



**ESTUDIOS PREVIOS Y DIAGNÓSTICO PARA LA REVISIÓN Y
ADAPTACIÓN DEL PTS DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN
DEL LITORAL DE LA CAPV AL RETO DEL CAMBIO
CLIMÁTICO**

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO A **MEMORIA**

- 1. GÉNESIS**
 - 2. FASE 1: ENCUADRE DISCIPLINAR Y SÍNTESIS INFORMATIVA**
 - 2.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO**
 - 2.2. ENCUADRE DISCIPLINAR**
 - 2.2.1. MARCO NORMATIVO
 - 2.2.2. CAMBIO CLIMÁTICO
 - 2.2.3. PTS DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN DEL LITORAL VIGENTE (DECRETO)
 - 2.3. SÍNTESIS INFORMATIVA**
 - 2.3.1. ÁMBITO TERRITORIAL, TOPOGRAFÍA Y FUENTES
 - 2.3.2. INFORMACIÓN MARÍTIMA Y FLUVIAL
 - 2.3.3. INFORMACIÓN SOBRE EL LITORAL DE LA CAPV
 - 2.3.4. INFORMACIÓN AMBIENTAL
 - 3 FASE 2: AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y METODOLOGÍA**
 - 3.1. AMENAZAS ASOCIADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO**
 - 3.1.1. REPERCUSIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COSTA VASCA
 - 3.1.2. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS
 - 3.1.3. DEFINICIÓN DE AMENAZAS
 - 3.1.4. SÍNTESIS
 - 3.2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.**
 - 3.2.1. DEFINICIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO
 - 3.2.2. DEFINICIÓN DE LA RED VERDE
 - 3.2.3. DEFINICIÓN DE AMENAZAS
 - 3.2.4. DEFINICIÓN DE LAS AFECCIONES
 - 3.3. DEFINICIÓN DE PLANOS**
 - 4 FASE 3: DIAGNÓSTICO**
 - 4.1. AFECCIONES DEBIDO A LAS AMENAZAS. VULNERABILIDADES**
 - 4.1.1. AFECCIONES DEBIDO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR
 - 4.1.2. AFECCIONES DEBIDO AL OLEAJE
 - 4.1.3. AFECCIÓN DEBIDO A LA INUNDACIÓN FLUVIAL
 - 4.2. CONSECUENCIAS, SOLUCIONES Y MEDIDAS ADAPTATIVAS**
 - 4.3. CONCLUSIONES**
-

DOCUMENTO B

PLANOS

PLANOS GENERALES

1. INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA
2. INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA METEOROLÓGICA
3. INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA Y AVENIDA FLUVIAL DE 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO
4. INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA Y AVENIDA FLUVIAL DE 100 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO
5. INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA Y AVENIDA FLUVIAL DE 500 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO
6. EXPOSICIÓN DEL RIESGO FRENTE AL IMPACTO DE LA OLA
7. EXPOSICIÓN DE LA RED VERDE POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA
8. EXPOSICIÓN DE LA RED VERDE POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA METEOROLÓGICA
9. IMPACTO SOBRE LA ZONIFICACIÓN SEGÚN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO POR INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA
10. IMPACTO SOBRE LA ZONIFICACIÓN SEGÚN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO POR INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA METEOROLÓGICA

PLANOS DE DETALLE

11. INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA. DETALLE
 - 11.1. BILBAO METROPOLITANO
 - 11.2. BAKIO
 - 11.3. ZUMAIA
 - 11.4. DONOSTIA
 - 11.5. TXINGUDI
-

12. EXPOSICIÓN DE LA RED VERDE POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA. DETALLE
 - 12.1. BILBAO METROPOLITANO
 - 12.2. BAKIO
 - 12.3. ZUMAIA
 - 12.4. DONOSTIA
 - 12.5. TXINGUDI

13. IMPACTO SOBRE LA ZONIFICACIÓN SEGÚN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO POR INUNDABILIDAD POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR BAJO LA HIPÓTESIS DE MAREA ASTRONÓMICA. DETALLE
 - 13.1. BILBAO METROPOLITANO
 - 13.2. BAKIO
 - 13.3. ZUMAIA
 - 13.4. DONOSTIA
 - 13.5. TXINGUDI

DOCUMENTO C

RESUMEN



DOCUMENTO C

RESUMEN

ÍNDICE

1.	<i>GÉNESIS DEL TRABAJO</i>	1
2.	<i>FASE 1: ENCUADRE DISCIPLINAR Y SÍNTESIS INFORMATIVA</i>	2
2.1.	ENCUADRE DISCIPLINAR	2
2.1.1.	MARCO NORMATIVO	2
2.1.2.	CAMBIO CLIMÁTICO.....	5
2.1.3.	PTS DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN DEL LITORAL VIGENTE (DECRETO 43/2007, DE 13 DE MARZO)	6
2.2.	SÍNTESIS INFORMATIVA	8
2.2.1.	ÁMBITO TERRITORIAL, TOPOGRAFÍA Y FUENTES	8
2.2.2.	INFORMACIÓN SOBRE EL LITORAL DE LA CAPV	13
2.2.3.	INFORMACIÓN AMBIENTAL	20
3.	<i>FASE 2: AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y METODOLOGÍA</i>	21
3.1.	AMENAZAS ASOCIADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO	21
3.1.1.	DEFINICIÓN DE ESCENARIOS.....	21
3.1.2.	DEFINICIÓN DE AMENAZAS	21
3.1.3.	SÍNTESIS	26
3.2.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	26
3.2.1.	DEFINICIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	26
3.2.2.	DEFINICIÓN DE LA RED VERDE	27
3.2.3.	DEFINICIÓN DE AMENAZAS	27
3.2.4.	DEFINICIÓN DE LAS AFECCIONES	28
3.3.	DEFINICIÓN DE PLANOS	30
4.	<i>FASE 3: DIAGNÓSTICO</i>	32
4.1.	AFECCIONES DEBIDO A LAS AMENAZAS. VULNERABILIDADES	32
4.1.1.	AFECCIONES DEBIDO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR	32
4.1.2.	AFECCIONES DEBIDO AL OLEAJE	48
4.1.3.	AFECCIÓN DEBIDO A LA INUNDACIÓN FLUVIAL	51
4.2.	CONSECUENCIAS, SOLUCIONES Y MEDIDAS ADAPTATIVAS	54
4.2.1.	INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR. IMPACTO POR MAREA	55
4.2.2.	INUNDACIÓN EN RÍAS	56
4.2.3.	IMPACTO DE OLA	56
4.2.4.	IMPACTO DE LAS PRECIPITACIONES INTENSAS	57
4.3.	CONCLUSIONES	58

1. GÉNESIS DEL TRABAJO

Mediante el Decreto 43/2007, de 13 de marzo, se aprobó definitivamente el Plan Territorial Sectorial de Protección y Ordenación del Litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV). Han transcurrido del orden de veinte años desde que se inició la redacción del citado Plan, año 1999, período temporal importante en el que ha surgido la necesidad de abordar el reto del cambio climático, así como se ha avanzado disciplinarmente sobre el cómo acercarse en la ordenación territorial del litoral.

El documento de revisión de las Directrices de Ordenación Territorial (DOT) establece en su normativa la necesidad de adecuar el citado PTS del Litoral a los efectos adversos de la elevación del nivel del mar y al oleaje extremo. Así mismo es necesario actualizar y adaptar su contenido normativo a las citadas Directrices.

Por tanto, la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana promueve la revisión y adaptación el documento vigente del PTS del Litoral a los nuevos retos existentes. Dentro de esta revisión es necesario comenzar con una primera fase de Estudios previos y Diagnóstico sobre el Litoral de la CAPV para dar paso posteriormente a unas fases más propositivas de Avance y posterior redacción del Documento Definitivo.

En una primera fase y siguiendo las indicaciones de las Directrices de Ordenación Territorial se hace necesario conocer los efectos del cambio climático en el Litoral y plantear desde la ordenación territorial unas medidas adaptativas que permitan la mitigación de dichos efectos. Así, el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco, licitó en marzo de 2019 un concurso para la realización de estos estudios previos y diagnóstico sobre el reto del cambio climático, los cuales fueron adjudicados a la UTE SALABERRIA-MONFORT.

En base a lo anterior, el trabajo que se presenta analiza en primer lugar el Litoral de la CAPV, desde el punto de vista de ordenación territorial, estudia la situación actual en cuanto a inundabilidad y oleaje extremo, tanto de la costa como de las rías, plantea unos escenarios de situaciones principalmente creadas por el incremento del nivel del mar debido al cambio climático, estudia la situación del litoral ante estas situaciones conociendo los impactos que se crean y plantea una serie de medidas de carácter general desde el punto de vista de ordenación del territorio que deberán ser analizadas en las fases posteriores de redacción de la Revisión del PTS del Litoral de la CAPV.

El documento redactado se ha subdividido en diferentes apartados:

- Encuadre disciplinar y Síntesis informativa
- Amenazas del cambio climático y metodología
- Diagnóstico

2. FASE 1: ENCUADRE DISCIPLINAR Y SÍNTESIS INFORMATIVA

2.1. ENCUADRE DISCIPLINAR

2.1.1. MARCO NORMATIVO

El marco normativo inicial para la realización de la Revisión y Adaptación del Plan Territorial Sectorial de Protección y Ordenación del Litoral de la CAPV vigente al reto del Cambio Climático, lo otorgan la *Ley 4/1990, de Ordenación del Territorio del País Vasco* y las *Directrices de Ordenación Territorial* que emanan de la anterior y aprobadas a través del *Decreto 128/2019, de 30 de julio* (BOPV nº 181, martes 24 de septiembre de 2019) ambos documentos promovidos por la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana de la Viceconsejería de Planificación Territorial del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco.

Otra ley que forma parte muy importante del marco normativo es la Ley de Costas.

Ley 4/1990, de 31 de mayo de Ordenación del Territorio del País Vasco.

La política de la ordenación del territorio en la CAPV comienza legalmente en 1990 con la aprobación de la *Ley 4/1990, de 31 de mayo, de Ordenación del Territorio del País Vasco* que incorpora al ordenamiento jurídico de la comunidad autónoma, los instrumentos de ordenación territorial. Estos instrumentos son los siguientes: las Directrices de Ordenación Territorial (DOT), los Planes Territoriales Parciales (PTP) y los Planes Territoriales Sectoriales (PTS). En la Ley, se determina el contenido mínimo de los dos primeros, en tanto que no establece las determinaciones ni la documentación mínima correspondiente a los Planes Territoriales Sectoriales, dada la diversidad y finalidad de cada uno de ellos.

Directrices de Ordenación Territorial 2019

La revisión de las Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco (DOT), que ha sido recientemente aprobada, considera oportuno abrir una reflexión desde el punto de vista territorial, sobre ciertas cuestiones transversales como la perspectiva de género, la salud, el euskera, la interrelación territorial y el cambio climático.

El documento de las DOT aborda de forma expresa el reto del cambio climático como una cuestión transversal en la planificación territorial y avanza a grandes rasgos las consecuencias del cambio climático sobre el litoral, destacando tres efectos sobre el medio urbano por su impacto directo sobre la seguridad de las personas y la integridad de los bienes:

- La exposición al estrés térmico y en particular al efecto isla de calor.
- La exposición a la subida del nivel del mar y al incremento de los efectos del oleaje.
- La exposición a inundaciones de origen fluvial por avenidas y a su interacción con la elevación del nivel del mar y los efectos del oleaje en rías y estuarios.

Las DOT incorporan los objetivos de la estrategia territorial a adoptar en materia de cambio climático, que principalmente, de cara a este trabajo, son los siguientes:

1.- Integrar en la Planificación la variable climática y la reducción de las incertidumbres asociadas, a través de mecanismos de actualización basados en la mejora del conocimiento científico tanto sobre los modos de producción y consumo, como sobre la propia evolución del clima y sus consecuencias.

4.- Incrementar la resiliencia del territorio, tanto en el medio natural, rural como urbano: fomentando la multifuncionalidad de los ecosistemas naturales y su restauración, promoviendo una estructura urbana compacta y mixta en usos, e integrando la variable de cambio climático en la gestión de las zonas costeras. Así mismo, aumentar la resiliencia del sector primario y reducir sus emisiones; aumentando el potencial como sumidero de carbono.

5.- Desplegar tanto los objetivos de mitigación como los de adaptación a través del Planeamiento territorial y urbanístico, que ordenará los usos del territorio de acuerdo con objetivos de eficiencia y resiliencia.

6.- Incorporar en la dimensión económica de la Planificación las acciones de adaptación y mitigación climática, encauzando de este modo la gestión de las acciones necesarias.”

Finalmente, en el documento de Normas de Aplicación, se incorporan las directrices de mitigación y adaptación al cambio climático que destacan para realizar este estudio las siguientes:

1.– Considerar en la planificación territorial y urbanística las causas y efectos del cambio climático, contribuyendo a través de sus propuestas a reducir el balance neto de emisiones de gases de efecto invernadero y a mejorar la resiliencia.

2.– Incluir la adaptación al cambio climático a través de una cartografía temática de impactos y vulnerabilidad.

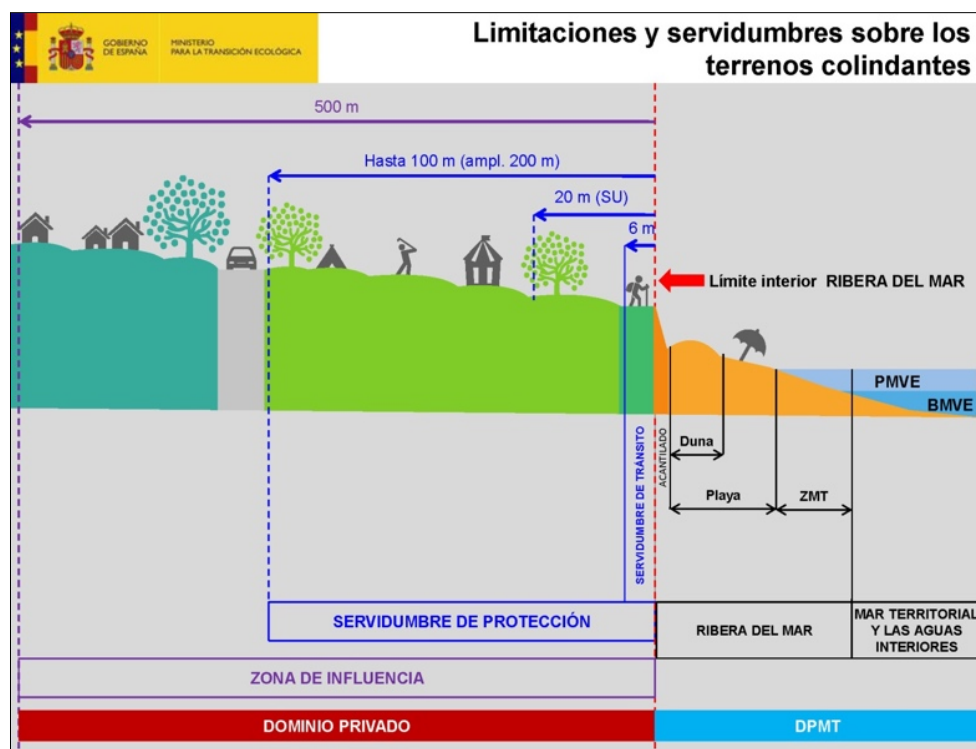
7.– Incorporar en el planeamiento territorial y urbanístico la perspectiva climática en el siguiente sentido:

a) El Plan Territorial Sectorial de Protección y Ordenación del Litoral se adecuará identificando en las zonas costeras las medidas de adaptación a los efectos adversos de la elevación del nivel del mar y al oleaje extremo.

b) Permeabilización y vegetación de los espacios públicos, fomentando las infraestructuras verdes y azules y las soluciones basadas en la naturaleza en ámbitos susceptibles de sufrir inundaciones y estrés térmico, y en particular el efecto isla de calor.

La Ley de Costas

El principal ámbito de actuación y zona a proteger por la *Ley Costas* es el dominio público marítimo-terrestre, pero además la referida Ley define otras zonas colindantes a ésta, en las que se establecen ciertas limitaciones a la propiedad y una regulación mínima complementaria a la que dictan las comunidades autónomas en el ámbito de sus competencias. Estas zonas son las indicadas en la figura adjunta:



El litoral, según la Ley de Costas. Fuente: MITECO

El dominio público marítimo-terrestre (DPMT) y sus terrenos colindantes, están sometidos a las diversas limitaciones y servidumbres, que quedan establecidos en el Reglamento General de Costas, aprobado por el *Real Decreto 876/2014, de 10 de Octubre*.

PRUG de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, Planeamiento Territorial Parcial y Sectorial y otros

Además de las Leyes y Directrices de Ordenación Territorial citadas anteriormente, en este documento se ha seguido las normativas que se desprenden de los siguientes documentos, de aplicación directa a la ordenación del litoral del País Vasco:

- Plan Rector de Uso y Gestión de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai
- Planes Territoriales Parciales de las siguientes áreas funcionales:

- Área Funcional de Bilbao Metropolitano
 - Área Funcional de Mungialdea
 - Área Funcional de Busturialdea-Artibai
 - Área Funcional del Bajo Deba
 - Área Funcional de Urola Kosta
 - Área Funcional de Donostialdea-Bajo Bidasoa
- Planes Territoriales Sectoriales de aplicación a este trabajo:
- Plan Territorial Sectorial (PTS) de Protección y Ordenación del Litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco aprobado definitivamente en 2007.
 - Plan Territorial Sectorial (PTS) de Zonas Húmedas, aprobado definitivamente en 2012.
 - Plan Territorial Sectorial (PTS) de Ordenación de Ríos y Arroyos del CAPV, aprobado en 1998 (Vertiente Cantábrica) y en 1999 (Vertiente Mediterránea) y modificados ambos en materia de inundabilidad en 2013.
 - Plan Territorial Sectorial (PTS) Agroforestal de la CAPV, aprobado definitivamente en 2014.

Otros elementos de Ordenación existentes

Como otros elementos de Ordenación vigentes, se pueden citar, sobre todo a nivel ambiental, la Red Natura 2.000 en el ámbito territorial del PTS de Protección y Ordenación del Litoral y el Plan Especial de Protección y Ordenación de los recursos naturales del área de Txingudi de 1994.

2.1.2. CAMBIO CLIMÁTICO

Estrategia de Cambio Climático (KLIMA 2050)

El Gobierno Vasco aprobó en Junio de 2015 la Estrategia de Cambio Climático del País Vasco Klima 2050 con el horizonte puesto en 2050 y con dos objetivos fundamentales: la mitigación y la adaptación. Para conseguir estos dos objetivos, la Estrategia se divide en 9 metas sectoriales, que se concretan en 24 líneas de actuación, que a su vez definen un total de 70 actuaciones para el año 2050.

El objetivo de mitigación se puede conseguir disminuyendo la emisión de gases efecto invernadero (GEI) a la atmósfera aumentando el consumo de energías renovables, de forma alineada con los objetivos fijados por la Unión Europea.

El segundo objetivo, el de adaptación, reside en asegurar la resiliencia del territorio al cambio climático. Este segundo objetivo es el que incide de forma más directa en la ordenación territorial y por lo tanto en el objeto de este trabajo.

Otros Estudios de Cambio Climático con implicación territorial

Dentro de otros estudios sobre cambio climático consultados, se estima apropiado señalar la ***“Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española”***.

