventario de riesgos es de 581. Según su estado actual, cabe distinguir entre:

- Registros de riesgo vigentes (552)
- Registros de riesgo vigentes pero sometido algún tipo de intervención de mejora (8)
- Registros de riesgo descatalogados (21)

Por tanto, las actuaciones acometidas durante los últimos años para minimizar el riesgo han permitido descatalogar 21 registros del Inventario, además de identificar a otros 8 registros que han sido objeto de una primera fase de intervención de mejora, pero aún pendientes de la ejecución de otras actuaciones complementarias para poder proceder a su descatalogación. En su conjunto, dichas actuaciones han supuesto una inversión total de unos 24 M€.

[83] La serie de datos históricos de avenidas que se incorporó en la información básica de carácter hidrológico generada para el PDA (noviembre de 2007), recogía todos los eventos extraordinarios acaecidos en la Isla hasta la tormenta del 31 de marzo de 2002.

[84] El valle de la Orotava y área metropolitana capitalina resultaron especialmente afectadas, respectivamente, por las tormentas registradas en noviembre de 2009 y febrero de 2010.

La información sobre las medidas acometidas se recoge en una nueva ficha – página d) - que se incorpora a la documentación individualizada de cada registro, como se muestra en la imagen que se adjunta a continuación.

RIESGOS HIDRÁULICOS

Registro de Riesgo: 1284

d) Medidas acometidas

MEDIDAS ACOMETIDAS

Descripción	Fecha	Entidad	Financ (%)	Importe (€)
Cambio de canalizaciones de servicios: colocación de reja para captación de escorrentías, instalación de colectores de pluviales y red separativa en la vía de la margen derecha del barranco.	22/12/2009	Ayto S/C de Tenerife	50,00	
		CIATFE	50,00	159.902,01
Revestimiento del cauce (PKK0+155 a 0+500) mediante ejecución de solera de hormigón, provista de rastrillos longitudinales en ambas márgenes y transversales, incluido desnivel al final del tramo encauzado. Construcción de muros de hormigón como sostenimiento de los de piedra en el tramo del nuevo puente. Retirada de pasarela peatonal.	22/12/2009	Ayto S/C de Tenerife	50,00	
		CIATFE	50,00	1.067.011,63
Colocación de un colector de saneamiento diámetro con sus correspondientes pozos de registro por la vía de la margen derecha del barranco (tramo puente Serrador- plaza de Europa) hasta su conexión con el ovoide existente	16/12/2009	Ayto S/C de Tenerife	50,00	
		CIATFE	50,00	167.870,94
			TOTAL:	**1.394.784,58 €**

ESTADO EN CATÁLOGO

Vigente (con intervención de mejora)

1d

Fig. 36. Ficha de registros de riesgo: Medidas Acometidas

VI.2. INVENTARIO DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO HIDRÁULICO

Las últimas lluvias torrenciales del 1 de febrero de 2010 pusieron de manifiesto la existencia de un nuevo ámbito susceptible de riesgo hidráulico que no había sido incluido en el inventario correspondiente, pues no se tenía ninguna constancia documental previa sobre insuficiencias de drenaje que, como consecuencia de dichas precipitaciones, provocaron ciertas afecciones a determinados bienes y servicios.

A tales efectos se ha considerado la conveniencia de definir un nuevo ámbito en el entorno del núcleo de Finca España por lo que, con esta última incorporación, actualmente existen inventariadas 49 zonas susceptibles de riesgo hidráulico en la Isla.

VI.3. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS O ESTRATÉGICAS

En relación con este inventario - en el apartado IV.6 del capítulo correspondiente al Análisis - se había hecho referencia al carácter provisional del mismo, cuya elaboración estaba motivada por la necesidad de disponer de un inventario con las infraestructuras básicas e instalaciones esenciales que requieren una protección especial en caso de cualquier situación de emergencia.

Asimismo se consideraba la conveniencia de que se elaborase un inventario oficial por parte de las administraciones con competencia en la materia. A este respecto, cabe referir que el PIOT aprobado en 2002 preveía la formulación del Plan Territorial Especial de Ordenación de los Servicios de Protección Civil. De acuerdo con el cometido de dicho instrumento, se entendía que podría incorporar un inventario de instalaciones de protección civil, así como de infraestructuras sensibles al riesgo a fin de poder atender todo tipo de emergencias.

Sin embargo, dicho plan territorial ha sufrido importantes variaciones respecto a su concepción inicial. Con motivo de la revisión Parcial del PIOT se ha dado un cambio de enfoque, pasando a denominarse Plan Territorial Especial de Ordenación para la Prevención de Riesgos, destacándose como aspecto revelante que se desvincula de los contenidos propios de la protección civil para centrarse en aspectos territoriales que, desde una escala de análisis insular, atañen a la previsión de las áreas susceptibles a la incidencia de determinados fenómenos (seísmos, episodios volcánicos, incendios forestales, procesos vinculados a la dinámica de vertientes) y a la adopción de medidas para mitigar sus efectos, siempre con las herramientas propias del campo de la planificación territorial urbanística.

Por la razón expuesta no se incluyó en la documentación de dicho Plan Territorial el mencionado inventario y, en consecuencia, tampoco ha sido posible incorporar a esta fase del presente Plan Especial sectorial la información que se demandaba. Ante esta circunstancia, se ha optado por mantener el inventario provisional publicado para la tramitación inicial del PDA, que se ha actualizado con dos nuevas infraestructuras: la estación desalinizadora de aguas salobres (EDAS) de Isla Baja y el Puerto de Granadilla. A continuación se presenta el resumen del inventario actualizado:

VII. DESARROLLO DEL PLAN

VII.1. PROGRAMAS DE ACTUACIÓN

VII.2. INFORMACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIAS FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIONES

VII.3. PLAN DE INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN

VII.4. NORMATIVA

La metodología seguida para plantear las actuaciones que contempla el PDA se ha basado, en primer término, en la consideración de las afirmaciones contenidas en el diagnóstico general del apartado inmediatamente anterior con el fin de que, como cualquier Plan que propone actuaciones concretas, justifique su necesidad. Todas estas actuaciones, asociadas a inversiones concretas y vinculadas a distintas entidades, se han recogido en diferentes programas de actuación. Por otra parte, además de dichos programas, hay que destacar tres grandes actuaciones generales, que se han preparado directamente dentro del Plan:

- La compilación de información para la preparación del Plan de Emergencia frente a Inundaciones de Protección Civil. Está justificada por el elemento F del diagnóstico general.
- La elaboración de unas líneas generales de orientación del futuro Plan de Información a la Población, que también se deriva de este mismo elemento del diagnóstico.
- El desarrollo de una normativa que, en unos casos será de aplicación directa, normalmente con carácter obligatorio y en otros, contendrá recomendaciones para la actuación de entidades públicas y privadas, y cuya necesidad se origina en el elemento E.1 del diagnóstico.

