

Guía para el análisis de riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático en la infraestructura asociada al ciclo industrial del agua

BALTASAR PEÑATE SUAREZ

JEFE DEL DPTO. AGUA EN EL ITC (ISLAS CANARIAS)

Evaluación de riesgos climáticos. Análisis de la adaptación al cambio climático de las infraestructuras





PROYECTO MACCLIMA - Elaboración de análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático de las distintas regiones del espacio de cooperación (Canarias, Azores, Madeira) y establecimiento de las correspondientes medidas de adaptación y mitigación a los riesgos derivados del cambio climático para disminuir la vulnerabilidad de distintas áreas y sectores clave en el espacio de cooperación (2020-2023).

Estudios relativos al impacto del cambio climático en el ciclo industrial del agua e infraestructuras hidráulicas y redacción de una **Guía de análisis de riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático en la infraestructura asociada al ciclo industrial del agua**





1. Análisis de metodologías para los estudios de riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático

2. Análisis de variables climáticas y su potencial impacto sobre el Ciclo Industrial del Agua.

3. Análisis de riesgos

4. Vulnerabilidad y definición de indicadores



Múltiples amenazas climáticas y no climáticas afectan a las ciudades, los asentamientos y las infraestructuras críticas, y a veces coinciden, magnificando los daños (confianza alta).

1991
(Meloneras)

Saneamiento
destrozado



1993 (Puente de Gáldar)

Sin suministro doméstico varios
días





2018 (Avenida Playa Arinaga)
Proximidad a una EBAR



Las infraestructuras, incluidos los sistemas de transporte, agua, saneamiento y energía, se han visto comprometidas por fenómenos extremos y de evolución lenta, con las consiguientes pérdidas económicas, interrupciones de los servicios e impactos en el bienestar (confianza alta)



2022 (Bocabarranco)
Inundación en la IDAM



Diversos episodios de lluvia extrema o subida del nivel de mar que colapsa la red de saneamiento





Ciclo Industrial del Agua



Análisis de riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático mediante un método compuesto (cualitativo y cuantitativo): indicadores de amenazas climáticas e impactos acorde a la parametrización de la **capacidad de adaptación, exposición y sensibilidad (PACES)**.



1. Análisis de metodologías para los estudios de riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático



2. Análisis de variables climáticas y su potencial impacto sobre el Ciclo Industrial del Agua





**Principales
amenazas o
impulsores de
cambio climático**

Impulsor de impacto	Tendencia
Temperatura media del aire y del océano 	
Nivel relativo del mar 	
Acidez y salinidad del océano 	
Fenómenos meteorológicos extremos 	
Precipitación media 	
Evapotranspiración 	



Clasificamos los impactos de las amenazas climáticas sobre el ciclo urbano del agua en cinco categorías





Tipo	Aumento de temperatura ambiente y océano	Ascenso nivel mar	Fenómenos climáticos extremos	Sequía	Precipitación
Red saneam.	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de las quejas por olores Aceleración de la corrosión de las canalizaciones por la mayor formación de sulfuro de hidrógeno Proliferación de mosquitos, fuente de quejas y vector de enfermedades Afecciones al personal por aumento emisiones H2S. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento en las necesidades de inversiones Corrosión Aumento de las quejas por olores 	<ul style="list-style-type: none"> Daños físicos a las canalizaciones ubicadas en la costa. Daños físicos en tuberías ocasionados por inundaciones o deslizamientos del terreno. Vertidos de aguas residuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Bloqueo de alcantarilla do por bajo caudal y sedimentación 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de la contaminación del efluente
Red distrib.	<ul style="list-style-type: none"> Biofilm en conducciones Incremento demanda energética en la industria 	<ul style="list-style-type: none"> Corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> Daños físicos en las tuberías ubicadas en la costa y barrancos Daños físicos en tuberías y depósitos de almacenamiento por inundaciones y deslizamientos Interrupciones en el suministro. 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de la demanda de agua en zonas verdes 	<ul style="list-style-type: none"> No se observan impactos a corto plazo

Impactos negativos del cambio climático en la infraestructura asociada el ciclo urbano del agua en Canarias



Impactos negativos del cambio climático en la infraestructura asociada el ciclo urbano del agua en Canarias