Además, en enero de 2019 la sociedad pública de gestión ambiental IHOBE publicó el trabajo ***“Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de los municipios vascos ante el cambio climático”***. Desde el punto de vista de la planificación territorial, los resultados del proyecto están enfocados a facilitar la identificación de patrones territoriales de vulnerabilidad y riesgo, destacando puntos o ámbitos críticos ante diferentes amenazas climáticas.

Debe citarse también que algunos municipios vascos han emprendido ya en los últimos años acciones encaminadas al diagnóstico de su vulnerabilidad al cambio climático y a la elaboración de estrategias de adaptación, como es el caso de las tres capitales del País Vasco.

Por último, cabe destacar que actualmente la Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco – Ihobe está realizando el proyecto ***“Kostegoki”***, dentro de la línea de financiación, PIMA Adapta Costas CCAA 2017. Este proyecto tiene como principal objetivo aportar información y herramientas a los organismos competentes en relación con el Cambio Climático sobre la costa vasca.

2.1.3. PTS DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN DEL LITORAL VIGENTE (DECRETO 43/2007, DE 13 DE MARZO)

El Plan Territorial Sectorial de Protección y Ordenación del Litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco fue aprobado definitivamente a través del *Decreto 43/2007, de 13 de marzo*. El ámbito de ordenación del Plan atañe a una franja de anchura mínima de 500 metros a partir del límite interior de la ribera del mar, que es la *“zona de influencia”* definida en la *Ley de Costas*.

En esa área de ordenación, el Plan establece los criterios de protección, mejora y conservación de los recursos naturales, de un lado, y las directrices para regular el uso público en el litoral, de otro. Junto a ello, propone criterios tanto para el señalamiento de zonas de *“Especial Protección”*, a efectos de la *Ley de Costas*, como para la inclusión de determinadas áreas en el catálogo de zonas ambientalmente sensibles del litoral vasco, a efectos de la *Ley General de Medio Ambiente del País Vasco*.

Para la protección del litoral, el Plan determina finalmente distintas categorías de protección y, a su vez, propone una serie de usos admisibles en cada una de esas categorías, respetando lo establecido en otros instrumentos de planificación ambiental u ordenación territorial contemplados para determinadas zonas situadas en el litoral (Urdabai, los Parques Naturales, los Biotopos Protegidos, las áreas pertenecientes a la Red Ecológica Europea Natura 2000, puertos, etc.).

Dentro del análisis realizado en este trabajo sobre el PTS del Litoral vigente, se ha visto necesario la actualización de la información en los siguientes aspectos:

- **Expresión gráfica del ámbito del estudio:** El ámbito de estudio del PTS del Litoral actual es algo escaso en las rías por la influencia de la subida del nivel del mar debido al cambio climático.
- **Sectorización de los Medios considerados:** La sectorización de Medios del PTS actual se considera válida y adecuada para el presente estudio.
- **Actualización de la información del PTS vigente.** Desde la aprobación del PTS vigente han pasado 13 años en los que se han producido modificaciones importantes tanto a nivel de Ordenación Territorial como a nivel ambiental.

Dentro de las modificaciones a nivel de Ordenación Territorial, es obligado citar las DOT vigentes, que favorecen y obligan a incluir en los documentos de ordenación variables transversales como son el cambio climático, el paisaje, la perspectiva de género, la salud y la accesibilidad universal y el euskera. Además, conviene reseñar la modificación de la Ley de Costas y su Reglamento en los años 2013 y 2014 respectivamente, la modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico con una normativa específica de usos en zonas inundables en el año 2018, la aprobación definitiva de varios Planes Territoriales Parciales (PTPs) con municipios costeros y la aprobación definitiva de los PTSs Agroforestal, de Zonas Húmedas y de Ríos y Arroyos de la CAPV.

Los cambios experimentados en la normativa ambiental tienen que ver con la conformada red verde y con el afianzamiento y ampliación de los espacios protegidos que contiene.

- **Inclusión del Cambio Climático** como una variable transversal en la ordenación territorial del PTS del Litoral, de acuerdo con las indicaciones normativas de las DOT de la CAPV vigentes actualmente.

2.2. SÍNTESIS INFORMATIVA

2.2.1. **ÁMBITO TERRITORIAL, TOPOGRAFÍA Y FUENTES**

Descripción del Ámbito Territorial

El ámbito territorial del trabajo es sin duda el litoral de la CAPV que tiene una longitud de costa, teniendo en cuenta sus irregularidades, de 275,5 km de los cuales el 81% corresponde a zonas rocosas o acantilados, el 1% corresponde a los estuarios o rías, medidos como líneas rectas entre las dos márgenes en los puntos considerados como estuarios en este trabajo, el 8% corresponden a playas y el resto, 10 % son infraestructuras, principalmente portuarias.

La franja de estudio planteada ha sido una banda a 1.600 m a partir de la línea que define el dominio marítimo terrestre, a lo largo de todo el litoral incluyendo las rías. En este sentido se partió inicialmente de la banda de estudio señalada en el PTS del Litoral vigente de 500 m de anchura a partir de la línea que define el dominio marítimo terrestre actual, pero después de un primer estudio de afección de la marea por incremento del nivel del mar se ha visto necesario ampliar esta banda a 1.600. En la siguiente figura se aprecia la diferencia entre la banda terrestre en el PTS actual y la banda planteada en este trabajo.



En color azul se representa el límite del PTS actual y en rojo el límite propuesto para abarcar toda la problemática del cambio climático. En verde aparece el Dominio Marítimo Terrestre.

Este trabajo se ha grafiado en 10 colecciones de planos, para cada una de las temáticas estudiadas en este documento y cada colección de planos tiene 20 hojas que abarca todo el Litoral de la CAPV de acuerdo con el siguiente esquema.



Como base topográfica y de trabajo se ha utilizado el LIDAR 2016, que, si bien no está actualmente muy actualizado ya que existen modificaciones sustanciales en algunas zonas principalmente de rías, es una base adecuada pensando siempre en la fecha de 2016. En este sentido hay que también reseñar que la topografía en las playas corresponde al momento del vuelo del LIDAR y por lo tanto no refleja la realidad de la evolución de las mismas.

El LIDAR está en coordenadas UTM ETRS-89 y su altimetría es la de la red NAP-2008. Dada la indefinición que aparece en las zonas de playas por debajo de la cota +1,00, se ha tomado esta cota como línea de costa en la playa.

El Nivel del Mar y las Pleamares Astronómicas y Meteorológicas

Siendo la elevación del nivel del mar el principal impacto del cambio climático en la costa, parece conveniente realizar una definición de los términos técnicos que se emplean a lo largo del presente documento.

En primer lugar, se aborda el concepto del **nivel medio del mar**. El nivel medio del mar se puede definir como el nivel de las aguas tranquilas del mar promediado durante un periodo determinado de tiempo (meses, años) de tal forma que los efectos provocados periódicamente por mareas y por otras causas frecuentes como las olas quedan compensados. El nivel del mar se mide por medio de mareógrafos. En Euskadi existen, uno el del Puerto de Pasaia explotado por Azti con la aportación de Aranzadi, y el segundo en el Puerto de Bilbao explotado por Puertos del Estado. Estos mareógrafos han permitido determinar el nivel medio del mar y relacionarlo con las cotas correspondientes al sistema de altimetría denominado RED NAP 2008 (Red de Nivelación de Alta Precisión) del Instituto Geográfico Nacional (IGN). De acuerdo con la medición del nivel medio del mar del Puerto de Bilbao este nivel medio del mar, referido a la red NAP 2008 es, en el año 2017, la cota 0,307.

El siguiente parámetro empleado corresponde a **los niveles de marea**. En este sentido es necesario distinguir entre **la marea astronómica y la marea meteorológica**. Como es por todos conocido, el nivel del mar oscila diariamente y varias veces al día debido a la atracción gravitatoria de la luna y el sol (marea), de forma que, en el litoral de Euskadi, como en el resto del Cantábrico, se producen diariamente dos pleamares y dos bajamares (mareas astronómicas).

La altura de la marea depende de la distancia de la luna a la tierra y del sol a la tierra. El efecto de la luna sobre la oscilación del nivel del mar es más importante, a pesar de ser mucho más pequeña que el sol, debido a la proximidad a la tierra comparada con la distancia entre la tierra y el sol.

De acuerdo con estos conceptos, se ha calculado y definido que **el nivel máximo de la marea viva equinoccial (máxima pleamar viva equinoccial) sea la 2,69 m para toda la costa del País Vasco y que se da con una periodicidad de 18-19 años.**

La marea meteorológica está producida por la acción del viento y por la acción atmosférica de borrascas y anticiclones. La acción de un viento constante del mar hacia la costa produce también un incremento del nivel del mar sobre todo en zonas cerradas, que en principio no es despreciable. La suma de estos dos componentes, viento y presión atmosférica produce un incremento o disminución del nivel del mar en la costa que se denomina marea meteorológica y se suma o resta siempre a la astronómica.

En el Puerto de Bilbao se ha llegado a medir mareas meteorológicas de 42 cm de incremento y de 33 cm de disminución del nivel del mar por los fenómenos de tipo meteorológico anteriormente citados. En general estos fenómenos no coinciden con las mareas vivas equinociales, por lo que los máximos niveles de pleamares observadas en la serie de más de 25 años del Puerto de Bilbao suponen un incremento respecto a la máxima pleamar viva equinoccial de 22 cm.

De acuerdo con lo indicado y para el estudio de los impactos producidos por el incremento del nivel del mar debido al cambio climático se han definido en la situación actual y de acuerdo con la altimetría NAP 2008 las siguientes cotas:

- Cota del Nivel medio del mar: 0,31 m
- Cota de la máxima pleamar viva equinoccial: 2,69 m
- Cota de la máxima pleamar meteorológica: 2,91 m

Inundaciones fluviales

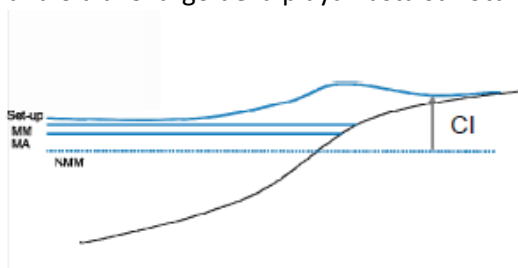
Las manchas de inundación fluviales en las zonas de estuarios se han tratado a partir de los modelos proporcionados por la Agencia Vasca del Agua (URA) manteniendo en los caudales existentes en dichos modelos para las avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno. La condición de contorno fijada ha sido la de la máxima pleamar astronómica.

Efecto de la ola.

La ola al aproximarse a la costa produce una sobreelevación del nivel del mar que si supera el nivel de la costa produce inundaciones o choca con la misma produciendo una rotura rápida, lo que también provoca inundación y erosión en la costa. También y durante los temporales se produce una importante erosión en playas.

Las olas son movimientos ondulatorios, oscilaciones periódicas de la superficie del mar, formadas por crestas y depresiones que se desplazan horizontalmente. La ola en zonas profundas es más o menos una senoide de forma que lo que aumenta sobre el nivel medio del mar en su fase de cresta o creciente, disminuye en la fase de valle o decreciente de una manera casi simétrica. En la ola que se acerca a la costa, el fondo del mar empieza a tener influencia y la ola empieza a erosionar y mover las partículas del fondo perdiendo energía y desestabilizando su forma sinusoidal. Cuando disminuye la profundidad, el fondo hace que la ola se deforme, lo que conlleva un aumento su altura e impulsada por su misma velocidad pierde el equilibrio y se genera la rompiente de la ola.

En cuanto a al efecto en las playas, cuando la ola llega a las playas se producen dos procesos que se han denominado el set-up del oleaje y el run-up. El set up del oleaje es el proceso de aumento de la altura de la ola hasta el momento de su rotura. En el gráfico siguiente se aprecia la evolución de una ola a lo largo de la playa hasta su rotura.



La rotura de la ola sobre la playa produce un movimiento que en apariencia es como si la ola rodase sobre la arena. Este proceso se denomina run-up, que produce un ascenso de la lámina de agua sobre el talud de playa debido a la rotura del oleaje en la costa. Si este ascenso consigue superar la cota superior de una playa, las zonas adyacentes se inundan por la ola.

Estrictamente, el nivel extraordinario en las playas se crea por la suma de tres parámetros a partir del nivel medio del mar: la marea astronómica durante el temporal, la marea meteorológica durante dicho temporal y el oleaje por medio de la sobrelevación del Run-up.

En la costa existen también acantilados o estructuras marítimas a nivel de diques de puertos o de defensas costeras y rías y estuarios. El comportamiento de estos elementos frente a una ola en temporal es totalmente diferente al de las playas. En general, en las estructuras marítimas realizadas por el hombre y en los acantilados, la profundidad del mar en la costa es superior al de una playa y la ola llega a ese punto con la mayoría de su energía. Esta energía se disipa indudablemente por la influencia del fondo del mar, por el choque con la ola anterior se refleja después de su impacto y por el impacto contra el acantilado o contra la estructura marítima. Este impacto produce un ascenso muy importante del agua, inundando esta zona de costa.



En general, la altura de ola rota alcanza, sobre el nivel del mar en ese momento (nivel medio del mar + marea astronómica + marea meteorológica), una altura aproximada de dos veces la altura de la ola que choca contra el dique, acantilado o muro.

Por último, es necesario citar lo que sucede en los estuarios en el momento del temporal. La ola penetra en el estuario y lo recorre hacia aguas arriba disipando su energía a lo largo del mismo con una disipación inicial muy importante que luego va perdiendo fuerza. Las variables del efecto de la ola en el interior de los estuarios son numerosas. Así, depende del caudal del río que desemboca, de la situación de la marea, si está subiendo o bajando, de las características de la ría a nivel de anchura, rugosidad del fondo, rugosidad de los laterales, etc.



Olas en la ría del Urumea

Para tener en cuenta este efecto, se han utilizado los datos del Instituto Hidráulico de Cantabria (IH Cantabria) de acuerdo con el visor C3E.

Conocidas las variables de la influencia de las olas en playas, estuarios y acantilados o diques de defensa, se ha definido la cota de elevación por ola en cada uno de estos tres casos en función de los datos del visor C3E del Instituto Hidráulico de Cantabria (IH Cantabria) en la costa vasca. Dado que las cotas no son homogéneas por situación de la playa, pendiente, orientación a los temporales, etc., se han homogenizado en dos grupos, uno para el este del cabo Matxitxako y otro para el oeste.

Las cotas propuestas en las playas han sido la cota 6,24 m para las playas situadas al oeste del cabo Matxitxako, la 5,97 m para las playas situadas al este.

Como se ha comentado, el visor define una segunda variable que es el impacto en costa, que se extrapola al impacto en la zona de estuarios en donde la influencia de la ola es menor por la protección que los mismos tienen. Este impacto supone una elevación respecto al nivel de la pleamar viva equinoccial que el visor C3E lo señala con una **cota media respecto al NAP 2008 para la costa vasca de 3,31**.

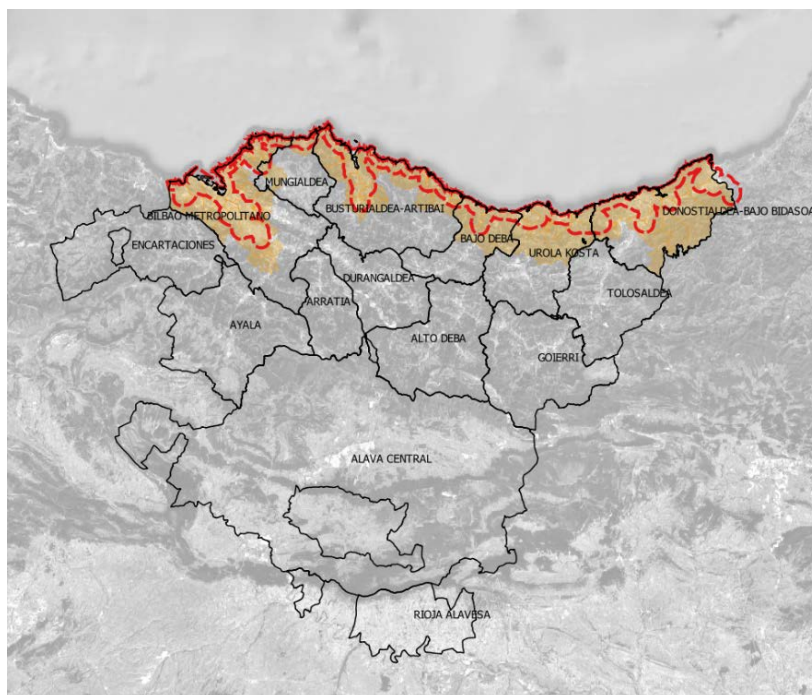
La ola que impacta contra los acantilados o los diques de protección de puertos, estuarios, etc., se ha estimado para la costa situada al oeste del cabo de Matxitxako de 18,60 m y la del este de 17,43 m.

2.2.2. INFORMACIÓN SOBRE EL LITORAL DE LA CAPV

El Litoral Vasco en la Ordenación del Territorio de la CAPV

Este apartado se centra en analizar la implicación del litoral y del ámbito de estudio propuesto principalmente a nivel urbanístico de acuerdo con la información existente en el **Udalplan 2018**.

Las Áreas Funcionales (A.F.) afectadas por este estudio son: A.F. de Bilbao Metropolitano, A.F. de Munigialdea, A.F. de Busturialdea-Artibai, A.F. de Bajo Deba, A.F. de Urola Kosta, A.F. de Donostialdea-Bajo Bidasoa. En el siguiente gráfico se señala en ámbito analizado en el conjunto de la CAPV. El ámbito propio del estudio se señala con una línea roja a trazos y en color naranja los municipios afectados por el límite del estudio. El estudio no abarca nunca la totalidad de un área funcional, sino más bien, una superficie menor en comparación con la totalidad del área funcional correspondiente.



Los municipios comprendidos en el presente trabajo son, por Áreas Funcionales, los siguientes:

BILBAO METROPOLITANO				
Abanto Zierbena	Berango	Gorliz	Plentzia	Valle De Trápaga -Trapagaran
Alonsotegi	Bilbao	Lemoiz	Portugalete	Zamudio
Arrigorriaga	Derio	Leioa	Santurtzi	Zierbena
Barakaldo	Erandio	Loiu	Sestao	
Barrika	Etxebarri	Muskiz	Sondika	
Basauri	Getxo	Ortuella	Sopela	
MUNGIALDEA				
Bakio	Gatika			
BUSTURIALDEA-ARTIBAI				
Ajangiz	Berriatua	Forua	Ispaster	Mundaka
Amoroto	Busturia	Gautegiz Arteaga	Kortezubi	Murueta
Arratzu	Ea	Gernika-Lumo	Lekeitio	Ondarroa
Bermeo	Elantxobe	Ibarrangelu	Mendexa	Sukarrieta
Deba	Mendaro	Mutriku		
UROLA KOSTA				
Aia	Getaria	Zarautz	Zestoa	Zumaia
Aizarnazabal	Orio			
DONOSTIALDEA-BAJO BIDASOA				
Astigarraga	Errenteria	Hondarribia	Lezo	Pasaia
Donostia / San Sebastián	Hernani	Irun	Oiartzun	Usurbil

De acuerdo con esta distribución, se ha realizado la siguiente tabla a nivel de superficie y población en donde se compara la superficie y población de la totalidad del Área Funcional frente a la superficie y población incluida dentro de los municipios anteriormente señalados.