En los apartados que siguen se describen, tanto el programa de actuaciones general como las tres anteriores. En general, en todos casos, como en los anteriores, se ha procurado justificar, con el diagnóstico, la pertinencia de cada actuación propuesta.

VII.1. PROGRAMAS DE ACTUACIÓN

Los programas de actuación son una clasificación de las medidas propuestas que necesitan de inversiones para su puesta en marcha. La clasificación de estos programas se ha realizado a partir del diagnóstico de la situación actual de la isla respecto al problema de las avenidas, tal y como se ha indicado en el punto anterior. Las relaciones existentes entre las conclusiones del diagnóstico general y los programas de actuación son las que se reflejan a continuación:

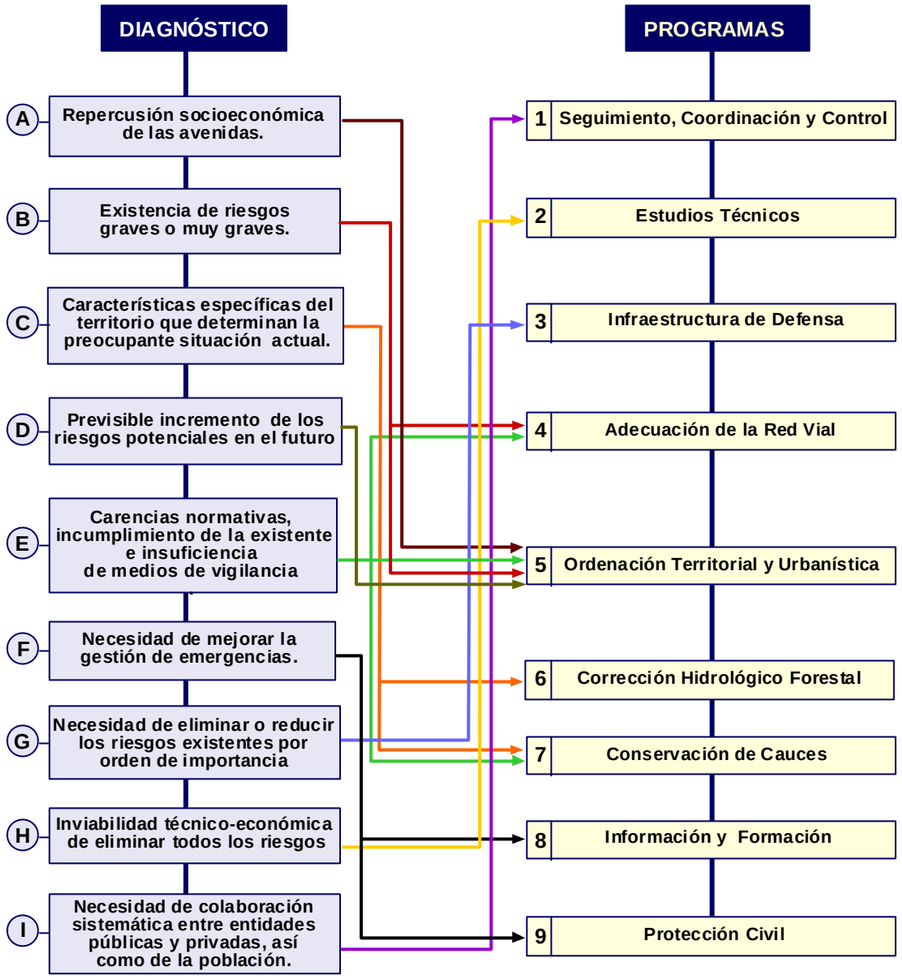


Fig. 37. Relación entre el diagnóstico y los programas de actuación

VII.1.1. Descripción y justificación de los programas

Teniendo en cuenta el conocimiento adquirido en la revisión de todos y cada uno de los registros de riesgo y el análisis de las medidas necesarias para eliminar el riesgo en aquellos en que esta eliminación es posible, se ha preparado un total de 9 programas de actuación que pueden asignarse a diferentes elementos del diagnóstico tal como se ha reflejado en la figura anterior.

VII.1.1.1. Programa 1: Seguimiento, coordinación y control

Este programa recoge la necesidad de que el desarrollo de la totalidad de las actuaciones incluidas en el Plan esté adecuadamente coordinado, de acuerdo con el elemento del diagnóstico. Recae fundamentalmente sobre el CIATF, aunque requiere la colaboración del resto de agentes implicados

Dentro de este programa se incluyen actividades de carácter general, asociadas con el seguimiento general y financiero de los programas de actuación, la preparación de documentos normativos, el seguimiento económico, la propuesta de revisiones, actualizaciones, obtención de datos adecuados, además de la coordinación con otras actuaciones de ámbito más general como las tareas de predicción y vigilancia para la prevención de riesgos por las distintas administraciones competentes.

El presupuesto se ha estimado asignando a este seguimiento un equipo compuesto por un técnico al 50% de su tiempo y un auxiliar a tiempo completo y suponiendo que se desarrolla a lo largo del plazo de desarrollo del PDA (ocho años).