Tipo	Aumento de temperatura ambiente y océano	Ascenso nivel mar	Fenómenos climáticos extremos	Sequía	Precipitación
IDAM	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de eficiencia en la permeabilidad de las membranas • Aumento de los costes de explotación y necesidades de inversiones • Aumento en la demanda de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Más corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños físicos a las infraestructuras ubicadas en la costa • Daños por inundaciones o deslizamientos del terreno • Interrupción del suministro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción del suministro y presión pública para evitar paradas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en la demanda y en los costes de producción
EDAR	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de eficiencia en los procesos • Incremento del coste de producción • Disminución de las necesidades energéticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Aumento de los costos operacionales y necesidades de inversión • Corrosión • Quejas por olores 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños físicos a las infraestructuras ubicadas en la costa • Daños por inundaciones o deslizamientos del terreno • Riesgo de vertido sobre todo en redes no separativas • Incremento de los costes de mantenimiento • Interrupción del servicio 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la demanda de aguas regeneradas 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones por mala ubicación



Tipo	Aumento de temperatura ambiente y océano 	Ascenso nivel mar 	Fenómenos climáticos extremos 	Sequía 	Precipitación 
EBAR	<ul style="list-style-type: none"> No se observan impactos a corto plazo 	<ul style="list-style-type: none"> Inundaciones Riesgo de vertidos Averías en equipos electromecánicos Corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> Daños físicos a las infraestructuras ubicadas en la costa Daños por inundaciones o deslizamientos del terreno Vertido de aguas residuales sin tratar 	<ul style="list-style-type: none"> No se observan impactos a corto plazo 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de la necesidad de inversiones

Impactos negativos del cambio climático en la infraestructura asociada el ciclo urbano del agua en Canarias

- Es clave diagnosticar y actuar ante los efectos del cambio climático sobre nuestra infraestructura hidráulica
- Se debe dirigir inversión futura para la adaptación de la infraestructura a los impactos detectados
- A largo plazo, es de prever realizar grandes cambios en infraestructuras clave, principalmente por su ubicación actual
- Debemos naturalizar las infraestructuras como reto de sostenibilidad, con muy baja huella de carbono



1. Análisis de metodologías para los estudios de riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático



2. Análisis de variables climáticas y su potencial impacto sobre el Ciclo Industrial del Agua.



3. Análisis de riesgos





La evaluación del riesgo implica una descripción de la probabilidad de ocurrencia de los eventos, con umbrales de confianza conocidos.

<u>Evaluación de la probabilidad</u>	<u>Magnitud de de las consecuencias</u>
<p>La probabilidad de ocurrencia del impacto se evalúa conforme el análisis en seis grados: desde (1) muy probable a (6) improbable, asignando puntuaciones en un rango de 3 a 10.</p>	<p>Las consecuencias de un impacto son clasificadas en función de la magnitud o el grado de relevancia. Al grado de importancia despreciable se le da una puntuación de 0 y a un grado de relevancia muy grave se le da una puntuación de 10.</p>



Riesgo bajo



Riesgo medio



Riesgo alto



DESALADORAS DE AGUA DE MAR (EJEMPLO)

**Riesgo =
Probabilidad de
Impacto x Magnitud
Consecuencias**

Riesgo	Magnitud
Alto	≤50-100
Moderado	≤25-50
Bajo	0-25

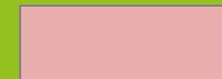
Amenaza climática	Código	Impacto	Índice de riesgo
Aumento de Temperatura del mar	TmD1	Pérdida de eficiencia en la permeabilidad de las membranas usadas por una mayor exposición al 'biofouling' o ensuciamiento por incrustación de materia orgánica	MODERADO A LARGO PLAZO
	TmD2	Aumento de los costes de explotación, ya que las plantas podrían verse obligadas a acondicionar sus pretratamientos	
Ascenso del nivel del mar	NM0	Inundaciones debido a que las infraestructuras de desalación se encuentran habitualmente cerca de la costa que podrían causar daños en los sistemas de captación, las instalaciones eléctricas e hidráulicas, así como en las propias edificaciones ARPSIS Costero	ALTO
Fenómenos climatológicos extremos	FED1	Daños ocasionados por inundaciones o deslizamientos del terreno, tanto en la toma de agua de mar, como en la infraestructura en tierra de la planta, aparatación eléctrica, bombes y depósitos que podrían derivar en la interrupción temporal del suministro de agua.	ALTO
	FED1	Interrupción del suministro por daños en las instalaciones.	ALTO



Riesgo bajo



Riesgo medio



Riesgo alto



DESALADORAS DE AGUA DE MAR (EJEMPLO)