ÁREA FUNCIONAL	SUPERFICIE			POBLACIÓN		
	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO ESTUDIO	PORCENTAJE	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO ESTUDIO	PORCENTAJE
BILBAO METROPOLITANO	50.935	34.664	68%	892.797	847.175	95%
MUNGIALDEA	15.015	3.373	22%	26.584	4.258	16%
BUSTURIALDEA-ARTIBAI	48.453	22.117	46%	71.850	61.142	85%
BAJO DEBA	21.010	10.310	49%	72.751	12.923	18%
UROLA KOSTA	32.414	15.097	47%	75.611	48.161	64%
DONOSTIALDEA-BAJO BIDASOA	37.619	32.077	85%	401.939	362.262	90%
TOTAL	205.446	117.638	57%	1.541.532	1.335.921	87%

Si se comparan estos datos con la totalidad de la CAPV se puede observar que la zona de estudio supone el 28,40 % de la superficie total de la CAPV, pero supone el 61,06 % de la población de la CAPV, lo que indica la importancia del ámbito del estudio a nivel poblacional.

De forma similar se han evaluado las variables urbanísticas a nivel de las Áreas Funcionales señaladas en el ámbito de este estudio a partir de los datos de Udalplan 2018.

El resultado de esta comparación se expone en las siguientes tablas.

COMPARACIÓN Nº ACTUAL DE VIVIENDAS Y SUPERFICIE DE A.E. OCUPADA POR ÁREAS FUNCIONALES

ÁREA FUNCIONAL	Nº DE ACTUAL DE VIVIENDAS			SUPERFICIE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS OCUPADAS EN HA		
	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO DEL ESTUDIO	PORCENTAJE	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO DEL ESTUDIO	PORCENTAJE
BILBAO METROPOLITANO	399.478	381.936	96%	2.341,86	2.095,70	89%
MUNGIALDEA	10.056	3.164	31%	115,68	11,57	10%
BUSTURIALDEA-ARTIBAI	34.127	30.774	90%	194,61	117,67	60%
BAJO DEBA	33.501	6.093	18%	304,28	87,83	29%
UROLA KOSTA	32.694	21.561	66%	403,14	211,41	52%
DONOSTIALDEA-BAJO BIDASOA	186.365	32.077	85%	1.087,17	960,26	90%
TOTAL	696.221	475.605	68%	4.446,74	3.484,44	78%

COMPARACIÓN SUPERFICIE DE SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES Y EQUIPAMIENTOS POR ÁREAS FUNCIONALES

ÁREA FUNCIONAL	SISTEMA GENERAL DE ESPACIOS LIBRES EN HA			EQUIPAMIENTOS EN HA		
	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO DEL ESTUDIO	PORCENTAJE	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO DEL ESTUDIO	PORCENTAJE
BILBAO METROPOLITANO	1.768,12	1.665,23	94%	1.173,30	992,60	85%
MUNGIALDEA	40,71	17,93	44%	186,32	19,13	10%
BUSTURIALDEA-ARTIBAI	155,64	126,56	81%	150,40	118,31	79%
BAJO DEBA	466,52	50,58	11%	93,83	18,54	20%
UROLA KOSTA	156,87	126,54	81%	150,85	94,10	62%
DONOSTIALDEA-BAJO BIDASOA	2.118,25	1.950,57	85%	520,02	478,63	90%
TOTAL	4.706,11	3.937,41	84%	2.274,72	1.721,31	76%

COMPARACIÓN SUPERFICIE DE COMUNICACIONES E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS POR ÁREAS FUNCIONALES

ÁREA FUNCIONAL	COMUNICACIONES EN HA			INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS EN HA		
	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO DEL ESTUDIO	PORCENTAJE	ÁREA FUNCIONAL	MUNICIPIOS DENTRO DEL ESTUDIO	PORCENTAJE
BILBAO METROPOLITANO	2.403,78	2.083,15	87%	371,46	370,53	100%
MUNGIALDEA	216,95	32,54	15%	14,61	8,46	58%
BUSTURIALDEA-ARTIBAI	498,20	341,55	69%	54,62	32,90	60%
BAJO DEBA	270,52	158,29	59%	30,11	9,26	31%
UROLA KOSTA	267,95	167,67	63%	38,99	9,04	23%
DONOSTIALDEA-BAJO BIDASOA	1.234,60	1.086,18	85%	107,57	104,84	90%
TOTAL	4.892,00	3.869,38	79%	617,36	535,03	87%

Como se puede apreciar, la zona de estudio corresponde aproximadamente al 80 % de media respecto a la misma variable en la totalidad de las Áreas Funcionales analizadas.

Comparando estos datos con la totalidad de la CAPV se puede indicar que, en cuanto al número actual de viviendas, el porcentaje analizado en este trabajo es del 48,65 % respecto a la totalidad de la CAPV. En cuanto a superficie destinada a actividades económicas, la zona de estudio representa el 38,39 %. Analizando los mismos datos referidos a superficie de espacios libres, la zona en estudio representa el 59,30 % de la totalidad de la CAPV y la superficie de equipamientos el 32,56 %. Por último, la superficie ocupada por las comunicaciones (carreteras, ferrocarril, puertos y aeropuertos) supone en la zona de estudio el 39,46 % de la totalidad de la CAPV y la superficie de infraestructuras básicas, principalmente de instalaciones de agua potable, saneamiento y electricidad, supone el 44,32 %.

Playas

Las playas estudiadas en el presente estudio han sido las definidas en los catálogos de playas tanto por la Diputación Foral de Bizkaia como por la Diputación Foral de Gipuzkoa. Así, en total, se han estudiado 41 playas, de las cuales 17 están en Gipuzkoa y 24 en Bizkaia. En las siguientes tablas, además, se observan cómo están repartidas estas playas por Áreas Funcionales.

BILBAO METROPOLITANO	HA
Armintza	0,07
Arrietara	6,56
Arrigunaga	5,02
Astondo/Gorliz/Plentzia	10,69
Azkorri/Gorrondatxe	5,03
Barinatxe (La Salvaje)	5,81
Ereaga	6,20
BILBAO METROPOLITANO	HA
Exkallerana/Barrika	0,87
La Arena	8,44
Las Arenas	0,65
Mekakoz	0,75
Muriola	0,25
TOTAL	50,34

BUSTURIALDEA-ARTIBAI	HA
Aritzatxu	0,19
Arrigorri	1,26
Ea	0,52
Isuntza	1,21
Kanala/Kanalape (Playa Del Amor)	8,79
Karraspio	2,55
Laga	3,75
BUSTURIALDEA-ARTIBAI	HA
Laida	6,84
Mundaka/Laidatxu	1,60
San Antonio	2,86
Tona	0,30
TOTAL	29,87

BAJO DEBA	HA
Lapari	0,53
Mutriku (Puerto)	0,50
Mutriku 2	0,12
Ondarbeltz	1,07
Santiago De Deba	3,68
Saturraran	1,73
TOTAL	7,63

DONOSTIALDEA-BAJO BIDASOA	HA
Concha	2,51
Ondarreta	4,46
Hondarribia	11,39
Zurriola	6,83
TOTAL	25,19

UROLA KOSTA	HA
Gaztetape	0,34
Itzurun	0,76
Malkorbe	1,80
Oribarzar	0,86
Orio	3,64
Santiago	4,89
Zarautz	9,77
TOTAL	22,06

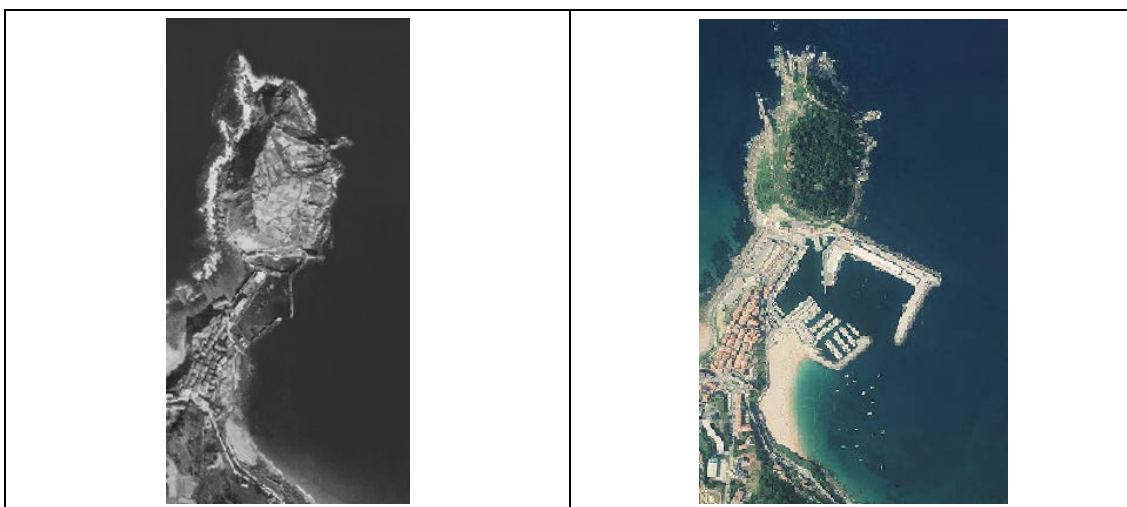
MUNGIALDEA	HA
Bakio	7,9

En total en el litoral de la CAPV tenemos 143,01 Ha de playas (estas superficies están medidas desde la curva de nivel de cota 1,00 hasta el final de la playa según el LIDAR 2016 y las ortofotos del año 2018), 88,11 Ha en Bizkaia y 54,90 Ha en Gipuzkoa. La playa más grande es la playa de Hondarribia con una superficie total de 11,39 Ha y la más pequeña Armintza con una superficie de 0,07 Ha.

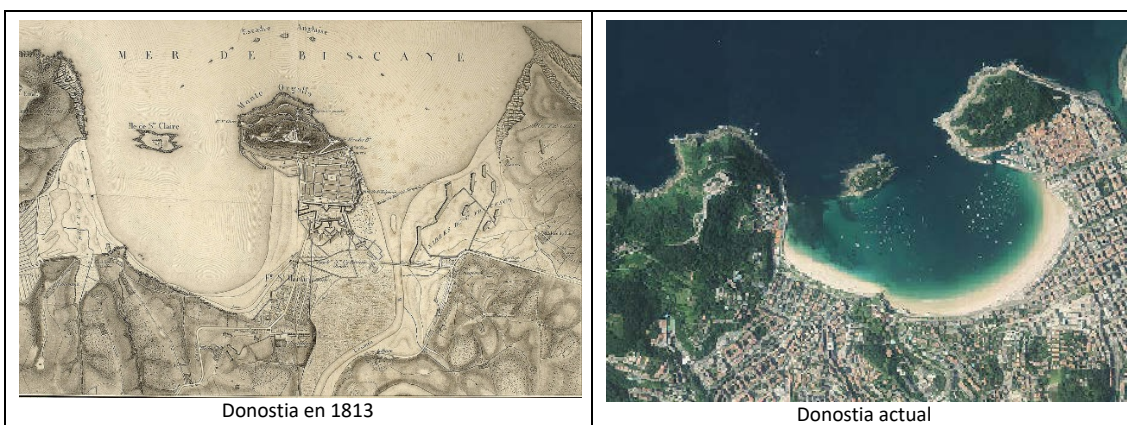
Se ha realizado inicialmente un análisis de la evolución territorial de las playas y se aprecia la existencia de playas muy modificadas o artificializadas como las de Hondarribia, La Zurriola o Mutriku. Como ejemplo se muestra la playa de La Zurriola en Donostia-San Sebastián.



Existen otras que han crecido al abrigo de obras de defensa de los puertos o rías como la de Malkorbe, Santiago en Zumaia-Getaria, Deba, Ereaga, etc. Se muestra el ejemplo de la playa de Malkorbe en Getaria.



En otras se ha producido un proceso de urbanización de la propia zona de playa como en Zarautz, Bakio o en las playas de la Concha y Ondarreta de Donostia., etc. Se muestra el ejemplo de las playas de La Concha y Ondarreta de Donostia-San Sebastián.



Donostia en 1813

Donostia actual

Por otro lado, ha existido en Gipuzkoa un proceso de urbanización de las zonas próximas a las playas mayor que en Bizkaia.

Rías

Las rías junto con los acantilados y las playas configuran el litoral vasco. En principio las rías es la entrada del agua del mar en los ríos que desembocan dando en general continuidad al valle fluvial de cada río.

Las rías del País Vasco tienen o tenían en principio un valor ecológico muy importante ya que han sido y son un refugio natural para muchas especies de fauna y flora. Además, la transición que se produce entre el agua dulce del río hasta el agua salada del mar da origen a una vida animal destacable en su interior, pasando de un ecosistema fluvial a otro típico de las rías. A parte de la riqueza ambiental de las rías, han sido siempre zonas de desarrollo urbano al ser zonas muy cercanas a la costa, llanas y en general, defendidas de los temporales marinos, aunque no de las inundaciones fluviales.

Las rías analizadas en este documento han sido las siguientes:

- Área Funcional De Bilbao Metropolitano
 - Ría del Barbadun en Muskiz
 - Ría del Nerbioi
 - Ría del Butroe en Plentzia-Barrika

- Área Funcional De Mungialdea
 - Ría del Estepona en Bakio

- Área Funcional De Busturialdea-Artibai
 - Ría del Urdaibai
 - Ría de Ea
 - Ría del Lea
 - Ría del Artibai

- Área Funcional Del Bajo Deba
 - Ría del Deba

- Área Funcional De Urola Kosta
 - Ría del Urola-Narrondo
 - Ría de Iñurritza en Zarautz
 - Ría del Oria

- Área Funcional De Donostialdea-Bajo Bidasoa
 - Ría del Urumea
 - Ría de Oiartzun
 - Ría del Bidasoa-Jaizubia

Hoy se conserva en buen estado una sola ría: la Ría de Urdaibai, declarada en 1984 Reserva de la Biosfera. Otras rías por otro lado, conservan amplias zonas marismales como son los casos de Txingudi, Orio y Zumaia en Gipuzkoa, y de Lea, Butroe y Barbadun en Bizkaia. Existen así mismo, algunas pocas rías que, pese a estar gravemente deterioradas, conservan pequeñas zonas marismales como Inurritza y Deba en Gipuzkoa, y Ondarroa en Bizkaia. Por último, señalar que hay rías también en las que no ha quedado rastro de las marismas que anteriormente existieron. Este es el caso de la ría de Ibaizabal, de la bahía de Bakio, de la ensenada de Pasajes o de la desembocadura del Urumea. Así mismo, en estas rías se producen los asentamientos urbanos más importantes de la CAPV como son los del Área Funcional de Bilbao, principalmente en la ría del Nerbioi, los de la ría del Urumea con los asentamientos de Donostia, Astigarraga y Hernani y los del Bidasoa con Irún- Hondarribia en la margen izquierda y Hendaia en la derecha.

Además, las rías han servido como elementos de refugio de la navegación convirtiéndose en puertos aprovechando la defensa natural existente. En este sentido destacan sin duda el Puerto de Pasaia y de Orio en Gipuzkoa, el puerto interior de Bilbao (Abra Interior) en Bizkaia. Esta posibilidad de ejecución de puertos en las rías se ha visto incrementada con la ejecución en los últimos 25 años varios puertos deportivos como el de Hondarribia, Orio y Zumaia. Dentro de este aspecto infraestructural es también necesario citar el Aeropuerto de San Sebastián en Hondarribia que está también en zona de estuario en la ría del Bidasoa.

Por último, es obligado indicar que el límite del Dominio Público Marítimo Terrestre se adentra en las rías hasta aproximadamente, salvo excepciones, el nivel de la máxima marea viva equinoccial. Esta penetración de la Ley de Costas en el territorio, que tiene las implicaciones territoriales definidas en la Ley, supone una longitud de varios kilómetros en los estuarios más importantes.

2.2.3. INFORMACIÓN AMBIENTAL

La información ambiental base del presente trabajo ha permitido poder definir los siguientes ámbitos territoriales:

- **Red Verde.** Se han definido los espacios que componen la red verde del presente trabajo en base a las zonas de Especial Protección o Protección Estricta de los PTS's de Ordenación del Litoral y de Zonas Húmedas, a las zonas definidas como ZEC o ZEPA de la Red Natura 2000, los Espacios Naturales Protegidos, la Reserva de la Biosfera de Urdaibai y otras áreas protegidas por los Planes Territoriales Parciales (PTP's) de las áreas funcionales analizadas.
- **Dunas.** Las dunas son también unos elementos que realmente van a ser afectados por el cambio climático, y especialmente por el incremento del nivel del mar y la erosión durante los temporales marinos. La situación de estas formaciones en la CAPV es absolutamente crítica por causas humanas, quedando muy pequeños reductos de estas dunas, que constituyen un Hábitat de Interés Comunitario de tipo Prioritario, en la playa de la Arena (Muskiz-Zierbana), en Gorliz, las dunas en la ría del Urdaibai, en la playa de Laga, en la playa de Santiago en Zumaia y en Iñurritza de Zarautz.
- **Marismas.** Las marismas son zonas de un altísimo valor natural y ecológico y que sin embargo durante las últimas décadas han sufrido también una fuerte presión antrópica en nuestro litoral. De las 15 rías existentes en la CAPV (8 en Bizkaia y 7 en Gipuzkoa), las marismas en algunas de estas rías han desaparecido prácticamente por causas antrópicas, como la ría del Oiartzun y Urumea en Gipuzkoa y la ría del Nerbioi en Bizkaia y las restantes han sido objeto de considerables transformaciones. Estas últimas, sin embargo, tienen una alta potencialidad de ser recuperadas y como pueden ser zonas de las rías de Barbadun, Butroe, Urdaibai, Lea, Artibai, Deba, Urola, Inurritza, Oria y Txingudi-Bidasoa.

3. FASE 2: AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y METODOLOGÍA

3.1. AMENAZAS ASOCIADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1.1. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

Definidas las afecciones de forma general se hace necesario especificar unas magnitudes numéricas de dichas amenazas, para conseguir conocer y delimitar sus impactos tanto en el medio biofísico como en el medio urbano e infraestructuras. Estas amenazas varían en función de las hipótesis de evolución del cambio climático que se escojan, lo que obliga a definir unos posibles escenarios de evolución de este cambio.

A nivel internacional, se han definido varios escenarios (RCP-*Representative Concentration Pathways*) en función del forzamiento radiativo total en el año 2100 en relación con 1750. Así, se definen los escenarios RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5. En este trabajo se ha trabajado con dos escenarios posibles de cambio climático, junto con el estado actual. El escenario RCP 4.5 que consiste en un escenario en el que se prevé una proyección de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) en línea con la tendencia actual de las mismas, pero con pequeñas reducciones y el escenario RCP 8.5 que es un escenario con un importante incremento de las emisiones, continuación de la tendencia actual sin ninguna reducción de emisiones.