VII.1.1.2. Programa 2: Estudios técnicos

Aunque para todos los registros de riesgo se han previsto actuaciones concretas, el nivel de información de que se dispone en muchos de ellos es insuficiente para afirmar que estas propuestas sean las más adecuadas o sean suficientes los presupuestos previstos. En estos casos se ha incluido un presupuesto específico para el desarrollo de un estudio de mayor detalle. Dado que normalmente estos estudios se refieren a los casos más complejos, proponer un estudio simplemente y no estimar el coste de las posibles obras hubiera reducido el alcance económico global. No proponerlo hubiera dado lugar a una seguridad engañosa sobre la suficiencia de este alcance, por lo que para este programa se ha preferido esta solución intermedia.

Por tanto, este programa comprende todas las actividades asociadas con el desarrollo de los estudios de carácter técnico que se hayan requerido en cada caso. Los tipos de estudios técnicos que se proponen en el PDA son los siguientes: estudio de drenaje urbano, estudio hidráulico en barrancos, estudio de tráfico urbano, estudio de seguridad en presas o embalses y estudio geotécnicos o de estabilidad de macizos rocosos.

En principio, cabría asignar estas medidas con cargo a los presupuestos generales de cada ayuntamiento o al Consejo Insular de Aguas si el problema es supramunicipal. En el caso de estudios de seguridad en presas o embalses el coste de cada uno de ellos lo asumirá el titular.

VII.1.1.3. Programa 3: Infraestructura de defensa

Este programa recoge todas las actuaciones en forma de inversiones en obra civil, encauzamientos, desvíos, muros de protección, etc. que se realizan en el propio cauce del barranco tanto dentro como fuera de los núcleos urbanos.

Las medidas de este programa se han asignado a las distintas entidades consideradas, teniendo en cuenta el ámbito territorial o competencial de la actuación.

VII.1.1.4. Programa 4: Adecuación de la red vial

Como se pone de manifiesto en el diagnóstico, se ha detectado un gran número de obras de drenaje de carreteras en las que la capacidad es insuficiente. Este programa, que sería de competencia de las entidades (Comunidad Autónoma de Canarias, Cabildo de Tenerife o Ayuntamientos) encargadas de la construcción y explotación de estas vías, recoge la corrección de estas insuficiencias. Entre las medidas que se incluyen dentro de este programa se encuentra la construcción de obras de paso, las mejoras puntuales de drenaje, así como de estabilidad de taludes y protección de vial frente a desprendimientos e, incluso, la interrupción temporal de autopistas o carreteras con IMD superior a 7000.

VII.1.1.5. Programa 5: Ordenación territorial y urbanística

En el programa 5 se han recogido todas las actuaciones que deberán llevarse a cabo en esta materia. Normalmente están asociadas con defectos de la planificación urbana, déficit de las redes de saneamiento, corrección de problemas asociados con la escorrentía de ladera, invasiones puntuales de las zonas de policía o anegables y, en general, todos los registros de riesgo de carácter local. Dentro de este programa se incluyen tanto actuaciones estructurales como no estructurales.

Entre las actuaciones estructurales previstas se encuentra la: construcción de canales de recogida de escorrentía de ladera, la protección frente a

desprendimiento y estabilidad de taludes de ladera, la demolición, reubicación de viviendas o instalaciones y reposición de trama urbana.

Asimismo, se considera también significativa la propuesta de medidas no estructurales como la autoprotección de viviendas o instalaciones, la liberación de suelo y el establecimiento de planes de seguros.

VII.1.1.6. Programa 6: Corrección hidrológico forestal

En aquellos registros de riesgo en los que se ha detectado una clara influencia de los acarreos de sólidos, se han previsto actuaciones de corrección como la construcción de azudes de retención de acarreos. Es evidente que, al extenderse este problema a la práctica totalidad del territorio de la isla, es necesario tenerlo en cuenta en la normativa para el diseño de otras obras.

VII.1.1.7. Programa 7: Conservación de cauces

Pretende este programa dotar al CIATF con los presupuestos necesarios para desarrollar campañas de concienciación ciudadanas para el mantenimiento y conservación de los cauces, así como actuaciones puntuales de limpieza que eviten los riesgos identificados por falta o insuficiencia de estas labores. No se ha añadido un presupuesto global para intensificar la vigilancia y la tarea de imposición de sanciones, puesto que se ha considerado que debe incluirse en los presupuestos normales del CIATF.

VII.1.1.8. Programa 8: Información y formación

Este programa plantea el presupuesto necesario para llevar a cabo las previsiones contenidas en el Plan de Información a la Población, que se plantea como unos de los principios básicos del PDA.

VII.1.1.9. Programa 9: Protección Civil

Comprende todas las actividades asociadas con la puesta en marcha de las medidas asociadas con la planificación de emergencias frente a inundaciones y la coordinación con los organismos encargados de Protección Civil, tanto las de planificación como las que correspondan a actuaciones durante emergencias.

Es evidente que para una operación eficaz de los planes de emergencia, resulta esencial disponer de sistemas de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos con la mayor fiabilidad y al menor plazo posible. Por ello, se incluyen dentro de este programa actuaciones conducentes a implantar en la isla sistemas de previsión meteorológica (observatorios radar y estaciones pluviométricas) y de previsión hidrológica (modelos de simulación hidrológica en tiempo real).

Actualmente, el único radar meteorológico para Canarias se encuentra en la isla de Gran Canaria, lo que deja sin cobertura suficiente a amplias zonas del archipiélago. En el caso particular de Tenerife, toda la vertiente norte se encuentra afectada por la influencia de los ecos terrestres que genera su acusado relieve y, de forma muy especial, el Teide; además de otros problemas de estimación derivados de la elevación, azimut o distancia del radar, que se solventarían con la instalación de sendos radares en los dos vértices septentrionales de la isla.

Por último, un aspecto fundamental de este programa es la articulación de procedimientos de información mutua entre Administraciones Públicas, tanto antes como durante y después de situaciones de emergencia. Para ello, se considera necesario el desarrollo de sistemas avanzados para la gestión y uso compartido de la información, además de la suscripción de los correspondientes convenios de colaboración y coordinación de dichos trabajos.