**Riesgo =
Probabilidad de
Impacto x Magnitud
Consecuencias**

Riesgo	Magnitud
Alto	≤50-100
Moderado	≤25-50
Bajo	0-25

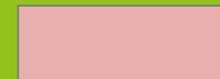
Amenaza climática	Código	Impacto	Índice de riesgo
Aumento de Temperatura	TD1	Aumento en las necesidades de inversiones debido al posible incremento de la demanda de agua.	MODERADO
	TD2	Aumento en la demanda de energía debido al posible incremento de la demanda de necesidades de refrigeración de equipamientos.	MODERADO
Sequía	S0	Fragilidad de instalaciones ante presión de la demanda. Situación de riesgo ante averías o reposición de suministros	ALTO
Precipitación	P1	Aumento en las necesidades de inversiones, aportes energéticos e incremento en los costes de producción debido al posible volumen creciente en las dotaciones de agua desalada derivado de la disminución de las precipitaciones.	MODERADO
Evapotranspiración	EV1	Aumento en las necesidades de inversiones, aportes energéticos e incremento en los costes de producción debido al posible volumen creciente en las dotaciones de agua desalada derivado de la disminución en la recarga de aguas subterráneas.	MODERADO



Riesgo bajo



Riesgo medio



Riesgo alto



1. Análisis de metodologías para los estudios de riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático

2. Análisis de variables climáticas y su potencial impacto sobre el Ciclo Industrial del Agua.

3. Análisis de riesgos

4. Vulnerabilidad y definición de indicadores



Vulnerabilidad = [Exposición (E) x Sensibilidad (S)] - Capacidad de Adaptación (CA)

Exposición, lo que está en riesgo ante el cambio climático: Incluye:

- ✓ La población (por ejemplo, personas, especies) que puede ser afectada por el cambio climático.
- ✓ Los asentamientos y la infraestructura que pueden ser afectados por el cambio climático.
- ✓ Los recursos naturales que pueden ser afectados por el cambio climático.
- ✓ **La naturaleza del cambio climático en sí misma, por ejemplo, los cambios en el nivel del mar, la temperatura, los acontecimientos extremos.**

Sensibilidad (IPCC), el grado hasta el cual un sistema es afectado, tanto adversamente como beneficiosamente, por estímulos relacionados al clima. Los estímulos relacionados al clima abarcan todos los elementos del cambio climático, incluyendo características promedio del clima, la variabilidad del clima y la frecuencia y magnitud de los extremos.

Capacidad de adaptación (IPCC), la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluyendo la variabilidad del clima y los extremos), para moderar los daños potenciales, para aprovecharse de las oportunidades, o para enfrentarse a las consecuencias” (McCarthy et al., 2001, p. 6). La capacidad adaptiva está determinada por:

- ✓ Recursos económicos
- ✓ Tecnología
- ✓ Información y pericia
- ✓ Infraestructura
- ✓ Instituciones
- ✓ Equidad (Smit et al., 2001).



DESALADORAS DE AGUA DE MAR (EJEMPLO)

E

S

CA

RIESGO	INDICADOR	SUBINDICADOR DE EXPOSICIÓN	SUBINDICADOR DE SENSIBILIDAD	SUBINDICADOR DE CAPACIDAD ADAPTATIVA
Pérdida de eficiencia en la permeabilidad de las membranas usadas por una mayor exposición al 'biofouling' o ensuciamiento por incrustación de materia orgánica.	EDAM1	Proyección de aumento de temperatura superficial (media) del mar	Tipo de captación y existencia de pretratamiento	Tamaño y tipo de gestión de la EDAM
Aumento en las necesidades de inversiones debido al posible incremento de la demanda de agua.	EDAM2	Proyección de aumento de temperatura media máxima de la superficie.	Factor/Coeficiente de utilización.	Capacidad de almacenamiento de agua producto
Daños por Inundaciones debido al incremento del nivel del mar	EDAM3	Proyección de aumento del nivel del mar (Inundación costera)	Infraestructuras categorizadas (importantes o críticas) Proyecto PIMA ADAPTA	Existencia/Disponibilidad de instrumentos de planificación sobre seguridad y/adaptación
Daños por inundaciones fluviales o avenidas Interrupción temporal del suministro de agua debido a daños ocasionados por inundación fluvial	EDAM4	Precipitación extrema (número de días de precipitación extrema en el último año)	Infraestructura situada en zonas inundables	Existencia/Disponibilidad de instrumentos de planificación sobre seguridad y/adaptación
Daños ocasionados por deslizamientos del terreno Interrupción temporal del suministro de agua debido a daños ocasionados por deslizamientos de laderas	EDAM5	Precipitación extrema	Infraestructura situada en zonas de riesgo de deslizamiento	Existencia/Disponibilidad de instrumentos de planificación sobre seguridad y/adaptación
Aumento en las necesidades de inversiones, aportes energéticos e incremento en los costes de producción debido al posible volumen creciente en las dotaciones	EDAM6	Proyección de disminución de las precipitaciones	Consumo de agua por habitante/día y factor de utilización	Capacidad de almacenamiento/accesibilidad al agua
Aumento en las necesidades de inversiones, aportes energéticos e incremento en los costes de producción debido al posible volumen creciente en las dotaciones	EDAM8	Proyección de incremento de la evapotranspiración		
Fragilidad de instalaciones ante presión de la demanda. Situación de riesgo ante averías o reposición de suministros	EDAM9	Índice SPI de los últimos 24 meses	Factor de utilización	Capacidad de almacenamiento/accesibilidad al agua