Para este estudio se han creado tres hipótesis dentro de estos dos escenarios:

- Año 2045 en donde los dos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 coinciden o suponen una situación muy similar
- Año 2100 para el escenario RCP 4.5
- Año 2100 para el escenario RCP 8.5

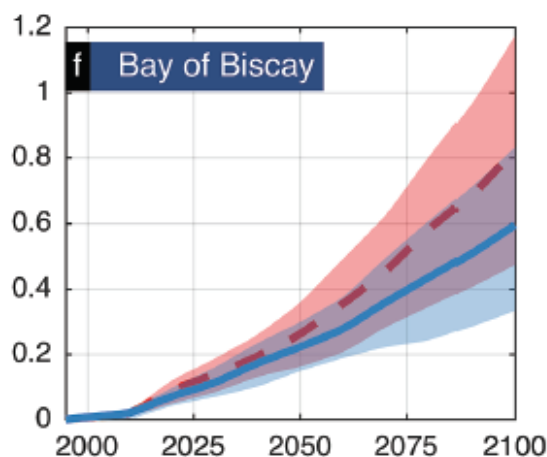
A continuación, se realiza la definición numérica ante estas tres posibles situaciones de cambio climático en las variables definidas en el apartado anterior de subida del nivel del mar en situación de marea astronómica o en situación de marea meteorológica, oleaje e inundaciones en rías por efecto de las inundaciones fluviales.

3.1.2. DEFINICIÓN DE AMENAZAS

Subida del nivel del mar por Marea Astronómica

Para determinar numéricamente la subida del nivel del mar para el año 2045 se ha seguido las indicaciones señaladas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IH Cantabria) en su trabajo titulado: “*Elaboración de la Metodología y Bases de Datos para la Proyección de Impactos de Cambio Climático a lo Largo de la Costa Española. Tarea 2: Proyecciones de Alta Resolución de Variables Marinas en la Costa Española*”. De acuerdo con dicha publicación se propone un valor máximo de subida del nivel del mar de **17 cm**.

Para el **año 2100** (periodo 2080-2100) los dos escenarios de análisis marcan ya tendencias claramente diferentes. Así y para el escenario **RCP 4.5** la subida estimada del nivel del mar en la costa que se propone, de acuerdo con la publicación anteriormente citada y con el siguiente gráfico, un incremento del nivel del mar de **0,49 m**.



Para el **año 2100** y dentro del escenario **RCP 8.5** se propone un incremento del nivel del mar de **80 cm**.

De acuerdo con ello, las cotas que alcanzaría el mar durante la máxima pleamar viva equinoccial serían:

- Máxima Pleamar viva equinoccial actual: 2,69 m
- Máxima Pleamar viva equinoccial Escenarios RCP 4.5 y 8.5 año 2045: 2,86 m
- Máxima Pleamar viva equinoccial Escenario RCP 4.5 año 2100: 3,18 m
- Máxima Pleamar viva equinoccial Escenario RCP 8.5 año 2100: 3,49 m

Además, es necesario indicar que la frecuencia y duración de una determinada cota de marea aumenta con el incremento del nivel del mar de forma que sucesos que hoy día se dan muy pocas veces al año con el incremento serán más habituales. El efecto es el mismo que suponer que la tierra baja respecto al mar, lo que nos vuelve más vulnerables.

Subida del nivel del mar por Marea meteorológica

La marea meteorológica a sumar al nivel del mar durante la máxima pleamar viva equinoccial ya ha sido definida en este trabajo y se ha considerado que la misma es constante en los escenarios analizados y supone una sobrelevación de 22 cm sobre la máxima pleamar viva equinoccial anteriormente definida.

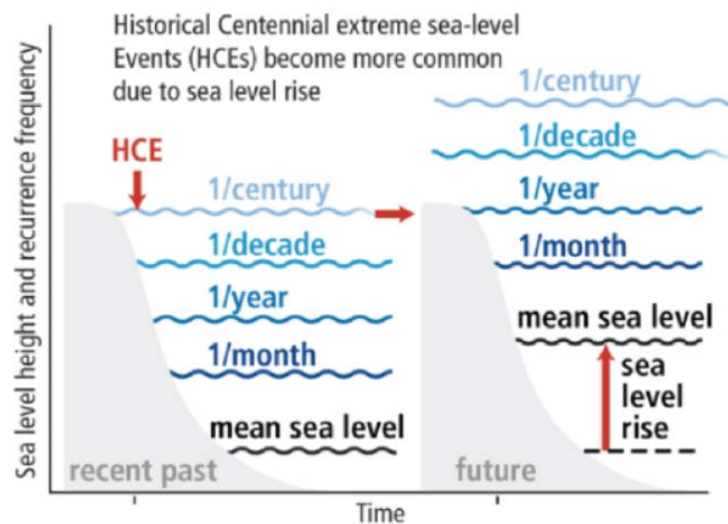
De acuerdo con ello, las cotas del nivel del mar con respecto al nivel de Alicante NAP 2008, en los diferentes escenarios definidos a lo largo de este apartado, la máxima pleamar meteorológica sería:

- Máxima Pleamar Meteorológica actual: 2,91 m
- Máxima Pleamar Meteorológica Escenarios RCP 4.5 y 8.5 año 2045: 3,08 m
- Máxima Pleamar viva Meteorológica Escenario RCP 4.5 año 2100: 3,40 m
- Máxima Pleamar viva Meteorológica Escenario RCP 8.5 año 2100: 3,71 m

Oleaje

El oleaje es una de las amenazas más importantes en los sistemas costeros debido a la erosión que ocasiona en la costa y a la capacidad de poder inundar amplias zonas de la misma. En este estudio se trata principalmente la problemática de inundabilidad por oleaje ya que el estudio de erosión en costa se escapa de la finalidad del mismo dado que su incidencia en la Ordenación del Territorio es, en principio, menor que la inundabilidad.

La problemática de la inundabilidad es doble. Tal y como se señala en el gráfico siguiente obtenido de IH Cantabria, la probabilidad de sufrir daños por un temporal aumenta de forma importante.



Tal y como se observa en el gráfico anterior una playa o paseo resguardado actualmente para un temporal de 100 años de periodo de retorno (1/century), se puede ver inundada en el futuro por la subida del nivel del mar en temporales mucho menores que hoy día no tendrían importancia. Así y de acuerdo con el trabajo de Euskalmet para Protección Civil de “Sistemas de alertas por riesgo marítimo-costero en el litoral vasco”, para que existan daños por un temporal es necesario que se den tres condiciones de forma simultánea.

- Altura característica de ola mar adentro > 7m
- Periodo de la ola > 14-15 s
- Marea > 4,50 m sobre el cero del puerto. (aprox. Cota 2,44 sobre el nivel de Alicante RED NAP 2008)

Analizando estas condiciones bajo el prisma del cambio climático, las dos primeras parecen que no van a variar con dicho cambio y la tercera sí se verá afectada ya que la probabilidad actual de existencia de una marea de 4,50 m o superior sobre el cero del puerto de Bilbao es del 4 % aproximadamente (15 días al año). Si el nivel del mar sube, la probabilidad de que la marea alcance este valor aumenta. Así, para el año 2045, con un incremento de 17 cm, la probabilidad de que ocurra dicha marea o superior aumenta hasta un 9 %. Para el año 2100 según los dos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 este aumento de la probabilidad pasa al 28 y 54 % respectivamente.

Si estos porcentajes los pasamos a días al año que se pueden dar estas circunstancias se obtiene la siguiente tabla.

	COTA MÍNIMA PLEAMAR QUE PUEDE PRODUCIR DAÑOS TEMPORAL POR OLA	PROBABILIDAD DE SUPERACIÓN	Nº DÍAS AL AÑO QUE SE SUPERA LA COTA
ESTADO ACTUAL	4,50	4 %	15
AÑO 2045	4,33	9 %	33
AÑO 2100 RCP 4.5	4,01	28 %	102
AÑO 2100 RCP 8.5	3,70	54 %	197

La otra consecuencia que se produce debido a los temporales marinos por efecto de la subida del nivel del mar es que estos temporales se volverán más devastadores por incremento de la altura de la ola sobre la costa.

Para evaluar este efecto en la Fase 1 de este estudio se han definido las cotas de inundación en costa (rías o estuarios abiertos) o en playas en la situación actual, suponiendo la máxima pleamar viva equinoccial más un temporal asociado al periodo de retorno de 50 años, lo que equivale a un temporal de periodo de retorno de unos 200 años. En el futuro y con el aumento del cambio climático la cota de inundación por ola definida subirá directamente lo que suba el nivel del mar y además la energía de la ola será algo mayor por el incremento de calado que supone dicha elevación, por lo que su efecto será mayor. Despreciando este último término, las cotas de inundación en las playas para los escenarios fijados serían las siguientes:

Cotas en playas al este del cabo Matxitxako:

- Situación actual: 5,97 m
- Escenarios RCP 4.5 y 8.5 año 2045: 6,14 m
- Escenario RCP 4.5 año 2100: 6,46 m
- Escenario RCP 8.5 año 2100: 6,77 m

Cotas en playas al oeste del cabo Matxitxako:

- Situación actual: 6,24 m
- Escenarios RCP 4.5 y 8.5 año 2045: 6,41 m
- Escenario RCP 4.5 año 2100: 6,73 m
- Escenario RCP 8.5 año 2100: 7,04 m

Por otro lado, está el impacto de la ola directamente contra un rompeolas, como puede ser un paseo con muros verticales sobre el mar, un dique de abrigo en un puerto o un acantilado. Igual que en el caso de las playas, se han analizado dos posibilidades según el frente del mar se sitúe al este o al oeste del Cabo Matxitxako. Así en la costa al este de Matxitxako el impacto de la ola se fija en una altura 17,43 m y en la costa oeste de 18,60 m. De acuerdo con estos valores se pueden proponer los siguientes escenarios de estudio:

Cotas de impacto de ola en frentes de costa al este del cabo Matxitxako:

▪ Situación actual:	17,43 m
▪ Escenarios RCP 4.5 y 8.5 año 2045:	17,60 m
▪ Escenario RCP 4.5 año 2100:	17,92 m
▪ Escenario RCP 8.5 año 2100:	18,23 m

Cotas de impacto de ola en frentes de costa al oeste del cabo Matxitxako

▪ Situación actual:	18,60 m
▪ Escenarios RCP 4.5 y 8.5 año 2045:	18,77 m
▪ Escenario RCP 4.5 año 2100:	19,09 m
▪ Escenario RCP 8.5 año 2100:	19,40 m

Inundación Fluvial

La inundación fluvial en las rías y estuarios se evaluará aplicando en la desembocadura la condición de contorno de la máxima pleamar viva equinoccial y los caudales de avenida definidos por la Agencia Vasca del Agua, URA. Estos caudales serán constantes para todos los escenarios porque según los últimos estudios, parece que no va a haber variación en éstos, ya que el posible aumento de la precipitación torrencial se verá compensado por la mayor capacidad de retención de los suelos naturales debido al aumento de la temperatura.

En las zonas de estuario y mientras la inundación fluvial de 100 años de periodo de retorno sea inferior al efecto de la ola en el propio estuario durante un temporal de similar probabilidad, se escogerá como cota de inundación la producida por la ola, aunque el tipo de inundación sea totalmente diferente.

En otro orden de escala es necesario mencionar las lluvias intensas o las tormentas urbanas que se caracterizan por su gran intensidad y su corta duración. Este efecto producirá incrementos de caudales en las zonas urbanas lo que puede ocasionar inundaciones, llegando a poder ser peligrosas en zonas bajas.

Temperatura

Se plantea una elevación de la temperatura ambiente a finales del siglo XXI de 1,8° para el escenario RCP 4.5 y de 3,1° para el RCP 8.5.

3.1.3. SÍNTESIS

Resumiendo, en total se han estudiado cuatro escenarios, y para cada uno de ellos un total de seis amenazas distintas.

Los escenarios estudiados han sido:

- Año 2020: Estado actual
- Año 2045: Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5
- Año 2100: Escenario RCP 4.5
- Año 2100: Escenario RCP 8.5

En cuanto a las amenazas:

- Subida del nivel del mar
 - Marea astronómica (serie de planos nº 1)
 - Marea meteorológica (serie de planos nº 2)
- Inundación fluvial
 - Marea astronómica + 10 años de periodo de retorno de avenida fluvial (serie de planos nº 3)
 - Marea astronómica + 100 años de periodo de retorno de avenida fluvial (serie de planos nº 4)
 - Marea astronómica + 500 años de periodo de retorno de avenida fluvial (serie de planos nº 5)
- Oleaje (serie de planos nº 6)

3.2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.

En el siguiente apartado se va a describir la metodología seguida para cada una de las amenazas descritas en el apartado anterior.

3.2.1. DEFINICIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

Para la obtención del límite del estudio se han empleado por un lado las capas ráster del vuelo LIDAR de GeoEuskadi y por otro lado la capa disponible también en GeoEuskadi que delimita el Dominio Público Marítimo Terrestre. Con las capas del LIDAR se ha obtenido la curva de nivel de la cota 1 m de todo el litoral, que se ha definido el límite exterior del ámbito. Con la capa del Deslinde del Dominio Público Marítimo Terrestre, se ha realizado un buffer de 1600 m y se ha unido con la anterior creando una línea cerrada que es el Ámbito de Estudio, que supone una superficie de 552,48 km².

3.2.2. DEFINICIÓN DE LA RED VERDE

Para la definición de la Red Verde se ha partido de la información disponible en GeoEuskadi sobre los PTS's de Zonas Húmedas y Litoral vigente, PTP's de las distintas Áreas Funcionales y figuras con carácter normativo relacionadas con el medioambiente, como la Red Natura 2000. Se han filtrado las capas correspondientes para únicamente obtener las zonas pertenecientes a la Red Verde. A continuación, se ha realizado una unión de todas estas las capas de dichas zonas en una única capa obteniendo así la capa llamada Red Verde.

3.2.3. DEFINICIÓN DE AMENAZAS

Subida del nivel del mar por Marea Astronómica

Para el análisis de las amenazas se ha partido de la malla de 1 x 1 m del LIDAR sabiendo que es una situación estática de un momento anterior a 2016 y se ha filtrado la malla en función de la cota que se quiere estudiar, según se trate de marea astronómica, marea meteorológica u ola. Los resultados están representados en la colección de planos nº 1 y nº 2 del presente trabajo.

Inundaciones fluviales

Las inundaciones fluviales calculadas han partido de los modelos que ha proporcionado la Agencia Vasca del Agua, URA, para la realización de este estudio y se han rehecho con las condiciones de nivel de mar en cada escenario analizado. Así, se ha ejecutado un modelo por cada uno de los escenarios, para los tres periodos de retorno de las avenidas fluviales, es decir, 10, 100 y 500 años de periodo de retorno. Posteriormente con el empleo del RAS-Mapper se ha obtenido la representación gráfica de los resultados, es decir, las manchas de inundación. Los resultados gráficos de esta hipótesis están en las colecciones de los planos nº3, nº4 y nº5.

Exposición frente a la Ola e Incremento de inundabilidad en zonas urbanas o urbanizables

Con estas cotas se ha realizado una labor de filtrado al igual que para la obtención de las zonas inundables por el incremento del nivel del mar. Pero, en este caso se han marcado con una línea aquellos puntos en donde o bien existe un impacto de ola actualmente o bien existirá en el futuro. Para la ejecución de esta línea se han tenido en cuenta en qué puntos la cota marcada es superior a la de los paseos, carreteras, etc. y de esta manera se ha sabido si realmente existe vulnerabilidad o no. Esta representación gráfica se observa en los planos nº 7 del presente documento.

3.2.4. DEFINICIÓN DE LAS AFECCIONES

Pérdida de superficie de playas por subida del nivel del mar

Para poder evaluar la afección de la subida del nivel del mar en las playas del litoral lo primero de todo se han definido territorialmente las mismas. Se han medido las playas a partir de la curva de nivel de la cota 1, o lo que es lo mismo el límite exterior del trabajo por la costa, cota definida adecuadamente en el LIDAR 2016. El límite interior de las playas se ha marcado empleando las ortofotos del año 2018, con el apoyo de las líneas del Dominio Público Marítimo Terrestre y así se ha delimitado con los paseos, muros que limitan las playas, acantilados, etc. Con las playas delimitadas se ha calculado el área de cada una de ellas.

Por otro lado, se ha intersectado con respecto a las capas de inundabilidad por el incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica, para obtener así, la afección de las áreas que actualmente están inundadas y las que posteriormente lo estarán. Indudablemente esta metodología es una simplificación del proceso de cálculo del retroceso de la playa por efecto de la subida del nivel del mar, ya que supone que la pendiente en la playa es constante y similar a la pendiente en la zona de pleamar en donde el LIDAR tiene ya una exactitud adecuada. Con una definición topográfica mejor, incluyendo la batimetría de la playa se podría haber evaluado mejor este retroceso, pero el método empleado se considera adecuado a la finalidad del estudio.

Pérdida de superficies de marismas por subida del nivel del mar

Para estudiar la pérdida de superficie de marismas debido a la subida del nivel del mar, se ha empleado la capa de Especial Protección del PTS de Zonas Húmedas, eligiendo sólo las marismas. Además, se han integrado la figura de “Zonas de Protección Integral” del Plan Especial Txingudi, y las “Zonas intermareales y supramareales constituidas por fangos con o sin vegetación y zonas de marismas” del PRUG Urdaibai. Con los ámbitos de marismas protegidas definidos se ha procedido a calcular a partir de qué cota y hasta qué cota hay vegetación de marisma. Para ello se ha querido buscar un criterio lo más objetivo posible y se ha realizado la hipótesis de que la verdadera vegetación de marisma debe de ser inundable un número limitado de pleamares, lo que de alguna manera marca una cota mínima y máxima de desarrollo de dicha vegetación. Esta hipótesis no implica que no exista vegetación de marisma por debajo o por encima de las cotas definidas, sino que su desarrollo puede ser más inestable. Las cotas elegidas han sido en el caso de la cota mínima a partir de la cual hay vegetación de marisma, la cota de la pleamar muerta media medida en el puerto de Bilbao, siendo ésta la cota 1,10 m con respecto al NAP2008; la cota máxima, por lo contrario, ha sido la cota de la pleamar viva media, que es la cota 2,21 m con respecto al NAP2008.

Con este criterio se han filtrado aquellas cuadrículas ráster del LIDAR 2016 que estaban dentro de los ámbitos de marismas entre las cotas 1,10 m y 2,21 m y se han obtenido las superficies de las marismas en el estado actual. Posteriormente para estudiar la afección de las mismas, se han calculado las cotas mínimas y máximas de los diferentes escenarios, a partir de las cotas anteriores considerando que el incremento del nivel del mar es el ya definido.

Así, se han obtenido las superficies de marismas actuales y las pérdidas para cada uno de los escenarios.

Pérdida de superficie de dunas por incremento del nivel del mar

En el caso de la pérdida de la superficie de dunas debido al incremento del nivel del mar, se ha partido de las superficies de la capa Hábitats de interés comunitario disponible en GeoEuskadi y se ha escogido las dunas clasificadas como “Dunas Grises Fijas”. A continuación, se ha cuantificado el área de cada una de las dunas, según la definición de la capa.

Posteriormente, se ha procedido a intersectar esta capa con las capas obtenidas de inundación por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica. De esta manera se ha obtenido una nueva capa para cada escenario, estado actual en el año 2020, escenario RCP 4.5 y RCP 8.5 en el año 2045, escenario RCP 4.5 en el año 2100 y escenario RCP 8.5 en el año 2100.