VII.1.2. Inversión

La asignación de los distintos tipos de medidas que se incluyen en cada uno de los programas de actuación a fin de evitar, corregir o atenuar los riesgos asociados a los distintos ámbitos territoriales considerados (registros de riesgo, zonas susceptibles, municipio o isla) supone una inversión de más de 118 millones de euros.

En la figura que se presenta a continuación se recoge una síntesis de la inversión prevista para el conjunto de actuaciones que se han incluido en los distintos programas de actuación, así como un desglose de dicha inversión en función de las entidades competentes de su ejecución.

PROGRAMAS DE ACTUACIÓN	Inversión (€)	% s/ Total
Prog. 1: Seguimiento, coordinación y control	450.000,00	0,38
Prog. 2: Estudios técnicos	3.062.000,01	2,58
Prog. 3: Infraestructura de defensa	78.491.223,49	66,17
Prog. 4: Adecuación de la red vial	28.483.570,00	24,01
Prog. 5: Ordenación territorial y urbanística	3.395.700,00	2,86
Prog. 6: Corrección hidrológico forestal	916.000,00	0,77
Prog. 7: Conservación de cauces	2.665.169,00	2,25
Prog. 8: Información y formación	324.000,00	0,27
Prog. 9: Protección Civil	825.000,00	0,70
TOTAL	118.612.662,50	100,00

ENTIDAD COMPETENTE	Inversión (€)	% s/ Total
Estado	14.461.550,22	12,19
Comunidad Autónoma de Canarias	9.191.653,79	7,75
Cabildo de Tenerife	15.806.246,38	13,33
Consejo Insular de Aguas de Tenerife	10.998.900,69	9,27
Balsas de Tenerife	0,00	0,00
Ayuntamientos	66.027.175,42	55,67
Particulares	2.127.136,00	1,79
TOTAL	118.612.662,50	100,00

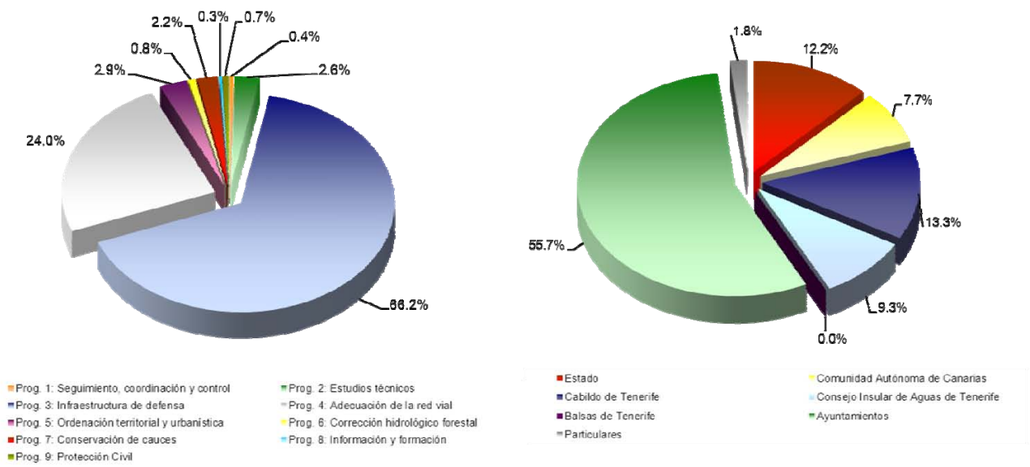


Fig. 38. Resumen de inversiones

VII.1.3. Previsión temporal

Para llevar a efecto las medidas previstas en el PDA se estima necesario el transcurso de un plazo de ocho años, ajustando su fase de desarrollo al periodo 2008-2015, cuyo término es además coincidente con la fecha de revisión de los planes hidrológicos, según los calendarios que establece la normativa correspondiente. Por otra parte, tomando como criterio la prioridad de las medidas a adoptar, se ha considerado oportuno dividir este periodo en dos cuatrienios.

Dentro del primer cuatrienio (2008-2011) se incluyen, principalmente, las siguientes actuaciones:

- Aplicación de las medidas propuestas en el programa de actuaciones para situaciones de riesgo grave o muy grave.
- Establecimiento de conciertos de colaboración y suscripción de convenios con otras entidades para el mantenimiento de la información básica del PDA.
- Elaboración del plan de información a la población.
- Suministro de información básica para la elaboración de los Planes de Emergencia,
- Desarrollo de sistemas de información avanzados de predicción y vigilancia.

Para el segundo cuatrienio (2012-2015) se contempla también realizar, entre otras, las siguientes actuaciones:

- Aplicación de las medidas en el programa de actuaciones para situaciones de riesgo moderado o escaso.
- Llevar a efecto todas aquellas que no se hubiesen podido culminar en el cuatrienio anterior.

VII.2. INFORMACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIAS FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIONES

Las herramientas que permiten hacer frente a riesgos específicos son los denominados Planes Especiales, que se elaboran de acuerdo a las Directrices Básicas relativas a cada riesgo y siguiendo una metodología adaptada a cada uno de ellos. Dichas Directrices Básicas establecen los requisitos mínimos sobre los fundamentos, estructura, organización criterios operativos, medidas de intervención e instrumentos de coordinación que deben cumplir los Planes.

En el caso particular de inundaciones, el correspondiente Plan Especial de Protección Civil deberá establecer la organización y los procedimientos de actuación de los recursos y servicios públicos que deben intervenir frente a una emergencia. Dicho riesgo de inundación podría ser provocado por precipitaciones importantes, por avenidas extraordinarias o por cualquier otro fenómeno que represente un riesgo para la población y sus bienes, como la hipotética rotura de presas o embalses.

Por tanto, el primer paso para minimizar los efectos de los riesgos es determinar su existencia y las dimensiones en las que se pueden llegar a presentar. Evidentemente, sobre esta materia el PDA contiene información sobre el riesgo de inundaciones que puede facilitar extraordinariamente la planificación de protección civil, aportando el siguiente material documental:

- La relación provisional de infraestructuras básicas o estratégicas
- La relación de registros de riesgo, aplicándoles las correspondientes matrices de valoración: por un lado, la propuesta por la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones y, por otro, la que establece el Plan Territorial Insular de Emergencias de Protección Civil de la isla de Tenerife.