Ejemplos de aplicación: EDAM Bocabarranco

INDICADOR EDAM1:

Pérdida de eficiencia en la permeabilidad de las membranas usadas por una mayor exposición al 'biofouling' debido al aumento de la temperatura de la superficie del mar

ESCENARIO	E1	S1	CA	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
RCP 4.5 2026-2045	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTA (3)	POCO VULNERABLE (-2)
RCP 4.5 2081-2100	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTA (3)	POCO VULNERABLE (-2)
RCP 8.5 2026-2045	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTA (3)	POCO VULNERABLE (-2)
RCP 8.5 2081-2100	MEDIO (2)	BAJO (1)	ALTA (3)	POCO VULNERABLE (-1)

INDICADOR EDAM2:

Aumento en las necesidades de inversiones debido al posible incremento de la demanda de agua

ESCENARIO	E1	S1	CA	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
RCP 4.5 2040-2054	BAJO (1)	ALTO (3)	MEDIA (2)	POCO VULNERABLE (1)
RCP 4.5 2090-2099	MEDIO (2)	ALTO (3)	MEDIA (2)	VULNERABILIDAD MEDIA (4)
RCP 8.5 2040-2054	MEDIO (2))	ALTO (3)	MEDIA (2)	VULNERABILIDAD MEDIA (4)
RCP 8.5 2090-2099	ALTO (3)	ALTO (3)	MEDIA (2)	VULNERABILIDAD MEDIA (7)



MACCLIMA

Guía sobre análisis
de vulnerabilidad
en el ciclo industrial
del agua



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS



Este informe ha sido realizado en el marco del proyecto MACCLIMA, cofinanciado por el Programa Interreg MAC 2014-2020 (MAC/3.5b/102).



ÍNDICE

0.	Glosario de siglas y abreviaturas.....	1
1.	Introducción.....	2
2.	Objeto de la guía	3
3.	¿Qué entendemos por adaptación al cambio climático?	4
	- La exposición.....	7
	- La sensibilidad.....	7
	- La capacidad de adaptación.....	7
4.	Pasos necesarios para llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad	9
5.	Selección de la infraestructura de estudio y delimitación de la zona de estudio	11
	- Ejemplo de selección de zona de estudio.....	13
6.	Análisis de las amenazas climáticas en la zona de estudio.....	15
6.1	Modelos climáticos.....	15
	- ¿Qué son los modelos climáticos?.....	15
	- Proyecciones climáticas.....	17
	- ¿Qué son los escenarios?.....	17
	- Trayectorias RCP.....	18
	- Ejemplo de estudio de amenazas climáticas.....	21
	- Cómo encontrar proyecciones climáticas para Canarias.....	22
7.	Estudio de los impactos de las amenazas climáticas sobre la infraestructura de estudio.....	24
	- Ejemplo de estudio de los impactos sobre la infraestructura asociada al ciclo industrial del agua.....	25
8.	Evaluación de los riesgos climáticos	31
	- Ejemplo de análisis de riesgos para la EDAM situada en la zona de estudio.....	33
9.	Evaluación de la vulnerabilidad de la infraestructura asociada al ciclo industrial del agua	37
10.	Ejemplo de cálculo de índice de vulnerabilidad	39
11.	Propuesta de medidas de adaptación.....	43
12.	Conclusiones.....	45
13.	Anexos	46
13.1	Indicadores de exposición.....	46
13.2	Indicadores de sensibilidad.....	55
	- Desalación.....	55
	- Depuración.....	65
	- Red de distribución	67
13.3	Indicadores de capacidad de adaptación.....	71
	- Desalación.....	71
	- Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).....	81
	- Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR).....	88
14.	Glosario de términos.....	90
15.	Bibliografía.....	92





Conclusiones

- ✓ Los análisis de impactos y vulnerabilidad al cambio climático son la clave para saber cómo podemos vernos afectados por este fenómeno (priorizar medidas) y establecer mecanismos de adaptación y políticas efectivas.
- ✓ Necesidad de familiarizarse con los conceptos.
- ✓ Evitar asociar el concepto de medida de Adaptación con macroproyectos o soluciones transformadoras.
- ✓ Potenciar las medidas de adaptación “sin arrepentimiento”.
- ✓ Más fuente de datos - Indicadores.
- ✓ Se aporta una metodología normalizada y con posibilidad de estandarizar (posibilidad de realizar comparaciones entre infraestructuras ubicadas en diferentes localizaciones).

¡Gracias!