Incremento de inundabilidad en zonas urbanas o urbanizables por marea afectadas por incremento del nivel del mar

Por último, se ha estudiado el impacto sobre las superficies urbanas o urbanizables que supone el incremento del nivel del mar en el caso de la máxima marea viva equinoccial y de la máxima marea meteorológica. Para ello como dato de partida se ha empleado el Udalplan 2018. Dentro del Udalplan se han tenido en cuenta las siguientes capas:

- Suelo residencial
- Suelo de actividades económicas
- Suelo de sistemas generales de equipamiento
- Suelo de sistemas generales de espacios libres
- Suelo de sistemas generales básicos
- Suelo de sistemas generales de infraestructuras de comunicación y transporte: de esta última capa se han tenido en cuenta, las carreteras, el ferrocarril, los puertos y los aeropuertos (el resto de los elementos se han descartado, como el posible trazado del TAV y los corredores fluviales)

Para la obtención de las superficies inundables tanto por la máxima marea viva equinoccial como por la marea meteorológica se han intersectado las capas obtenidas de las superficies inundables por incremento del nivel del mar para cada uno de los escenarios con el Udalplan. Es decir, este proceso se ha realizado un total de cuatro veces por cada una de las mareas (ocho veces, en total), por cada una de las capas antes mencionadas.

Los resultados gráficos se observan en la colección de planos nº 9 en el caso de la marea astronómica y nº 10 en el caso de la marea meteorológica.

3.3. DEFINICIÓN DE PLANOS

En total este documento contiene 10 colecciones de planos, para cada una de las temáticas estudiadas en este documento:

1. Inundabilidad por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica
2. Inundabilidad por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea meteorológica
3. Inundabilidad por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica y avenida fluvial de 10 años de periodo de retorno
4. Inundabilidad por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica y avenida fluvial de 100 años de periodo de retorno
5. Inundabilidad por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica y avenida fluvial de 500 años de periodo de retorno
6. Exposición del riesgo frente al impacto de la ola
7. Exposición de la red verde por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica
8. Exposición de la red verde por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea meteorológica
9. Impacto sobre la zonificación según el planeamiento urbanístico por inundabilidad por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea astronómica
10. Impacto sobre la zonificación según el planeamiento urbanístico por inundabilidad por incremento del nivel del mar bajo la hipótesis de marea meteorológica

Cada una de estas colecciones de planos a su vez contienen 20 hojas de manera que se ha realizado una serpiente a lo largo del litoral. La totalidad del litoral está representado en estas 20 hojas y en todas las colecciones de planos la distribución de las hojas es constante, es decir, un municipio siempre tiene el mismo número de hoja. En la siguiente imagen, adjunta también en el cajetín de todos los planos, se observa la distribución realizada.

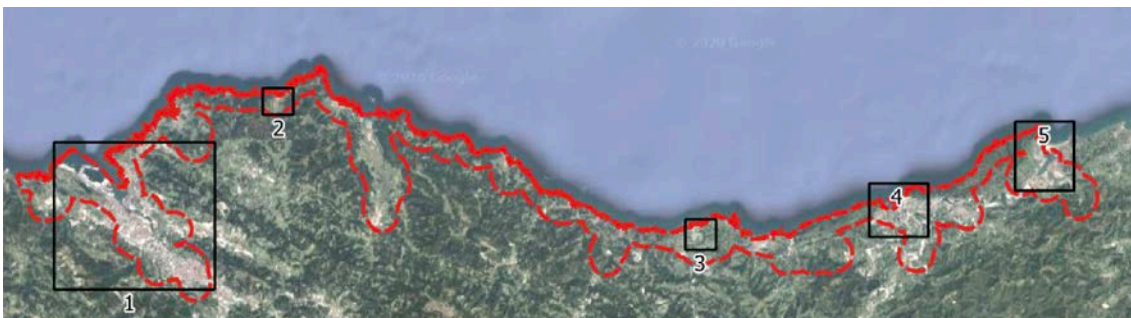


A continuación, se hace adjunta un pequeño resumen por Áreas Funcionales de la distribución.

Área Funcional	Nº de hojas
Bilbao Metropolitano	1-6
Mungialdea	6
Busturialdea-Artibai	6-12
Bajo Deba	12-13
Urola Kosta	13-15
Donostialdea Bajo Bidasoa	15-20

Además, se han incorporado unos planos de detalle de cinco zonas seleccionadas, de las colecciones de planos nº 1 Marea Astronómica, nº 7 Red Verde y nº 9, las cuales han sido:

- Bilbao Metropolitano
- Bakio
- Zumaia
- Donostia
- Txingudi



4. FASE 3: DIAGNÓSTICO

4.1. AFECCIONES DEBIDO A LAS AMENAZAS. VULNERABILIDADES

4.1.1. AFECCIONES DEBIDO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Bajo la hipótesis de marea astronómica

Esta afección para las diferentes hipótesis de subida del nivel del mar debido al Cambio Climático se ha representado en los planos nº 1 que acompañan al presente documento.

- Pérdida de superficie de playa por incremento del nivel del mar durante una pleamar máxima astronómica.

Este análisis se ha realizado inicialmente playa por playa y se ha resumido por áreas funcionales. Para ello, lo primero estudiado ha sido la superficie de playa que se inunda en el estado actual (año 2020). Posteriormente, se ha estudiado cuanto se inundará para cada escenario de la situación futura, y se ha realizado la diferencia entre cada uno de los estados futuros y el estado actual. En la siguiente tabla se representan los valores para cada uno de los escenarios estudiados.

Nombre de la Playa	HA Totales	2020 Estado actual		2045 Escenarios RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha inundadas	%	Ha inundadas	Pérdida	%	Ha inundadas	Pérdida	%	Ha inundadas	Pérdida	%
Aritzatxu	0,19	0,19	97,38%	0,19	0,00	0,00%	0,19	0,00	0,00%	0,19	0,00	0,00%
Armintza	0,07	0,07	99,06%	0,07	0,00	0,00%	0,07	0,00	0,00%	0,07	0,00	0,00%
Arrietara	6,56	4,36	66,45%	4,61	0,25	3,87%	5,07	0,71	10,82%	5,45	1,09	16,68%
Arrigorri	1,26	0,81	64,24%	0,87	0,06	5,09%	0,97	0,16	12,58%	1,05	0,24	18,78%
Arrigunaga	5,02	1,16	23,15%	1,31	0,15	2,91%	1,54	0,38	7,49%	1,77	0,60	12,02%
Astondo/Gorliz/Plentzia	10,69	3,28	30,65%	3,57	0,29	2,76%	4,38	1,10	10,31%	5,41	2,13	19,95%
Azkorri/Gorrondatxe	5,03	1,43	28,39%	1,51	0,08	1,63%	1,65	0,22	4,33%	1,77	0,34	6,72%
Bakio	7,9	4,37	55,28%	4,58	0,21	2,71%	4,97	0,6	7,56%	5,32	0,95	12,01%
Barinatxe (La Salvaje)	5,81	2,05	35,23%	2,26	0,21	3,63%	2,63	0,58	9,98%	2,97	0,92	15,91%
La Concha	2,51	2,01	80,01%	2,13	0,12	4,62%	2,33	0,32	12,63%	2,38	0,37	14,61%
Ea	0,52	0,37	70,86%	0,39	0,02	4,31%	0,44	0,07	12,51%	0,48	0,11	21,22%
Ereaga	6,2	3,48	56,13%	3,72	0,23	3,78%	4,13	0,65	10,44%	4,5	1,02	16,41%
Exkallerana/Barrika	0,87	0,76	86,44%	0,77	0,01	1,49%	0,79	0,03	3,52%	0,8	0,04	5,10%
Gaztetape	0,34	0,17	48,67%	0,18	0,01	4,00%	0,2	0,04	11,19%	0,23	0,06	18,02%
Isuntza	1,21	0,75	62,10%	0,92	0,16	13,49%	1,08	0,32	26,65%	1,13	0,38	31,38%
Itzurun	0,76	0,61	79,97%	0,64	0,03	4,41%	0,7	0,09	11,49%	0,73	0,12	15,64%
Kanala/kanalape (playa del amor)	8,79	8,60	97,92%	8,66	0,05	0,62%	8,73	0,12	1,39%	8,77	0,17	1,91%
Karraspio	2,55	1,69	66,53%	1,88	0,19	7,43%	2,15	0,45	17,86%	2,31	0,62	24,18%
La Arena	8,44	3,65	43,25%	4,04	0,39	4,66%	4,74	1,09	12,97%	5,38	1,73	20,49%
Laga	3,75	1,62	43,14%	1,76	0,14	3,74%	2	0,39	10,30%	2,25	0,64	16,96%
Laida	6,84	2,69	39,30%	2,97	0,28	4,08%	3,7	1,02	14,88%	4,53	1,84	26,93%
Lapari	0,53	0,35	65,39%	0,37	0,02	3,78%	0,4	0,05	9,12%	0,42	0,07	13,51%
Las Arenas	0,65	0,38	57,98%	0,41	0,03	4,51%	0,47	0,09	14,46%	0,53	0,16	24,04%
Malkorbe	1,8	1,13	62,88%	1,22	0,1	5,30%	1,39	0,26	14,50%	1,52	0,39	21,81%
Mekakoz	0,75	0,39	52,29%	0,41	0,02	2,28%	0,44	0,05	6,56%	0,47	0,08	10,39%
Mundaka/Laidatxu	1,6	1,51	94,35%	1,53	0,02	1,34%	1,56	0,06	3,46%	1,59	0,08	4,74%
Muriola	0,25	0,14	55,29%	0,15	0,01	3,63%	0,17	0,03	11,24%	0,18	0,04	17,83%
Mutriku (Puerto)	0,5	0,27	53,61%	0,29	0,02	4,30%	0,33	0,06	12,08%	0,37	0,1	19,40%

Mutriku 2	0,12	0,07	57,58%	0,08	0,01	4,08%	0,09	0,02	12,47%	0,09	0,02	18,74%
Ondarbeltz	1,07	0,41	37,99%	0,44	0,04	3,38%	0,51	0,11	9,86%	0,58	0,17	16,16%
Ondarreta	4,46	2,28	51,11%	2,53	0,25	5,51%	3,17	0,89	20,00%	3,51	1,23	27,53%
Oribarzar	0,86	0,71	82,72%	0,74	0,03	3,70%	0,79	0,08	9,01%	0,82	0,11	13,08%
Orio	3,64	0,81	22,38%	0,91	0,09	2,51%	1,08	0,26	7,23%	1,24	0,43	11,79%
Playa Hondarribia	11,39	1,48	12,97%	1,71	0,23	2,03%	3,59	2,12	18,57%	5,69	4,21	36,97%
San Antonio	2,86	1,37	47,82%	1,61	0,24	8,42%	2,18	0,81	28,48%	2,62	1,25	43,80%
Santiago	4,89	0,51	10,33%	0,56	0,05	1,05%	0,74	0,24	4,87%	1,21	0,70	14,35%
Santiago de Deba	3,68	1,55	42,08%	1,69	0,14	3,78%	1,97	0,43	11,57%	2,28	0,73	19,83%
Saturrarán	1,73	0,57	33,16%	0,63	0,06	3,27%	0,73	0,16	9,18%	0,83	0,25	14,70%
Tona	0,3	0,27	90,98%	0,28	0,00	1,22%	0,28	0,01	2,68%	0,29	0,01	3,94%
Zarautz	9,77	5,09	52,15%	5,41	0,31	3,21%	5,95	0,85	8,73%	6,38	1,29	13,17%
Zurriola	6,83	1,39	20,30%	1,64	0,26	3,73%	2,25	0,86	12,58%	3,3	1,92	28,02%
TOTAL	143,01	64,78	45,30%	69,62	4,84	3,38%	80,53	15,75	11,01%	91,40	26,62	18,61%

De la superficie total de playa contabilizada de 143,01 Ha en el Litoral de la CAPV, hoy día son inundables 64,78 Ha durante la máxima pleamar equinoccial. En el año 2045 pasará inundarse, en teoría, 69,62 Ha, es decir, la diferencia es pequeña. En el año 2100 con el escenario RCP 4.5 se inundarían 80,53 Ha y con el escenario RCP 8.5 91,40 Ha, es decir un 40 % más que en la actualidad en el peor de los escenarios, desapareciendo algunas playas.

A nivel global se puede indicar que en la actualidad de los 143,01 Ha de playa por encima de la cota +1,00, 64,78 Ha se inundarían durante la máxima pleamar viva equinoccial, por lo que la playa seca, es decir la que no es inundable por la marea astronómica, tiene una extensión en la actualidad y en la totalidad del Litoral de la CAPV de 78,23 Ha. En el año 2045 y con la subida del nivel del mar correspondiente, la playa seca se reduce a 73,39 Ha, es decir, una reducción pequeña en el conjunto de la CAPV, si bien más notoria si se analiza playa por playa.

A modo de ejemplo se adjunta una figura de la playa de Bakio, en donde se observa en azul más claro el alcance del agua actualmente y en azul más oscuro el alcance que tendrá el agua en la máxima pleamar viva equinoccial bajo el escenario RCP 8.5 del año 2100. Así mismo se observan las zonas urbanas que también serán vulnerables de sufrir inundaciones por dicho efecto.



Es necesario incidir en dos cuestiones importantes. En primer lugar, y tal y como se ha mencionado en este documento, la base topográfica es el vuelo LIDAR 2016 y por lo tanto esta base corresponde a una situación de las playas en un momento dado, es decir, es una situación “fija o estática”. Pero, la configuración de las playas varía de forma notable a lo largo del año. Por tanto, en el caso de que se usase otra base topográfica, variaría los datos incluso de partida con lo que los mismos cálculos que los aquí planteados, puede dar lugar a resultados sensiblemente diferentes.

Realizando el análisis anterior a nivel de Áreas Funcionales, se puede establecer la siguiente tabla resumen.

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenarios RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha inundadas	%	Ha inundadas	Pérdida	%	Ha inundadas	Pérdida	%	Ha inundadas	Pérdida	%
Bilbao Metropolitano	50,35	21,14	41,98%	22,82	1,68	3,34%	26,07	4,93	9,79%	29,3	8,16	16,21%
Mungialdea	7,9	4,37	55,28%	4,58	0,21	2,71%	4,97	0,6	7,56%	5,32	0,95	12,01%
Busturialdea-Artibai	29,87	19,87	66,54%	21,05	1,18	3,95%	23,28	3,41	11,41%	25,2	5,33	17,83%
Bajo Deba	7,64	3,22	42,13%	3,5	0,28	3,65%	4,03	0,81	10,67%	4,57	1,35	17,67%
Urola Kosta	22,06	9,03	40,93%	9,66	0,63	2,86%	10,85	1,82	8,24%	12,13	3,1	14,07%
Donostialdea Bajo Bidasoa	25,2	7,16	28,40%	8,01	0,85	3,37%	11,34	4,19	16,61%	14,88	7,72	30,64%

Como se aprecia, la máxima pérdida de playa debido al incremento del nivel del mar por cambio climático se origina en el Área Funcional de Donostialdea-Bajo Bidasoa, debido a la influencia de la Playa de Hondarribia. Este impacto es claramente notorio en el año 2100 tanto para el escenario RCP 4.5 como para el escenario RCP 8.5. En el resto de Áreas Funcionales el impacto y por tanto la afección es más homogénea.

- **Pérdida de superficies de dunas.**

A través de la metodología expuesta anteriormente, se ha estudiado el impacto y la vulnerabilidad que crea la subida del nivel del mar en las dunas, determinándose la superficie de dunas que se verá afectada por este incremento. La vulnerabilidad de las dunas aumentará, sin duda, no sólo por el incremento del nivel del mar sino por el efecto de la ola durante los temporales conjuntamente con este incremento del nivel del mar, pero esta hipótesis de máxima pleamar viva equinoccial junto con un temporal importante de ola no se ha considerado dentro del alcance de este estudio debido a su escasa probabilidad y repercusión en la Ordenación del Territorio.

A continuación, se expone las pérdidas de superficie en hectáreas obtenidas con la metodología indicada.

Nombre de la Duna	HA Totales	2020 Estado actual		2045 Escenarios RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha inundadas	%	Ha inundadas	Pérdida	%	Ha inundadas	Pérdida	%	Ha inundadas	Pérdida	%
A.F. Bilbao Metropolitano												
Playa de la Arena	2,20	0,11	5,00%	0,11	0,00	5,00%	0,15	0,04	6,82%	0,29	0,18	13,18%
Playa de Gorliz	1,62	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Total	3,82	0,11	2,88%	0,11	0,00	2,88%	0,15	0,04	3,93%	0,29	0,18	7,59%
A.F. Busturialdea-Artibai												
San Kristobal	13,32	0,6	4,50%	0,6	0,00	0,00%	2,07	1,47	11,04%	4,55	3,95	29,65%
Axpe-San Bartolome	3,30	0,94	28,48%	0,95	0,01	0,30%	1,81	0,87	26,36%	2,43	1,49	45,15%
Kanala/Kanalape	1,69	0,33	19,53%	0,33	0,00	0,00%	0,68	0,35	20,71%	0,96	0,63	37,28%
Playa de Laga	0,63	0	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0	0	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Total	18,94	1,87	9,87%	1,88	0,01	9,93%	4,56	2,69	24,08%	7,94	6,07	41,92%
A.F. Urola Costa												
Playa de Santiago	4,17	0,15	3,60%	0,15	0,00	0,00%	0,28	0,13	3,12%	0,50	0,35	8,39%
Iñurritza	0,72	0,03	4,17%	0,03	0,00	0,00%	0,13	0,1	13,89%	0,24	0,21	29,17%
Total	4,89	0,18	3,68%	0,18	0,00	3,68%	0,41	0,23	8,38%	0,74	0,56	15,13%
Total Litoral CAPV	27,65	2,16	7,81%	2,17	0,01	7,85%	5,12	2,96	18,52%	8,97	6,81	32,44%

Como puede observarse en la tabla, son los sistemas dunares de Urdaibai, inmersos en el interior del estuario, los que resultarán más afectados ante el incremento del nivel del mar por cambio climático, seguidos de las dunas de Iñurritza. Hay que tener en cuenta que las formaciones de dunas de Urdaibai no son similares a las existentes en las playas abiertas, por lo que la altura alcanzada por la arena de la duna es claramente inferior al ser una zona más protegida al oleaje y al viento.

Así las cosas, de las 27,65 Ha que comprenden los sistemas dunares abordados en el presente trabajo en el conjunto del litoral vasco, en la actualidad y con la máxima pleamar viva equinoccial, de las 27,65 Ha se inundan 2,16 Ha, quedando siempre una superficie de dunas de 25,49 Ha. En el año 2045 bajo el escenario RCP 4.5 y 8.5 permanecerán 25,48 Ha, es decir, una cantidad muy similar a la actual. En el año 2100 bajo el escenario RCP 4.5 permanecerán 22,53 Ha, lo que supone una pérdida de superficie dunar del 18,52 % y en el mismo año bajo el escenario RCP 8.5 existirán siempre 18,68 Ha, es decir el 67,5% de la superficie de dunas actuales.

En la siguiente imagen a modo de ejemplo se observan en color verde claro la superficie dunar que quedará sin que sea inundable bajo la máxima marea viva equinoccial en el escenario RCP 8.5 del año 2100, en Urdaibai.



- **Pérdida de superficies de marismas.**

La afección de las marismas se ha estudiado y cuantificado siguiendo la metodología expuesta en la Fase 2 de este documento. En la siguiente tabla se representan los valores para cada uno de los escenarios estudiados.