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	FRECUENCIA O POSIBILIDAD DEL SUCESO	
		T<=50	T>50
Afección a viviendas y residencial colectivo	Daños importantes en más de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencias de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)	A2	A1
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas	A	B
	Daños leves en más de 5 viviendas y residencial colectivo	-	-
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas	-	-
Equipamientos y Servicios	Daños importantes en equipamientos y servicios básicos (Universidades, centros principales de trabajo, canales principales de distribución de agua, depuradoras principales, desaladoras- desalinizadoras, PIRS, embalses con capacidad >50.000 m3)	A	B
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, Ocio, cultura, comercial, otros servicios)	A	B
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos	-	-
	Daños leves en servicios secundarios	-	-
Servicios Esenciales en Emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	A	B
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	A	B
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	-	-
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	-	-
Instalaciones industriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales	A	B
	Daños importantes en otras instalaciones industriales	-	-
	Daños leves en áreas o polígonos industriales	-	-
	Daños leves es en otras instalaciones industriales	-	-
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Interrupción de vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	A	B
	Interrupción en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	A	B
	Interrupción en carreteras con IMD de 0 - 7000 veh/día y Puertos Secundarios	-	-
	Interrupción en carreteras locales	-	-
	Daños leves en vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	-	-
	Daños leves en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	-	-
	Daños leves en carreteras con IMD de 0 -7000 veh/día y Puertos Secundarios	-	-
	Daños leves en carreteras locales	-	-
Terreno no urbanizado	Daños en terrenos no urbanizados	-	-

Cuadro 15. Matriz de valoración del riesgo de la Directriz Básica

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	FRECUENCIA O POSIBILIDAD DEL SUCESO					
		Valor	Casi todos los años	Una vez cada 5 años	Una vez cada 10 años	Fenómenos aislados	Existe riesgo potencial
			4	3	3	3	2
Afección a viviendas y residencial colectivo	Daños importantes en más de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencias de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)	10	Muy Alto (40)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Daños leves en más de 5 viviendas y residencial colectivo	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas	2	Moderado (8)	Moderado (6)	Moderado (6)	Moderado (6)	Bajo (4)
Equipamientos y Servicios	Daños importantes en equipamientos y servicios básicos (Universidades, centros principales de trabajo, canales principales de distribución de agua, depuradoras principales, desaladoras- desalinizadoras, PIRS, embalses con capacidad >50.000 m3)	10	Muy Alto (40)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, Ocio, cultura, comercial, otros servicios)	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Daños leves en servicios secundarios	2	Moderado (8)	Moderado (6)	Moderado (6)	Moderado (6)	Bajo (4)
Servicios Esenciales en Emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	10	Muy Alto (40)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	2	Moderado (8)	Moderado (6)	Moderado (6)	Moderado (6)	Bajo (4)
Instalaciones ndustriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales	10	Muy Alto (40)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)
	Daños importantes en otras instalaciones industriales	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Daños leves en áreas o polígonos industriales	2	Moderado (8)	Moderado (6)	Moderado (6)	Moderado (6)	Bajo (4)
	Daños leves es en otras instalaciones industriales	1	Bajo (4)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (2)
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Interrupción de vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	10	Muy Alto (40)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)	Muy Alto (30)
	Interrupción en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	5	Muy Alto (20)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (15)	Alto (10)
	Interrupción en carreteras con IMD de 0 - 7000 veh/día y Puertos Secundarios	2	Moderado (8)	Moderado (6)	Moderado (6)	Moderado (6)	Bajo (4)
	Interrupción en carreteras locales	1	Bajo (4)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (2)
	Daños leves en vías importantes (Tren Ligero, carreteras con >20.000 veh/día), Aeropuertos y Puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	4	Alto (16)	Alto (12)	Alto (12)	Alto (12)	Moderado (8)
	Daños leves en carreteras con IMD>7.000 e IMD<20.000	3	Alto (12)	Moderado (9)	Moderado (9)	Moderado (9)	Moderado (6)
	Daños leves en carreteras con IMD de 0 -7000 veh/día y Puertos Secundarios	2	Moderado (8)	Moderado (6)	Moderado (6)	Moderado (6)	Bajo (4)
	Daños leves en carreteras locales	1	Bajo (4)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (2)
Terreno no urbanizados	Daños en terrenos no urbanizados	1	Bajo (4)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (3)	Bajo (2)

Cuadro 16. Matriz de valoración del riesgo del PEIN

Partiendo de esta clasificación de los registros de riesgo y teniendo en cuenta su ubicación en el sistema de información geográfica, resulta mucho más sencilla, evidentemente, la redacción de los distintos planes de emergencia por inundaciones, dado que se elimina o al menos se reduce muy notablemente la necesidad de desarrollar un análisis específico de los riesgos en estos planes.

Por otra parte, como documentación complementaria a la que se halla contenida en el PDA, tanto en el inventario de registros de riesgos como el inventario de infraestructuras básicas e instalaciones esenciales, a las entidades con competencia en Protección Civil podrá facilitarse además lo siguiente:

- Con fines informativos, el resultado de los estudios de clasificación de presas y embalses realizados que establece la Directriz Básica para la elaboración de los planes de emergencia correspondientes.
- Con fines divulgativos, un informe resumen del PDA que facilite a efectos prácticos la comprensión del mismo, por lo que contendrá la información mínima que sea necesario trasladar a las entidades competentes.