Nombre Marisma	Estado Actual	2045 Escenarios RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Superficie	Pérdida	%	Superficie	Pérdida	%	Superficie	Pérdida	%
Ría Del Barbadún										
Marisma De Pobeña	10,97	10,92	0,05	0,49%	8,59	2,38	21,71%	4,21	6,76	61,62%
Ría De Plentzia										
Txipios	4,84	3,68	1,16	23,91%	2,22	2,62	54,04%	1,10	3,74	77,29%
Junkera E Isuskizta	8,77	8,02	0,75	8,56%	5,73	3,04	34,67%	2,26	6,51	74,18%
Palados	1,33	1,25	0,08	6,01%	0,77	0,56	41,94%	0,34	0,99	74,18%
Urbaibai										
Zonas Intermareales Y Zonas De Marismas Urdabai	240,17	190,42	49,75	20,72%	111,82	128,35	53,44%	60,46	179,71	74,83%
Ría Del Lea										
Loibekua Y Marierrota	2,31	2,02	0,29	12,55%	1,59	0,72	31,17%	1,21	1,10	47,62%
Palacio Zubieta	0,10	0,09	0,01	12,10%	0,03	0,07	72,57%	0,00	0,10	100,00%
Ría Del Artibai										
Arrabetxe-Goitiz	1,13	1,05	0,08	7,08%	0,91	0,22	19,04%	0,62	0,51	45,07%
Ría Del Deba										
Casecampo-Lasao	1,32	1,04	0,28	21,21%	0,63	0,69	51,91%	0,27	1,05	79,40%
Ría Del Urola										
Tramo Medio Urola	1,60	0,99	0,61	37,90%	0,60	1,00	62,54%	0,23	1,37	85,47%
Marismas Santiago	1,50	1,31	0,19	12,62%	0,87	0,63	41,79%	0,35	1,15	76,57%
Islotes Urola	0,76	0,74	0,02	3,18%	0,61	0,15	19,11%	0,06	0,70	92,34%
Iñurritza										
Viaducto Norte Iñurritza	0,32	0,32	0,00	0,00%	0,26	0,06	18,84%	0,13	0,19	60,37%
Ría Del Oria										
Saria Oeste	0,34	0,33	0,01	2,93%	0,31	0,03	10,05%	0,25	0,09	26,22%
Itzaio	11,91	10,84	1,07	9,02%	7,19	4,72	39,62%	2,08	9,83	82,51%
Olaberrieta	0,52	0,46	0,06	12,21%	0,37	0,15	28,50%	0,28	0,24	46,56%
Donparnasa	0,86	0,65	0,21	24,74%	0,37	0,49	57,00%	0,11	0,75	86,77%
Santiago	5,31	4,23	1,08	20,35%	2,59	2,72	51,22%	1,35	3,96	74,58%
Altzerri	0,16	0,14	0,02	15,13%	0,12	0,04	27,09%	0,06	0,10	61,99%
Txingudi										
Isla Galera, Santiago E Irukanale	21,22	19,39	1,83	8,62%	11,77	9,45	44,51%	3,16	18,06	85,11%
Total Litoral CAPV	315,44	257,88	57,57	18,25%	157,37	158,07	50,11%	78,54	236,90	75,10%

De las 315,44 Ha de marismas analizadas en el presente trabajo en el conjunto del litoral vasco, en el año 2045 quedarán 257,88 Ha, es decir, el 81,75 %, y en el año 2100 bajo el escenario RCP 4.5 permanecerán 157,36 Ha, aproximadamente el 50 % de la superficie de marisma actual y en el mismo año bajo el escenario RCP 8.5, quedarán únicamente 78,54 Ha, el 25 % de la superficie existente en la actualidad. En la siguiente tabla se indica la superficie en hectáreas de marisma por ría y por Área Funcional.

Como se puede apreciar, la merma de superficie de marismas debido al ascenso del nivel del mar por cambio climático es muy elevada. Debe señalarse, sin embargo, que las marismas tienen la posibilidad de adaptarse de manera autónoma al aumento del nivel del mar, siempre y cuando no existan limitaciones para su migración hacia el interior, aspecto éste que se ha abordado en cada una de las marismas recogidas en este trabajo.

A modo de ejemplo se adjuntan dos imágenes de la marisma de Txipios. En la izquierda se observa la superficie de marisma actual en color marrón, y en la derecha se muestra el estado en la que se va a encontrar esa superficie en el escenario RCP 8.5 del año 2100.



- **Incremento de inundabilidad o vulnerabilidad en zonas urbanas o urbanizables.**

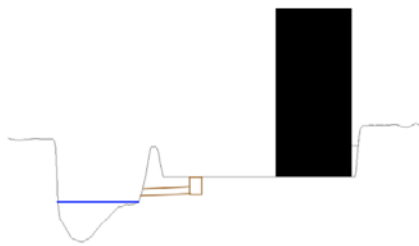
El incremento de inundabilidad o vulnerabilidad en zonas urbanas y urbanizables se ha estudiado y cuantificado siguiendo la metodología expuesta en la Fase 2 de este documento partiendo de la información recogida según el Udalplan 2018.

Para la realización de este cálculo se ha tenido en cuenta los municipios en su totalidad de cada una de las áreas funcionales que quedan dentro del ámbito de estudio, es decir, que se han tenido en cuenta todos los suelos clasificados dentro de todo el municipio.

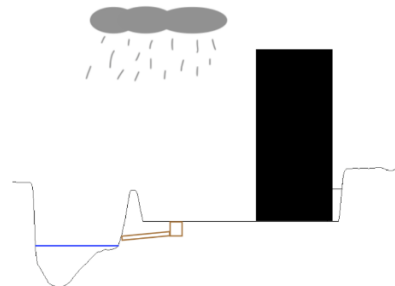
En la definición de las manchas de inundación debido a la marea astronómica se ha empleado el LIDAR 2016. El vuelo LIDAR tiene el inconveniente que las actuaciones que se han realizado a posteriori o que se están realizando en estos momentos no están reflejados en la cartografía empleada. Así, hay que destacar que en el vuelo empleado no se reflejan las actuaciones de la península de Zorrozaurre en Bilbao, ni tampoco las distintas actuaciones que se están ejecutando en el Valle de Trapagarán en Trápaga o el barrio de Txominenea en

Donostia-San Sebastián, por lo que las manchas obtenidas no se encuentran totalmente actualizadas.

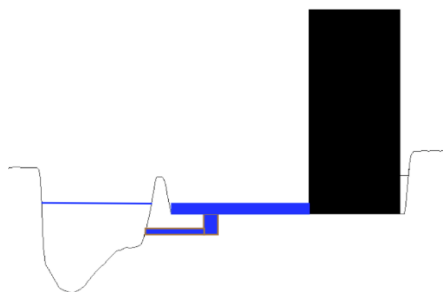
Además, parece necesario explicar la casuística existente a nivel de vulnerabilidad por inundabilidad por las máximas pleamares equinocciales. En varios municipios costeros o cercanos a la costa existen zonas que en la actualidad están por debajo de la máxima pleamar viva equinoccial. Estas zonas, como norma general, están protegidas de la influencia de la marea mediante muros, motas o lezones que impiden que el agua penetre en su interior. Pero estas áreas urbanas tienen su propia red de drenaje que desemboca en el mar de forma que, por vasos comunicantes, y en teoría, el agua del mar entraría en la zona baja a través de los sumideros, arquetas, etc. Para evitarlo se recurre generalmente al uso de clapetas que sólo dejan la circulación del agua en un sentido, de la tierra hacia el mar, pero impiden la circulación en el sentido contrario, en este caso del mar hacia la tierra, evitando la inundación a través de la red de colectores. Este sistema así descrito funciona adecuadamente en tiempo seco siempre que las clapetas funcionen correctamente. Pero si se analiza esta solución en tiempo de lluvia y con marea alta, de forma que las clapetas están cerradas, el agua de lluvia que cae directamente en la zona baja no puede desaguar. Así, se crearán charcos o balsas de agua y será necesario drenarlo a base de bombear por encima del nivel de la pleamar o almacenarla en un depósito hasta que la marea baje lo suficiente y se pueda vaciar por gravedad. Un esquema del suceso analizado se indica en las gráficas siguientes:



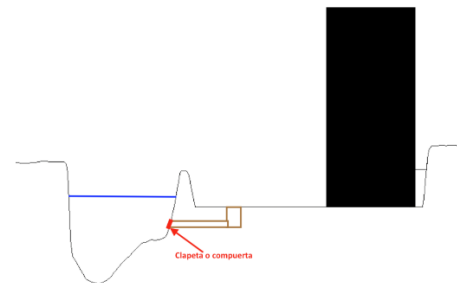
Situación ante un nivel de marea normal en tiempo seco. La marea no llega a la cota de urbanización y no se produce inundación.



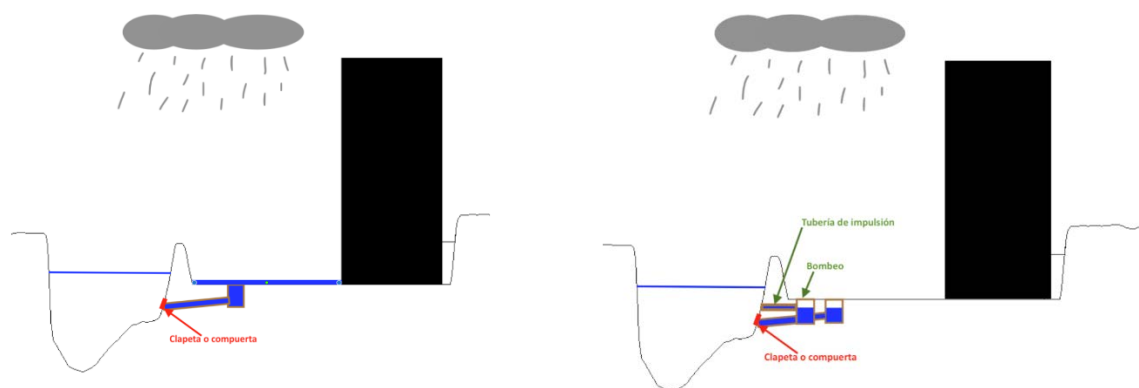
Situación ante un nivel de marea normal y con lluvia. La marea no llega a la cota de urbanización, la red de pluviales desagua correctamente el caudal de agua de lluvia recibido y no se produce inundación.



Situación ante un nivel de marea extraordinario en tiempo seco. La marea sobrepasa la cota de urbanización. A pesar de la protección existente tipo mota en el dibujo, la red de pluviales hace de vasos comunicantes inundando la zona baja de la urbanización.



Situación ante un nivel de marea extraordinario en tiempo seco. Para evitar la situación anterior se coloca en la red de pluviales unas compuertas o clapetas que impiden la entrada de la marea en la red de colectores evitando así la inundación por marea en tiempo seco.



Situación ante un nivel de marea extraordinario con lluvia. Las clapetas colocadas impiden la salida del agua de lluvia inundando la zona urbanizada, aunque con una altura que sólo depende de la precipitación y en general con cotas inferiores y en el peor de los casos similares a la inundación de la marea.

Situación ante un nivel de marea extraordinario con lluvia. Las clapetas colocadas impiden la entrada de la marea y se ha previsto que el agua de lluvia recogida en la zona que se sitúa por debajo de la marea se bombee o se almacene hasta que la marea descienda y se pueda desaguar. Esta es la medida que está implantada en algunos municipios costeros.

Esta vulnerabilidad ante la posibilidad de inundación en las zonas bajas se verá agravada con la subida del nivel del mar por el efecto del cambio climático, por la propia subida de nivel y por la duración en que el mar estará por encima del nivel de urbanización. Por todo ello, en este trabajo se ha realizado un esfuerzo importante en detectar estas zonas bajas.

Por otro lado, tal y como se mencionaba en la Fase 2 del presente trabajo para estudiar la afección al medio urbano se han tenido en cuenta los siguientes usos clasificados en Udalplan: suelo residencial, suelo de actividades económicas, sistema general de equipamientos, sistema general de espacios libres, sistema general de infraestructuras de transporte y comunicaciones, sistema general de infraestructuras básicas. El resultado gráfico se observa en la colección de planos nº 9.

Suelo residencial

La tabla resumen de la situación del suelo residencial en el ámbito de estudio es la siguiente:

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	5076,55	59,66	1,18%	74,06	14,41	1,46%	105,67	46,02	2,08%	135,64	75,98	2,67%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	3033,74	40,86	1,35%	50,21	9,35	1,66%	71,66	30,79	2,36%	90,43	49,57	2,98%
Bajo Deba	317,30	0,19	0,06%	0,25	0,06	0,08%	0,91	0,72	0,29%	1,78	1,60	0,56%
Busturaldea-Artibai	700,83	6,53	0,93%	9,06	2,54	1,29%	14,53	8,00	2,07%	20,33	13,80	2,90%
Mungialdea	838,91	0,73	0,09%	1,25	0,52	0,15%	3,83	3,10	0,46%	8,10	7,37	0,97%
Urola Kosta	536,57	10,78	2,01%	14,37	3,60	2,68%	23,93	13,15	4,46%	33,46	22,69	6,24%
Total	10503,90	118,74	1,13%	149,21	30,47	1,42%	220,52	101,78	2,10%	289,74	171,00	2,76%

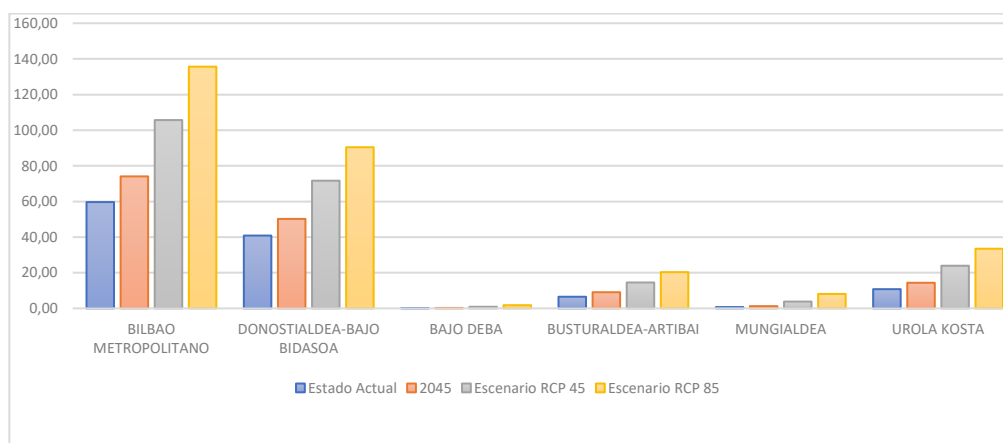
La superficie total de suelo residencial considerada es de 10.503,90 Ha, de los cuales actualmente, año 2020, son vulnerables de ser inundables por el efecto de la máxima marea viva equinoccial 118,74 Ha. En el año 2045 se espera que la superficie vulnerable sea de 149,21 Ha, lo que supone un incremento de 30,47 Ha. En el escenario RCP 4.5 en el año 2100, las hectáreas vulnerables pasan a ser 220,52 Ha. En el escenario RCP 8.5 en el año 2100, las hectáreas con posibilidad de inundarse pasan a ser 289,74 lo que supone un incremento de 171,00 Ha con respecto al estado actual.



Ría del Nerbio. Vulnerabilidad en zonas urbanas o urbanizables según Udalplán (cuanto mayor es la intensidad del color mayor es el incremento del nivel del mar)

Si lo analizamos por Áreas Funcionales, la más castigada porcentualmente es Urola Kosta. En el caso de Bilbao Metropolitano, cabe destacar que los resultados obtenidos no tienen en cuenta actuaciones como la península-isla de Zorrozaurre y en Donostialdea-Bajo Bidasoa la actuación de Txomin.

Para concluir con este apartado se ha considerado interesante incluir el siguiente gráfico en el cual se representa mediante barras verticales las hectáreas vulnerables de ser inundables en cada uno de los escenarios estudiados y para cada una de las Áreas Funcionales.



Suelo de actividades económicas

La tabla resumen de la situación del suelo de actividades económicas en el ámbito de estudio es la siguiente:

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	3451,45	76,34	2,21%	91,43	15,09	2,65%	126,50	50,17	3,67%	186,65	110,32	5,41%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	1535,26	4,15	0,27%	4,91	0,76	0,32%	6,51	2,36	0,42%	12,57	8,42	0,82%
Bajo Deba	405,13	0,52	0,13%	0,55	0,03	0,14%	0,61	0,09	0,15%	0,71	0,19	0,17%
Busturaldea-Artibai	314,78	1,32	0,42%	2,36	1,04	0,75%	4,53	3,21	1,44%	5,84	4,52	1,85%
Mungialdea	170,59	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Urola Kosta	548,29	9,85	1,80%	13,27	3,42	2,42%	21,08	11,23	3,84%	28,08	18,23	5,12%
Total	6425,50	92,17	1,43%	112,51	20,35	1,75%	159,22	67,06	2,48%	233,84	141,68	3,64%

La superficie total de suelo considerada es de 6.425,50 Ha, de los cuales actualmente, año 2020, son vulnerables de ser inundables por el efecto de la máxima marea viva equinoccial 92,17 Ha. En el año 2045 se espera que la superficie vulnerable sea de 112,51 Ha, lo que supone un incremento de 20,35 Ha. En el escenario RCP 4.5 en el año 2100, las hectáreas vulnerables pasan a ser 159,22 Ha. En el escenario RCP 8.5 en el año 2100, las hectáreas con posibilidad de inundarse pasan a ser 233,84 lo que supone un incremento de 141,68 Ha con respecto al estado actual.

Si se analizan los datos por Áreas Funcionales se observa que la más vulnerable es Bilbao Metropolitano, aunque uno de los ámbitos más vulnerables es el Valle de Trápaga en donde se están realizando labores de regeneración urbana y se están elevando las cotas de las parcelas, con lo que se espera que una vez este ámbito ya sea reconstruido quede protegido para la máxima marea viva equinoccial tanto para el estado actual como para los estados futuros. Urola Kosta, es otra de las Áreas Funcionales más afectadas o vulnerables, principalmente en Zumaia.



Ría del Urola en Zumaia. Vulnerabilidad en las zonas de actividades económicas según Udalplán bajo la hipótesis del escenario RCP 8.5 del año 2100

Sistema general de equipamiento

La tabla resumen de la situación del sistema general de equipamiento en el ámbito de estudio es la siguiente:

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1073,3	8,30	0,77%	9,18	0,88	0,85%	11,41	3,12	1,06%	15,49	7,19	1,44%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	520,02	4,94	0,95%	5,58	0,64	1,07%	6,99	2,05	1,34%	9,43	4,49	1,81%
Bajo Deba	93,83	0,27	0,29%	0,34	0,08	0,37%	1,36	1,09	1,45%	1,67	1,41	1,78%
Busturaldea-Artibai	150,4	1,21	0,80%	1,63	0,42	1,08%	2,70	1,49	1,79%	3,99	2,78	2,65%
Mungialdea	186,32	0,06	0,03%	0,08	0,02	0,04%	0,12	0,06	0,06%	0,16	0,10	0,09%
Urola Kosta	150,85	2,16	1,43%	2,67	0,51	1,77%	4,42	2,27	2,93%	7,27	5,11	4,82%
Total	2174,72	16,93	0,78%	19,47	2,54	0,90%	27,00	10,07	1,24%	38,01	21,08	1,75%

Analizando el suelo destinado al Sistema general equipamiento, la superficie total de suelo destinada a este fin es de 2.174,72 Ha, siendo actualmente vulnerables por inundación sólo 16,93 Ha. En el escenario RCP 4.5 y 8.5 en el año 2045, las hectáreas vulnerables pasan a ser 19,47 Ha. Para el año 2100 en el escenario RCP 4.5, 27 Ha serían vulnerables, y en el escenario RCP 8.5 en el año 2100, la superficie inundada pasa a ser el 38,01 Ha. Por Áreas Funcionales se observa que Urola Kosta vuelve a ser porcentualmente la más vulnerable.