VII.3. PLAN DE INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN

En líneas generales el Plan de Información a la Población previsto para la fase de desarrollo del PDA podrá articularse a través de los siguientes contenidos:

- Antecedentes: Información a la población de carácter general. Este primer apartado recoge la síntesis de las recomendaciones contenidas en la resolución de 2 de octubre de 2002 de la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias, asociadas con la autoprotección durante una emergencia genérica y con las aplicables ante lluvias intensas y ante el riesgo de tormentas eléctricas o de vientos fuertes.
- Información a la población ante el riesgo de inundaciones: En este apartado y ya específicamente en relación con el riesgo de inundaciones, en función de la documentación recogida sobre planes equivalentes en otros países, se incluyen recomendaciones sobre las actuaciones preventivas, previas a la emergencia, durante ésta y durante la vuelta a la normalidad. De entre las primeras, es especialmente importante el conocimiento del riesgo, que se puede obtener con la documentación del Plan.
- Información a la población ante el riesgo de tormentas: Dadas las especiales características meteorológicas de Tenerife, se ha considerado oportuno incluir recomendaciones específicas en este sentido.
- Recomendaciones para los automovilistas: La experiencia demuestra que un altísimo porcentaje de las víctimas durante las inundaciones y sobre todo en aquellas en las que el agua se desplaza a gran velocidad, caso típico de Tenerife, se generan a causa de conductas inadecuadas de los automovilistas y como consecuencia de que los vehículos entran en flotación y son arrastrados con calados muy pequeños. Se ha considerado oportuno incluir un capítulo específico con recomendaciones dirigidas a evitar estas víctimas en la medida de lo posible.
- Provisiones ante emergencias: Se tratan en este apartado los artículos que es recomendable tener disponibles si sobreviene una avenida, agua, alimentos, elementos de primeros auxilios, ropa de vestir, ropa de cama, herramientas, suministros de emergencia y artículos especiales dando recomendaciones sobre cada uno de ellos.

Por último, los restantes capítulos habrán de contener recomendaciones sobre la forma de difundir la información. En primer término, a través de la educación, dando clases o charlas específicas en colegios e institutos[85]. En segundo lugar por medio de un conjunto de acciones concretas:

- Elaboración de un documento de síntesis del PDA para los Ayuntamientos y de folletos para la población.
- Información sobre la posibilidad de consulta de estos documentos en cada municipio.
- Anuncios en medios de comunicación (prensa, radio, TV…)
- Elaboración de una página web, en la que se puedan consultar datos sobre el Plan y sobre previsiones en tiempo real, …

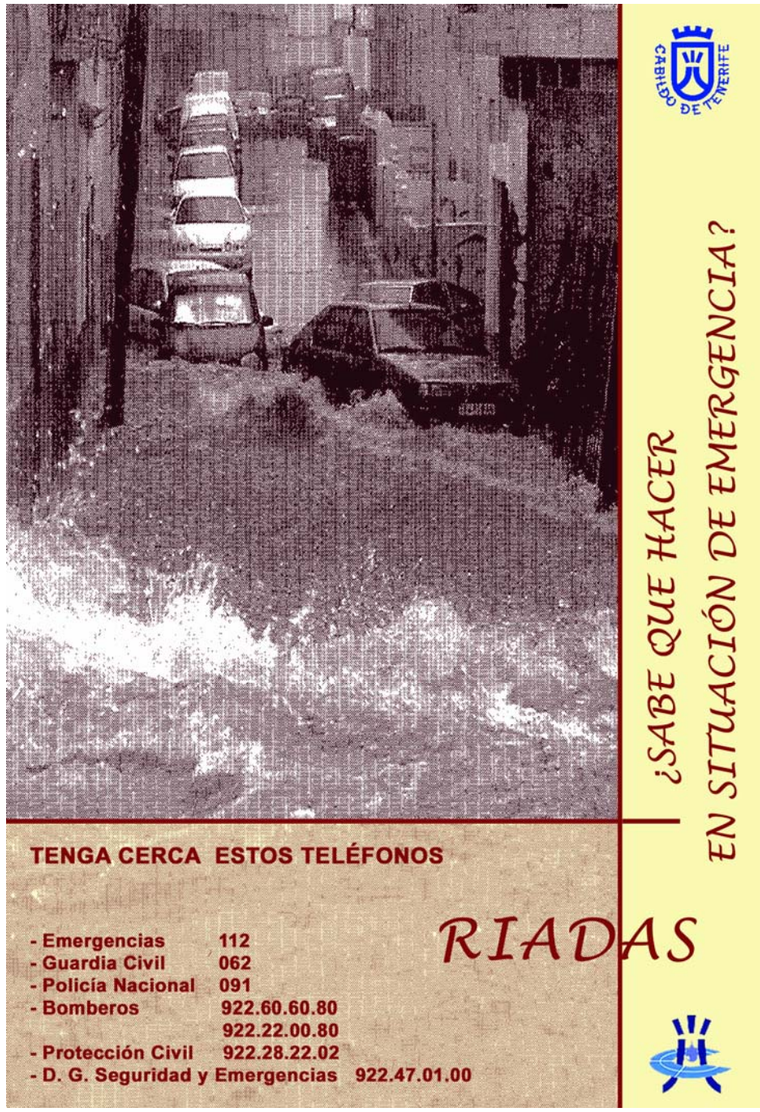


Fig. 39. Ejemplo de la portada de un folleto de información a la población

[85] En el tsunami acaecido recientemente en Asia, los turistas de la playa de Maikhao en Phuket, porque una niñas de 10 años supo reconocer los síntomas de este fenómeno en el comportamiento del mar, a partir de las clases que había recibido en el colegio, avisó a su familia y ésta a toda la playa.

VII.4. NORMATIVA

El Plan de Defensa frente Avenidas parte de la consideración de la Isla Tenerife desde su realidad de territorio antropizado, denso y de acusada pendiente.

En consecuencia, el contenido del documento nº3 del PDA constituye una *normativa específica* para Tenerife que interactúa con la realidad insular proponiendo tratamientos de las componentes infraestructural, urbanística y ambiental que minimicen el riesgo proveniente de las avenidas empleando criterios que atienden a sus especialidades y particularidades.

Como directrices de la Normativa, se han adoptado diferentes análisis, en los que no se parte de la desaparición total del riesgo hidráulico, sino de su conocimiento y control.

En todo el desarrollo normativo se ha tenido en cuenta la consideración del suelo como recurso escaso, que debe ser ordenado atendiendo a criterios de racionalidad.

En este sentido, se han privilegiado –cuando ha sido posible-- las propuestas de convivencia con el riesgo antes que la prohibición frontal de actividades.

Como planteamiento general, la Normativa atiende a soluciones que toman esencialmente en cuenta la componente territorial sin centrarse exclusivamente en los cauces.

En suma, la presente Normativa apuesta más por las soluciones preventivas que por las paliativas, y profundiza en la labor de “convencer” a los agentes sociales, económicos y al resto de Administraciones, antes que en la de “imponer” criterios inflexibles.

En definitiva, la presente Normativa aspira a ser un “*código fundamental de buenas prácticas”*, que permita compatibilizar las necesidades de drenaje del territorio con las infraestructuras, el urbanismo y el medio ambiente. El índice del documento de la normativa permite comprobar esta intención integradora, como se refleja a continuación.

CAPÍTULO PRIMERO. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

Art.1.Naturaleza jurídica del Plan de Defensa frente a Avenidas3

Art.2.Ámbito territorial de aplicación3

Art.3.Objetivos3

Art.4.Documentos que integran el PDA

Art.5.Publicidad del PDA

Art.6.Revisión y modificación4

Art.7.Actualización de los Inventarios incluidos en el PDA

Art.8.Principios básicos4

Art.9.Sentido y alcance de las definiciones5

Art.10.Definiciones

CAPÍTULO SEGUNDO. RIESGO DE INUNDACIÓN7

SECCIÓN PRIMERA. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO HIDRÁULICO7

Art.11.Riesgo para las personas

Art.12.Riesgo para los bienes materiales

SECCIÓN SEGUNDA. EL ESTUDIO DE RIESGO HIDRÁULICO7

Art.13.Definición y alcance

Art.14.Carácter necesario del Estudio de riesgo hidráulico

Art.15.Procedimiento para la tramitación del Estudio de riesgo hidráulico

Art.16.Contenido

Art.17.Ejecución de las determinaciones y aplicación de las medidas contenidas en el Estudio de riesgo hidráulico

CAPÍTULO TERCERO. NORMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LAS INFRAESTRUCTURAS

Art.18.Las infraestructuras y el riesgo de avenidas

Art.19.Autorizaciones y concesiones administrativas

Art.20.Revisión de autorizaciones y concesiones administrativas por causas sobrevenidas

Art.21.Actuaciones en zonas afectadas por servidumbres aeronáuticas.

SECCIÓN PRIMERA. OBRAS EN LOS CAUCES

Art.22.Estudios hidrológicos

Art.23.Cálculos hidráulicos

Art.24.Sobreelevación de la lámina de agua

Art.25.Caudales de cálculo asociados a los cauces del Inventario de cauces

Art.26.Modificaciones de trazado en cauces

Art.27.Desvío de un cauce hacia otro cauce

Art.28.Encauzamiento cubierto con sección visitable

Art.29.Encauzamiento cubierto con galería de servicios

Art.30.Encauzamiento cubierto con limpieza mecánica

Art.31.Encauzamiento cubierto con acceso rodado

Art.32.Módulo de inspección en encauzamiento cubierto

Art.33.Velocidades en encauzamientos

Art.34.Elementos de retención de acarreos

Art.35.Plan de mantenimiento y conservación

SECCIÓN SEGUNDA. INSTALACIONES DE SERVICIOS Y REDES EN CAUCES12

Art.36.Localización

Art.37.Infraestructuras fuera de ordenación hidráulica

SECCIÓN TERCERA. INFRAESTRUCTURAS CON POTENCIAL EFECTO BARRERA FRENTE A LA ESCORRENTÍA12

Art.38.Infraestructuras con potencial efecto barrera frente a la escorrentía

SECCIÓN CUARTA. INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS O ESTRATÉGICAS

Art.39.Infraestructuras básicas o estratégicas.

SECCIÓN QUINTA. ESTUDIO DE RIESGO HIDRÁULICO EN RELACIÓN CON LAS INFRAESTRUCTURAS

Art.40.Estudio de riesgo hidráulico en relación con las infraestructuras

Art.41.Estudio de riesgo hidráulico para las obras hidráulicas en los cauces

Art.42.Estudio de riesgo hidráulico para las infraestructuras fuera de ordenación hidráulica

Art.43.Estudio de riesgo hidráulico para las infraestructuras con potencial efecto barrera frente a la escorrentía

Art.44.Estudio de riesgo hidráulico para las infraestructuras básicas o estratégicas

CAPÍTULO CUARTO. NORMAS ESPECÍFICAS DE CONTENIDO URBANÍSTICO

Art.45.Especificidades de contenido urbanístico

SECCIÓN PRIMERA. SUELOS DE PROTECCIÓN DE BARRANCOS

Art.46.Suelos de protección de barrancos

Art.47.Régimen de usos de los suelos de protección de barrancos

Art.48.Utilización de los cauces como vías de acceso, caminos o aparcamientos

SECCIÓN SEGUNDA. REQUISITOS APLICABLES A LOS DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANEAMIENTO

Art.49.Contenido mínimo de los instrumentos de planeamiento en relación con el drenaje territorial

Art.50.Zonas susceptibles de riesgo hidráulico

SECCIÓN TERCERA. CRITERIOS PARA ARTICULAR LA RELACIÓN ENTRE LA ORDENACIÓN URBANÍSTICA Y EL RIESGO HIDRÁULICO

Art.51.Principio de no transferencia de caudales hacia el exterior de urbanizaciones

Art.52.Criterios generales de ordenación urbanística

Art.53.Ordenación de suelos con imposibilidad de desagüe directo a cauce

Art.54.Diseño del viario urbano para el drenaje de la escorrentía

Art.55.Retención de acarreos

Art.56.Ocupación del subsuelo

Art.57.Invasión de cauce público por edificación

Art.58.Invasión de cauce no catalogado como público por edificación

Art.59.Invasión de otras zonas sujetas a limitación por edificación

SECCIÓN CUARTA. ÁMBITOS DESARROLLADOS

Art.60.Contenido de los instrumentos de ordenación en ámbitos desarrollados

Art.61.Planes que alteren la estructura urbana

Art.62.Elementos de interés cultural

Art.63.Parcelas o solares atravesados o colindantes con cauces

SECCIÓN QUINTA. ÁMBITOS DE POTENCIAL DESARROLLO

Art.64.Contenido de los instrumentos que ordenen pormenorizadamente ámbitos de potencial desarrollo