Sistema general de infraestructuras de transporte y comunicaciones

En este apartado y como infraestructura más ligada al mar caben destacar los puertos. La subida del nivel del mar en los puertos hace que disminuya el franco bordo existente, puede ser que se incumpla en algunos casos las recomendaciones de diseño actuales y se reduzca su operatividad, por lo que se ve necesario recomendar la realización de un detallado estudio para cada uno de los puertos en donde se analice este impacto.

La tabla resumen de la situación del suelo correspondiente al sistema general de infraestructuras de transporte y comunicaciones en el ámbito de estudio es la siguiente:

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	2403,78	18,68	0,78%	20,89	2,21	0,87%	24,59	5,91	1,02%	33,15	14,47	1,38%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	1234,6	41,87	3,39%	49,51	7,64	4,01%	63,63	21,76	5,15%	75,89	34,01	6,15%
Bajo Deba	270,52	1,08	0,40%	1,17	0,09	0,43%	1,65	0,57	0,61%	1,99	0,91	0,74%
Busturaldea-Artibai	498,20	5,74	1,15%	6,11	0,37	1,23%	8,05	2,30	1,62%	11,71	5,97	2,35%
Mungialdea	216,95	0,02	0,01%	0,02	0,00	0,01%	0,02	0,00	0,01%	0,14	0,12	0,06%
Urola Kosta	267,95	6,82	2,54%	7,16	0,34	2,67%	8,69	1,87	3,24%	10,54	3,72	3,93%
Total	4892,00	74,21	1,52%	84,87	10,65	1,73%	106,63	32,42	2,18%	133,41	59,20	2,73%

En el total de los municipios del ámbito de estudio están clasificadas 4.892 Ha como sistema general de infraestructuras de transporte y comunicaciones. Actualmente, en el año 2020, 74,21 Ha son vulnerables de sufrir inundaciones por la máxima marea viva equinoccial, lo que supone un 1,52 % con respecto del total. En el año 2045, para el escenario RCP 4.5 y 8.5 estas hectáreas se ven incrementadas en 10,65 Ha, es decir, 84,87 Ha serán vulnerables. En el año 2100, bajo el escenario RCP 4.5, las hectáreas vulnerables pasan a ser 106,63 Ha, lo que supone un incremento de 32,42 Ha. En el escenario RCP 8.5 del año 2100 serán 133,41 Ha vulnerables, es decir, la superficie vulnerable casi se verá duplicada con respecto al estado actual.

Si se analiza por Áreas Funcionales, Donostialdea-Bajo Bidasoa es la vulnerable principalmente por el Aeropuerto de San Sebastián en Hondarribia y el puerto de Pasaia. Por resumir este apartado, se puede indicar que las carreteras apenas son vulnerables. Los puertos son las infraestructuras presentan la mayor vulnerabilidad por dos razones, una por inundación directa de los muelles y otra por disminución de la operatividad del puerto en pleamares. Por último, resaltar la situación del aeropuerto de San Sebastián ya citada.



Inundación en Txingudi y Aeropuerto de San Sebastián. A la izquierda se representa el estado actual y en la derecha el escenario RCP 8.5 del año 2100

Sistema general de infraestructuras básicas

La tabla resumen de la situación del suelo del sistema general de infraestructuras básicas en el ámbito de estudio es la siguiente:

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	371,46	1,98	0,53%	2,40	0,42	0,65%	3,47	1,49	0,94%	5,57	3,59	1,50%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	107,57	0,07	0,07%	0,13	0,06	0,12%	0,19	0,12	0,17%	0,20	0,13	0,19%
Bajo Deba	30,11	0,08	0,28%	0,09	0,01	0,31%	0,16	0,07	0,52%	0,38	0,30	1,27%
Busturaldea-Artibai	54,62	0,04	0,08%	0,05	0,00	0,09%	0,11	0,07	0,20%	0,24	0,20	0,45%
Mungialdea	14,61	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Urola Kosta	38,99	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Total	617,36	2,18	0,35%	2,67	0,49	0,43%	3,93	1,75	0,64%	6,40	4,22	1,04%

Analizando este Sistema general de infraestructuras básicas, en total dentro de los municipios estudiados hay 617,36 Ha de suelo clasificado con este concepto, de los cuales actualmente únicamente 2,18 Ha son vulnerables. En el escenario RCP 4.5 y 8.5 del año 2045, la vulnerabilidad únicamente se incrementa en 0,49 Ha. En el escenario RCP 4.5 del año 2100, el aumento total es de 3,93 Ha y en el escenario RCP 8.5 del año 2100, el escenario indica que 6,40 Ha van a ser vulnerables.

Sistema general de espacios libres

La tabla resumen de la situación del suelo del sistema general de espacios libres en el ámbito de estudio es la siguiente:

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1768,12	14,08	0,80%	15,61	1,53	0,88%	18,38	4,29	1,04%	22,32	8,24	1,26%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	2128,25	19,57	0,92%	21,36	1,79	1,00%	26,15	6,59	1,23%	30,12	10,55	1,42%
Bajo Deba	466,52	0,86	0,18%	0,98	0,12	0,21%	1,32	0,46	0,28%	2,03	1,18	0,44%
Busturaldea-Artibai	155,64	7,35	4,72%	8,16	0,81	5,24%	9,76	2,42	6,27%	11,33	3,98	7,28%
Mungialdea	40,71	0,21	0,52%	0,22	0,01	0,55%	0,29	0,08	0,72%	0,36	0,15	0,89%
Urola Kosta	156,87	8,45	5,39%	9,22	0,76	5,87%	11,42	2,96	7,28%	13,70	5,25	8,74%
Total	4.716,11	50,52	1,07%	55,55	5,03	1,18%	67,32	16,80	1,43%	79,86	29,35	1,69%

Este sistema general de espacios libres ocupa en el total de los municipios estudiados 4.716,11 Ha de los cuales en la actualidad el 1,07 % son vulnerables de sufrir inundación por el efecto de la máxima marea viva equinoccial o lo que es lo mismo 50,52 Ha son vulnerables. En el año 2045, únicamente hay un incremento de 5,03 Ha con respecto al estado actual. En el año 2100 bajo el escenario RCP 4.5, 67,32 Ha serán vulnerables, lo que implica un incremento de 16,80 Ha con respecto al estado actual y en el escenario RCP 8.5 del año 2100, las hectáreas vulnerables se esperan que sean 79,86, lo que supone un incremento de 29,35 Ha.

- **Incremento de inundabilidad o vulnerabilidad en la Red Verde por incremento del nivel del mar durante una pleamar máxima astronómica.**

De forma similar a los análisis realizados en los anteriores apartados, se ha analizado la Red Verde de este trabajo en todo su conjunto, conscientes en que parte de esta Red Verde ha sido ya cuantificada en el estudio de las marismas, dunas y de algunas playas que configuran parte de esta Red.

El resultado resumen de este trabajo a nivel de Áreas Funcionales se expone en la siguiente tabla y la representación gráfica en la colección de planos nº 7.

Area Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1.853,05	117,36	6,33%	122,88	5,51	6,63%	133,30	15,94	7,19%	142,61	25,24	7,70%
Busturaldea-Artibai	8.435,80	694,95	8,24%	721,20	26,24	8,55%	765,78	70,83	9,08%	808,01	113,06	9,58%
Mungialdea	223,24	12,77	5,72%	13,52	0,75	6,06%	14,79	2,01	6,62%	15,90	3,13	7,12%
Bajo Deba	1.134,25	21,99	1,94%	24,76	2,77	2,18%	25,62	3,63	2,26%	28,24	6,25	2,49%
Urola Kosta	899,91	160,37	17,82 %	166,26	5,90	18,48%	177,65	17,28	19,74%	188,47	28,10	20,94%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	3.809,28	196,50	5,16%	205,66	9,16	5,40%	224,49	27,99	5,89%	237,02	40,52	6,22%
Total	16.355,52	1.203,94	7,36%	1.254,27	50,33	7,67%	1.341,62	137,68	8,20%	1.420,24	216,30	8,68 %

En el total de los municipios estudiados, la extensión de la Red Verde es de 16.355,52 Ha de las cuales en la actualidad el 7,36 % son vulnerables de sufrir inundación por el efecto de la máxima marea viva equinoccial, es decir 1.203,94 Ha. En el año 2045 se produce un aumento de la superficie potencialmente vulnerable de 50,33 Ha con respecto al estado actual. En el año 2100 bajo el escenario RCP 4.5, 1.341,62 Ha serán vulnerables, lo que implica un incremento de 137,68 Ha con respecto al estado actual y en el escenario RCP 8.5 del año 2100, las hectáreas vulnerables se esperan que sean 1.420,24, lo que supone un incremento de 216,30 Ha con respecto al estado actual

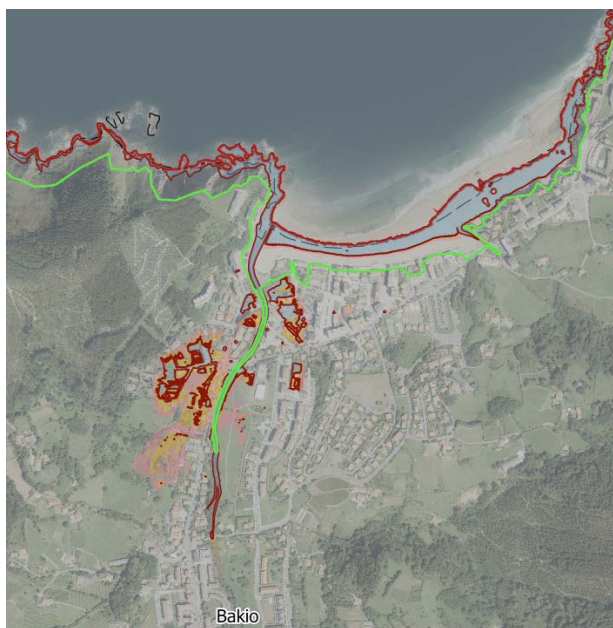
Como se puede apreciar en la tabla, la afección porcentual mayor, ya en la actualidad, se produce en Urola Kosta debido a la influencia que tiene en la Red Verde definida, las zonas de marismas y las dunas. La siguiente área funcional en incidencia es la de Busturaldea – Artibai, que además supone el área funcional con mayor superficie de Red Verde del Litoral del País Vasco. De la lectura de la tabla mostrada, se interpreta que actualmente se inunda el 8,24% de su superficie, encontrando fuerte representación en dicho suceso la propia ría de Urdaibai, con sus zonas de marismas y litorales, sobre las que se han realizado ya los análisis particularizados correspondientes.



Red verde en Zumaia superpuesta con la inundabilidad por la máxima marea viva equinoccial en los diferentes escenarios (azul estado actual, línea roja año 2045 RCP 4.5 y 8.5, amarillo RCP 4.5 en el 2100 y rosa RCP 8.5 en el 2100)

Bajo la hipótesis de marea meteorológica

La máxima pleamar por marea meteorológica definida en este trabajo supone un incremento en todos los escenarios analizados de 22 cm respecto a la máxima pleamar viva equinoccial, y se ha representado en la colección de planos nº 2. El análisis de este impacto se ha centrado en este trabajo en el medio urbano, siguiendo una sistemática idéntica a la ya expuesta por lo que sólo cambian las superficies vulnerables y se representa de manera gráfica en la colección de planos nº 10. De forma resumida, se pueden presentar las siguientes tablas.



Bakio. Inundabilidad por marea meteorológica en los diferentes escenarios (azul estado actual, línea roja año 2045 RCP 4.5 y 8.5, amarillo RCP 4.5 en el 2100 y rosa RCP 8.5 en el 2100)

Suelo residencial

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	5076,55	78,54	1,55%	95,22	16,68	1,88%	127,49	48,95	2,51%	156,58	78,03	3,08%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	3033,74	53,47	1,76%	65,03	11,56	2,14%	82,57	29,10	2,72%	102,83	49,36	3,39%
Bajo Deba	317,30	0,29	0,09%	0,61	0,32	0,19%	1,52	1,23	0,48%	2,49	2,20	0,78%
Busturaldea-Artibai	700,83	9,86	1,41%	12,69	2,82	1,81%	18,76	8,90	2,68%	23,69	13,83	3,38%
Mungialdea	838,91	1,51	0,18%	2,82	1,30	0,34%	6,77	5,26	0,81%	10,68	9,17	1,27%
Urola Kosta	536,57	15,66	2,92%	20,91	5,25	3,90%	30,35	14,69	5,66%	41,11	25,45	7,66%
Total	10503,90	159,33	1,52%	197,28	37,95	1,88%	267,46	108,13	2,55%	337,38	178,04	3,21%

Suelo de actividades económicas

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	3451,45	96,07	2,78%	114,33	18,25	3,31%	165,66	69,59	4,80%	235,20	139,13	6,81%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	1535,26	5,16	0,34%	5,96	0,79	0,39%	9,82	4,66	0,64%	23,21	18,05	1,51%
Bajo Deba	405,13	0,56	0,14%	0,59	0,03	0,14%	0,67	0,11	0,16%	1,11	0,55	0,27%
Busturaldea-Artibai	314,78	2,85	0,90%	4,10	1,25	1,30%	5,43	2,59	1,73%	7,43	4,58	2,36%
Mungialdea	170,59	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Urola Kosta	548,29	14,60	2,66%	18,89	4,29	3,44%	26,55	11,95	4,84%	32,33	17,73	5,90%
Total	6425,50	119,23	1,86%	143,85	24,62	2,24%	208,13	88,90	3,24%	299,28	180,04	4,66%

Sistema general de equipamientos

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1073,3	9,52	0,89%	10,82	1,30	1,01%	14,07	4,55	1,31%	18,67	9,15	1,74%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	520,02	5,77	1,11%	6,48	0,71	1,25%	8,41	2,65	1,62%	12,48	6,71	2,40%
Bajo Deba	93,83	0,40	0,43%	0,96	0,56	1,03%	1,62	1,22	1,73%	1,78	1,37	1,89%
Busturaldea-Artibai	150,4	1,76	1,17%	2,30	0,53	1,53%	3,70	1,94	2,46%	5,18	3,42	3,45%
Mungialdea	186,32	0,08	0,04%	0,10	0,02	0,06%	0,15	0,07	0,08%	0,20	0,11	0,11%
Urola Kosta	150,85	2,79	1,85%	3,70	0,91	2,45%	6,37	3,57	4,22%	8,85	6,06	5,87%
Total	2174,72	20,33	0,93%	24,36	4,03	1,12%	34,32	13,99	1,58%	47,15	26,82	2,17%

Sistema general de infraestructuras de transporte y comunicaciones

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	2403,78	20,91	0,87%	23,46	2,56	0,98%	29,96	9,05	1,25%	39,46	18,55	1,64%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	1234,6	51,89	4,20%	59,37	7,49	4,81%	71,02	19,13	5,75%	91,51	39,62	7,41%
Bajo Deba	270,52	1,23	0,45%	1,51	0,28	0,56%	1,90	0,67	0,70%	2,25	1,02	0,83%
Busturaldea-Artibai	498,2	6,25	1,25%	7,08	0,83	1,42%	10,62	4,37	2,13%	14,94	8,69	3,00%
Mungialdea	216,95	0,02	0,01%	0,02	0,00	0,01%	0,10	0,08	0,05%	0,18	0,16	0,08%
Urola Kosta	267,95	7,33	2,74%	8,07	0,74	3,01%	10,04	2,71	3,75%	11,89	4,57	4,44%
Total	4892,00	87,62	1,79%	99,52	11,90	2,03%	123,63	36,01	2,53%	160,23	72,61	3,28%

Sistema general de infraestructuras básicas

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	371,46	2,53	0,68%	3,04	0,51	0,82%	5,13	2,60	1,38%	8,47	5,94	2,28%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	107,57	0,15	0,14%	0,18	0,03	0,17%	0,19	0,04	0,18%	0,29	0,14	0,27%
Bajo Deba	30,11	0,09	0,32%	0,12	0,02	0,39%	0,31	0,22	1,04%	0,46	0,36	1,52%
Busturaldea-Artibai	54,62	0,05	0,09%	0,06	0,02	0,12%	0,20	0,15	0,36%	0,33	0,28	0,60%
Mungialdea	14,61	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,01%
Urola Kosta	38,99	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Total	617,36	2,82	0,46%	3,40	0,58	0,55%	5,84	3,02	0,95%	9,54	6,72	1,55%

Sistema general de espacios libres

Área Funcional	Ha Totales	2020 Estado Actual		2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
		Ha Inundadas	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1768,12	16,07	0,91%	17,46	1,39	0,99%	20,64	4,57	1,17%	25,65	9,58	1,45%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	2128,25	21,97	1,03%	24,65	2,68	1,16%	28,43	6,46	1,34%	32,28	10,31	1,52%
Bajo Deba	466,52	1,02	0,22%	1,19	0,17	0,25%	1,75	0,73	0,37%	3,06	2,04	0,65%
Busturaldea-Artibai	155,64	8,41	5,41%	9,28	0,87	5,96%	10,84	2,43	6,97%	12,61	4,20	8,10%
Mungialdea	40,71	0,23	0,56%	0,27	0,04	0,66%	0,34	0,11	0,84%	0,40	0,17	0,98%
Urola Kosta	156,87	9,46	6,03%	10,54	1,07	6,72%	13,00	3,54	8,29%	15,16	5,69	9,66%
Total	4716,11	57,17	1,21%	63,37	6,21	1,34%	75,00	17,83	1,59%	89,16	31,99	1,89%

Otras afecciones por subida del nivel del mar (nivel Freático)

Al incrementarse de forma permanente el nivel medio del mar existirá de forma paralela una subida del nivel freático general en todas las zonas de rías, playas, etc., de acuerdo con la subida establecida al tratarse de la pleamar astronómica. Las vulnerabilidades aparecerán en las estructuras subterráneas actuales deberán de ser correctamente analizadas. Estas vulnerabilidades se centrarán en problemas de flotabilidad, estanqueidad, incremento de caudales de infiltración en las redes de colectores, etc.

4.1.2. AFECCIONES DEBIDO AL OLEAJE

Exposición de la costa y playas frente al impacto de la ola

Para el estudio de este impacto se han empleado dos cotas de ola diferentes, dependiendo de si la exposición es en playas o en zonas más abruptas o zonas en donde la ola se encuentra con un muro vertical/cuasivertical (por ejemplo, los diques, paseos, carreteras, etc.) y diferenciando dos zonas a la hora de calcular esas cotas según se sitúen al oeste del cabo de Matxitxako o al este. Con estos criterios se han marcado las zonas de la costa que con riesgo

humano están expuestas en el estado actual y cuál va a ser su exposición en los escenarios futuros debido al incremento del nivel del mar. Cabe destacar, que no se han marcado las zonas de acantilados o playas no urbanas o salvajes, en donde en principio pese a que haya un impacto de la ola no hay ningún riesgo ni humano ni de infraestructuras de interés como carreteras, aparcamientos, ferrocarriles etc.

En este sentido, no se ha estudiado el impacto que crea la ola por erosión tanto de acantilados como de playas y dunas. Indudablemente este impacto es muy importante en playas y dunas debido a que consideramos que la pérdida de playa por erosión tiene una importancia algo menor desde un punto de vista de ordenación territorial.