Art.65.Contenido de los instrumentos de ejecución material de ámbitos de potencial desarrollo

Art.66.Ámbitos de potencial desarrollo que cuenten con instrumento de ejecución material aprobado

Art.67.Recepción de obras de urbanización

Art.68.Ámbitos de potencial desarrollo atravesados o colindantes con cauces

Art.69.Contenido de los instrumentos de ordenación que incidan sobre ámbitos sin desarrollo

Art.70.Obras y actuaciones en cauces

Art.71.Estudio de riesgo hidráulico en zonas susceptibles de riesgo hidráulico

Art.72.Estudio de riesgo hidráulico para los supuestos de invasión de cauce público por edificación

Art.73.Estudio de riesgo hidráulico para otros supuestos de invasión por edificación.

Art.74.Estudio de riesgo hidráulico para los elementos de interés cultural

Art.75.Estudio de riesgo hidráulico para los instrumentos de ejecución material de ámbitos de potencial desarrollo

Art.76.Estudio de riesgo hidráulico para ámbitos de potencial desarrollo que cuenten con instrumento de ejecución material aprobado

CAPÍTULO QUINTO. NORMAS ESPECÍFICAS DE CONTENIDO AMBIENTAL

SECCIÓN PRIMERA NORMAS GENERALES

Art.77.Especificidades de contenido ambiental

Art.78.Actuaciones en cauces situados en Espacios Naturales Protegidos

Art.79.Actuaciones en zonas con riesgo de erosión o deslizamiento y en los cauces que las atraviesen

Art.80.Actuaciones en cauces con márgenes necesitados de recuperación

Art.81.Badenes

SECCIÓN SEGUNDA. ESTUDIOS DE RIESGO HIDRÁULICO DE CONTENIDO AMBIENTAL ESPECÍFICO

Art.82.Estudio de riesgo hidráulico para las actuaciones en cauce desde la perspectiva ambiental

CAPÍTULO SEXTO. NORMAS ESPECÍFICAS EN MATERIA DE INFORMACIÓN Y PROTECCIÓN CIVIL

Art.83.Medidas en materia de información y protección civil

SECCIÓN PRIMERA. MEDIDAS DE PREDICCIÓN Y VIGILANCIA

Art.84.Predicción y vigilancia meteorológicas

Art.85.Sistemas avanzados de información

Art.86.Sistema de alerta temprana

Art.87.Convenios de Colaboración

SECCIÓN SEGUNDA. MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Art.88.Medidas de Prevención

SECCIÓN TERCERA. MEDIDAS DE INFORMACIÓN

Art.89.Medidas de Información

Art.90.Formación

Art.91.Divulgación

Art.92.Alertas a la población

VIII.CONTENIDO AMBIENTAL DEL PDA

La preocupación por el entorno natural y el medio ambiente nace desde las Conferencias de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente celebradas en Estocolmo en 1972 y en Río de Janeiro en 1992, las cuales acuñaron el principio de desarrollo *sostenible* señalando que "*Los recursos naturales de la Tierra, incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna y especialmente las muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga"*.

Al hilo de este principio, y de otros contenidos en las referidas Declaraciones, han surgido diversas técnicas que tratan de garantizar el equilibrio entre el desarrollo humano y la preservación del medio natural, algunas **evaluando los proyectos concretos** que pretenden implantarse sobre el territorio - las Directivas 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985 y 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo de 1997, relativas a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente; en Canarias, la Ley 11/1990, de 13 de julio, de Prevención del Impacto Ecológico – y otras, las más modernas, **obligando a incluir la variable medioambiental en la toma de decisiones estratégicas respecto al territorio en el proceso de planificación** - la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, transpuesta al ordenamiento español a través de la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, entre otros.

Por lo que respecta a la técnica de evaluación que se aplica a la planificación, conocida como Evaluación Ambiental Estratégica, la misma tiene por objeto "(...) *promover un desarrollo sostenible, conseguir un elevado nivel de protección del medioambiente y contribuir a la integración de los aspectos ambientales en la preparación y adopción de planes y programas, mediante la realización de una evaluación ambiental de aquellos que puedan tener aspectos significativos sobre el medio ambiente"*, afirma el artículo 1 de la Ley 9/2006.

Como puede observarse, la Evaluación Ambiental Estratégica gravita en torno a aquellos planes que efectivamente pueden tener una incidencia significativa sobre el medio ambiente, pero permite la exoneración – en el artículo 3 de la Ley 9/2006 – respecto de los instrumentos de planeamiento que no tienen tales efectos.

El Plan de Defensa frente a Avenidas es un Plan no ha perdido de vista en ningún caso la variable ambiental en sus consideraciones pero, a su vez, lejos de tener efectos significativos sobre el medio ambiente, contiene un amplio conjunto de determinaciones ambientales positivas cuyo objetivo es corregir y minimizar el riesgo de avenidas en la Isla de Tenerife.

Teniendo en cuenta esta filosofía, el Consejo Insular de Aguas de Tenerife a través de su Junta General solicitó a la Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Canarias que procediese a la exoneración del Plan de Defensa Frente a Avenidas del procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica. Esta exoneración fue considerada viable mediante acuerdo adoptado por el referido órgano en su sesión de 22 de marzo de 2010, en decisión que se hizo pública mediante la inserción de anuncio en el BOC núm. 66, de 6 de abril de 2010 (rectificada según consta en anuncio publicado en BOC núm. 113, de 10 de junio de 2010).

En este acuerdo, la COTMAC acordó finalmente exonerar al PDA del procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica, considerando que las medidas estructurales contenidas en su Programa de Actuación son recomendaciones para ser tenidas en cuenta en el resto del planeamiento y que, en el momento que sean estudiadas en el Plan Hidrológico de Tenerife, será cuando adquieran el carácter vinculante.