Donostia-San Sebastián. En naranja se marca la exposición en el estado actual, en morado en el escenario RCP 4.5 y 8.5 del año 2045, en verde en el escenario RCP 4.5 del año 2100 y en rosa en el escenario RCP 8.5 del año 2100

Por todo ello, el análisis del impacto producido por la ola se ha centrado en la probabilidad de inundación de la costa por la ola durante los temporales. En la siguiente tabla se representan los valores para cada uno de los escenarios estudiados y en la colección de planos nº 6 se observa la representación gráfica de los mismos.

Área Funcional	2020 Estado Actual	2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
	Km expuestos	Km expuestos	Incremento	%	Km expuestos	Incremento	%	Km expuestos	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	3,29	3,98	0,69	20,88%	4,56	1,27	38,47%	4,64	1,35	41,06%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	2,99	3,38	0,39	13,03%	4,44	1,44	48,25%	4,81	1,81	60,63%
Bajo Deba	1,55	1,64	0,09	5,84%	1,66	0,11	7,21%	1,66	0,11	7,21%
Busturaldea-Artibai	1,03	1,04	0,01	0,99%	1,16	0,14	13,51%	1,25	0,23	22,19%
Mungialdea	1,23	1,23	0,00	0,00%	1,23	0,00	0,00%	1,23	0,00	0,00%
Urola Kosta	9,44	9,58	0,14	1,50%	9,58	0,14	1,50%	9,58	0,14	1,50%
Total	19,53	20,85	1,32	6,76%	22,63	3,10	15,89%	23,18	3,65	18,68%

En total en el litoral de la CAPV en el estado actual, año 2020, hay 19,53 km expuestos por impacto por ola, cuyo impacto podría afectar a zonas urbanas, infraestructuras etc. Estos kilómetros aumentan ligeramente, 1,32 km en el escenario RCP 4.5 y 8.5 del año 2045. En el

escenario RCP 4.5 del año 2100, el incremento ya es de 3,1 km con respecto al estado actual en el año 2020. Por último, en el escenario RCP 8.5 del año 2100 habrá 23,18 km expuestos con un incremento de 3,65 Km.

Si lo analizamos por Áreas Funcionales, el mayor incremento de la exposición para el escenario 2100 RCP 8.5 lo tiene Donostialdea-Bajo Bidasoa. En cambio, Urola Kosta es el Área Funcional con más kilómetros expuestos al impacto de la ola en zonas urbanas o en infraestructuras en la actualidad y seguirá siendo en los escenarios futuros.

La inundación en rías.

Para el análisis de la inundación de las rías por ola se ha partido, de acuerdo con lo indicado en la Fase 1 de este estudio, de la cota 3,31 en la situación actual incrementando para el resto de escenario según se incremente el nivel del mar en los diferentes escenarios analizados.

Para el estudio de la inundación por ola, se ha calculado, en las rías abiertas al mar, es decir, las que su desembocadura no está protegida a los temporales nor-noroeste, la influencia de esta cota respecto a la avenida fluvial de 100 años de periodo de retorno para que en fases posteriores se pueda modificar la macha de inundación correspondiente. Estas rías no protegidas son en principio las rías o estuarios del Urumea, Iñurritza, Deba, Artibai, Urdaibai-Oka, Ea, Estepona y Barbadun

Se ha determinado como zonas de más peligro de inundación por ola en las rías o estuarios no protegidos, aquellas que para la avenida de 100 años de periodo de retorno tienen una cota igual o inferior a 3,31 Además, se ha considerado como zona vulnerable las zonas de estuario no protegido que tienen un trazado desde la desembocadura en el mar más o menos rectilíneo, ya que los meandros crean una disipación importante de la ola.

Como resumen de este análisis se realiza la siguiente tabla en donde se especifica el número de perfil del modelo de URA en donde la cota de la avenida de 100 años de periodo de retorno coincide con la cota de inundación por ola en rías y su situación aproximada en el estuario. La zona en donde existe el riesgo y por lo tanto la vulnerabilidad por el impacto de inundación por la ola en rías es la zona comprendida entre la desembocadura y el perfil señalado.

Ría	Situación Actual		2045 Escenario RCP 4.5 Y 8.5	
	PK del Modelo URA	Situación	PK del Modelo URA	Situación
Urumea	1.444	A.Abajo Puente Mundaiz	1.713	Entre puentes Mundaiz y
Iñurritza	135	A.arriba de la pasarela de la playa	278	A.arriba de la pasarela de la playa
Deba	714	Aguas arriba puente Deba-Mutriku	714	Aguas arriba puente Deba-Mutriku
Artibai	163	Pasarela de la playa	163	Pasarela de la playa
Ea	135	Puente junto a la playa	215	Puente ojival
Urdaibai-Oka	958	Iglesia de San Martin de Tours de	1.137	A.arriba Galdatika Erreka
Estepona	193	Junto a Soloburuko kalea	193	Junto a Soloburuko kalea
Barbadun	738	Matismas de Cardeo	1.351	A. arriba puente autopista A-8

Ría	2100 Escenario RCP 4.5		2100 Escenario RCP 8.5	
	PK del Modelo URA	Situación	PK del Modelo URA	Situación
Urumea	2.151	Meandro de Amara	2.151	Meandro de Amara
Iñurritza	788	Zona del camping	994	Puente N-634
Deba	887	A.arriba confluencia regata Osio	960	A.arriba edificio Maspe
Artibai	163	Pasarela de la playa	163	Pasarela de la playa
Ea	215	Puente ojival	218	Puente ojival
Urdaibai-Oka	1.761	Junto a la depuradora de Gernika	2.243	Puente de la BI-2238
Estepona	262	Puente Urzabal kalea	441	Puente de la BI-3101
Barbadun	1.774	A. arriba puente de acceso al enalce A-8	2.048	San Julian de Muskiz

4.1.3. AFECCIÓN DEBIDO A LA INUNDACIÓN FLUVIAL

En este apartado se analiza, por un lado, la influencia del incremento del nivel del mar durante las avenidas fluviales en las zonas de rías del litoral del País Vasco y por otro se va a estudiar las vulnerabilidades que puede producir el incremento de la intensidad de lluvia en las zonas urbanas de este litoral.

Incremento de inundabilidad

Para el análisis de este caso se supone una superposición de dos hipótesis: el mar se encuentra con la máxima marea viva equinoccial y en los cauces fluviales circula el caudal de avenida de 10, 100 o 500 años de periodo de retorno.

10 años de periodo de retorno

La definición de las zonas vulnerables para los diversos escenarios analizados se puede resumir en la tabla que aparece a continuación y están representados en la colección de planos nº3.

Área Funcional	2020 Estado Actual	2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
	Ha Inundadas	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1022,51	1066,41	43,90	4,29%	1158,64	136,13	13,31%	1265,49	242,98	23,76%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	963,91	990,08	26,17	2,71%	1041,20	77,29	8,02%	1094,85	130,93	13,58%
Bajo Deba	77,26	79,01	1,75	2,26%	81,70	4,44	5,75%	88,31	11,05	14,30%
Busturaldea-Artibai	891,26	909,75	18,49	2,07%	966,10	74,84	8,40%	979,74	88,48	9,93%
Mungialdea	95,62	97,15	1,52	1,59%	98,90	3,28	3,43%	101,12	5,50	5,75%
Urola Kosta	308,32	325,54	17,22	5,59%	355,05	46,73	15,16%	384,68	76,37	24,77%
Total	3358,88	3467,94	109,05	3,25%	3701,60	342,72	10,20%	3914,19	555,31	16,53%

En total en el litoral de la CAPV actualmente 3.358,88 Ha son vulnerables de sufrir inundaciones por la avenida fluvial de 10 años de periodo de retorno. En el año 2045 bajo el escenario RCP 4.5 y 8.5 las hectáreas vulnerables se verán incrementadas en 109,05, lo que supone un total 3.467,94 Ha. En el escenario RCP 4.5 del año 2100, serán 3.701,60 Ha

vulnerables lo que supone un incremento de 342,72 Ha. En el escenario RCP 8.5 del año 2100, el escenario pésimo estudiado, las hectáreas vulnerables serán 3.914,19, es decir, el incremento será de 555,31 Ha.

100 años de periodo de retorno

La tabla resumen de las superficies inundables para 100 años de periodo de retorno, por áreas funcionales es la siguiente. La representación gráfica por lo contrario se encuentra en la colección nº 4.

Área Funcional	2020 Estado Actual	2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
	Ha Inundadas	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1381,64	1416,03	34,40	2,49%	1490,12	108,48	7,85%	1573,25	191,61	13,87%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	1170,08	1190,47	20,38	1,74%	1235,77	65,68	5,61%	1277,42	107,34	9,17%
Bajo Deba	89,91	91,70	1,79	1,99%	95,73	5,81	6,46%	100,15	10,24	11,39%
Busturaldea-Artibai	1008,71	1025,28	16,57	1,64%	1057,56	48,84	4,84%	1089,70	80,99	8,03%
Mungialdea	119,43	120,65	1,22	1,02%	121,74	2,32	1,94%	123,56	4,13	3,46%
Urola Kosta	356,13	375,66	19,53	5,49%	400,44	44,31	12,44%	422,78	66,65	18,72%
Total	4125,90	4219,80	93,90	2,28%	4401,35	275,45	6,68%	4586,87	460,97	11,17%

De acuerdo con dicha tabla, en el litoral de la CAPV existen actualmente 4.125,90 Ha vulnerables de sufrir inundaciones por la avenida fluvial de 100 años de periodo de retorno. En el año 2045 bajo el escenario RCP 4.5 y 8.5 las hectáreas vulnerables se verán incrementadas en 93,90, es decir un total de 4.219,80 Ha. En el escenario RCP 4.5 del año 2100, serán 4.401,35 Ha vulnerables lo que supone un incremento de 275,45 Ha. En el escenario RCP 8.5 del año 2100, las hectáreas vulnerables serán 4.586,87, es decir, el incremento será de 460,97 Ha.

500 años de periodo de retorno

La tabla resumen de las superficies inundables para 500 años de periodo de retorno, por áreas funcionales es la siguiente. La representación gráfica por lo contrario se encuentra en la colección nº 5.

Área Funcional	2020 Estado Actual	2045 Escenario RCP 4.5 y 8.5			2100 Escenario RCP 4.5			2100 Escenario RCP 8.5		
	Ha Inundadas	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%	Ha Inundadas	Incremento	%
Bilbao Metropolitano	1734,66	1758,10	23,43	1,35%	1798,12	63,45	3,66%	1874,81	140,15	8,08%
Donostialdea-Bajo Bidasoa	1337,44	1355,35	17,91	1,34%	1391,25	53,80	4,02%	1426,86	89,42	6,69%
Bajo Deba	103,32	104,94	1,61	1,56%	107,89	4,57	4,42%	111,40	8,08	7,82%
Busturaldea-Artibai	1088,88	1089,03	0,15	0,01%	1135,22	46,34	4,26%	1162,78	73,90	6,79%
Mungialdea	135,33	135,78	0,45	0,33%	136,73	1,40	1,04%	137,49	2,16	1,60%
Urola Kosta	462,61	471,42	8,80	1,90%	492,85	30,24	6,54%	509,32	46,71	10,10%
Total	4862,25	4914,61	52,36	1,08%	5062,05	199,80	4,11%	5222,68	360,42	7,41%

En total en el litoral de la CAPV actualmente 4.862,25 Ha son vulnerables de sufrir inundaciones por la avenida fluvial de 500 años de periodo de retorno. En el año 2045 bajo el escenario RCP 4.5 y 8.5 las hectáreas vulnerables se verán incrementadas en 52,36, lo que supone un total 4.914,61 Ha. En el escenario RCP 4.5 del año 2100, serán 5.062,05 Ha vulnerables con un 199,80 Ha. En el escenario RCP 8.5 del año 2100, las hectáreas vulnerables serán 5.222,68, es decir, el incremento será de 360,42 Ha.

Cabe destacar que, si comparamos los incrementos porcentuales de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno vemos que estos para 500 años han decrecido de manera muy considerable ya que hemos pasado para el escenario pésimo del RPC 8.5 en el año 2100 de incrementos del 16 % para 10 años de periodo de retorno, a 11 % para 100 años y al 7% para 500 años. Estos resultados son lógicos ya que cuanto más caudal lleva un río menor es la influencia de la marea.

Alcance del incremento de la inundabilidad

En este apartado se ha analizado en cada ría y durante una avenida fluvial hasta dónde llega la influencia del incremento del nivel del mar en los diferentes escenarios en función del periodo de retorno de la avenida.

En este sentido se ha analizado los resultados de los modelos, se han comparado con la situación actual y se ha definido el perfil del modelo en donde la diferencia de nivel entre uno de los tres escenarios de cambio climático analizado y el estado actual es inferior a 3 cm. El resultado de este estudio se puede consultar en el Documento A de este trabajo.

Efecto de las lluvias intensas

Inicialmente no está claro que el cambio climático suponga una modificación importante en las precipitaciones máximas en 24 horas. Por otro lado, y siguiendo las recomendaciones de los expertos, parece probable que las precipitaciones durante tormentas de pocas horas de duración (tormentas de verano) se vuelvan más intensas debido al cambio climático por el aumento de la temperatura y la capacidad de evaporación, lo que puede suponer un aumento del riesgo y por lo tanto de la vulnerabilidad en pequeñas regatas o vaguadas y en las zonas urbanas. En un trabajo sobre este tema del Canal de Isabel II de Madrid valora el incremento de la intensidad de lluvia de una hora entre un 10 y un 20 %.

Partiendo de esta teoría, es decir, de un incremento de la intensidad en lluvias de duración inferior a 24 horas, el mayor impacto se va a crear en las zonas urbanas por estar más impermeabilizadas. Este incremento de intensidad produce casi proporcionalmente un incremento de caudal en las redes de saneamiento pluvial o unitario de las zonas urbanas y este incremento puede sobrecargar la red actual produciendo inundaciones. Estas inundaciones se incrementarán también por el efecto paralelo de la subida del nivel del mar en las zonas urbanas del ámbito de estudio de este trabajo ya que la subida del nivel del mar producirá también una reducción de la capacidad hidráulica de los colectores en los momentos de marea alta, cuando, en general, éstos no puedan desaguar con salida libre directamente.

El efecto que produce esta doble acción del cambio climático puede tener consecuencias de inundación en las zonas urbanas e incremento de la vulnerabilidad en las zonas situadas por debajo de la marea. Además, puede suponer un funcionamiento inadecuado de las estructuras de control tales como aliviaderos o tanques de tormentas. Indudablemente el estudio de este efecto hay que hacerlo como mínimo a escala municipal y por lo tanto se escapa de la finalidad del presente trabajo, pero conviene indicarlo porque su efecto puede ser notable en algunas zonas y sobre todo en las zonas bajas por debajo del nivel de pleamar.

4.2. CONSECUENCIAS, SOLUCIONES Y MEDIDAS ADAPTATIVAS

A la vista de lo estudiado a lo largo del presente trabajo se concluye que el efecto más importante del cambio climático en la franja del litoral vasco desde el punto de vista de ordenación del territorio es el incremento del nivel del mar en un sentido amplio. Existen otros efectos como el incremento de la temperatura y el incremento de las precipitaciones intensas que en principio se consideran de menor alcance que el anterior.

Por tanto, este análisis de las consecuencias, soluciones y medidas adaptativas que se indica a continuación se centra principalmente en la incidencia del incremento del nivel del mar en sus diversas variables (las pleamares más importantes, los temporales de mar y las avenidas fluviales).

En este sentido hay que indicar que a nivel global existen dos tipos de medidas: medidas de mitigación y medidas de adaptación a los impactos que va a producir el cambio climático. El primer tipo de medidas, las de mitigación, consiste principalmente en la reducción de la emisión de gases de tipo. La ordenación del territorio debe de favorecer estas medidas si bien se escapan de la finalidad de este trabajo, aunque conceptualmente es necesario tenerlo en cuenta, favoreciendo principalmente los principios de desarrollo de las Directrices de Ordenación del Territorio (DOT) vigentes, el uso de energías renovables y el desarrollo de una movilidad más sostenible etc.

Las medidas de adaptación del territorio a los nuevos impactos que el cambio climático va a suponer obligarán, en ciertas zonas entre ellas la costa, a modificar el actual modelo de ordenación haciéndolo más resiliente. En este apartado se desarrollan a nivel general posibles propuestas de medidas adaptativas que deberán ser estudiadas en fases posteriores y algunas de ellas a una escala muy inferior, incluso del propio PTS de Protección y Ordenación del Litoral de la CAPV.

Otro concepto que debe de quedar claro es la necesidad de conjugar los tipos de medidas. Aunque en este apartado se analizan las mismas por impactos, es necesario estudiarlas en el conjunto de los impactos. Así las medidas que al final se propongan deberán resolver, dentro de lo posible, el conjunto de impactos detectados en una zona. Es decir, las medidas adaptativas se deben de analizar globalmente y conocer su eficacia e impacto en la globalidad de las circunstancias y episodios analizados. Este apartado se ha centrado en medidas principalmente de ordenación territorial, que corrijan o aminoren los impactos que se crean sin entrar en otro tipo de medidas tales como estructurales o ambientales que se escapan de la finalidad de este trabajo.

4.2.1. INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR. IMPACTO POR MAREA

En el análisis de vulnerabilidades realizado a nivel de suelo urbano o urbanizable se dan dos casuísticas diferenciadas.

En primer lugar, existen zonas que actualmente están o en el futuro estarán, con el incremento del nivel del mar, por debajo de un nivel de mareas determinado pero que se encuentran protegidos por algún tipo de dique, paseo, carretera o de mota. Estas zonas en principio están fuera del impacto de la marea salvo cuando llueve y el agua de lluvia que discurre por esas zonas bajas no puede en principio salir hacia el mar o la ría y produce inundaciones. La solución a este problema es seguir con la solución existente hoy día en numerosas zonas. Ahora bien, siendo esta medida de adaptación adecuada es necesario que la misma sea segura y pueda funcionar en cualquier situación climática. Así mismo, se plantea la necesidad de que no se produzca un aumento del riesgo en nuevos suelos a desarrollar urbanísticamente de forma que cualquier nuevo desarrollo u obras de reconversión urbana se sitúen por encima de las cotas de las pleamares máximas. Esta medida se debe de conciliar con medidas de protección de inundación por ola y por avenidas fluviales.

La segunda problemática que genera la subida del nivel del mar en las zonas urbanas y en nuevos desarrollos, si no se toman las medidas oportunas, es la propia inundación por la pleamar directamente. Indudablemente es una situación no admisible a la cual es necesario enfrentarse y en ciertas zonas en breve plazo, ya que este tipo de inundación, que hoy día no aparece porque en varios puntos ya se tomaron oportunas medidas, pero aparecerá en teoría en el año 2045. En la fotografía que se adjunta a continuación se aprecia la inundación por efecto de marea y probablemente ola en Zumaia antes del recrecido de su paseo de la margen izquierda de la ría.



La medida de adaptación a este impacto en zonas de suelo urbano consolidado parece a priori sencilla a base de un recrecido de paseos de borde, ejecución de muretes, etc. que evite la entrada del mar a la zona urbana, pero sin duda se crean así nuevas e importantes zonas urbanas situadas por debajo de las nuevas cotas de las pleamares máximas, lo que obliga a nuevos sistemas de drenaje o ampliación de los existentes. En zonas de futuros desarrollos o de regeneración urbana importante, la medida a tomar será la de colocar el futuro desarrollo a cotas que se sitúen por encima de los niveles que producen este impacto.

En las playas y dunas no se ha previsto ninguna medida adaptativa debido al incremento de nivel del mar ya que nuevas aportaciones de arena para mantener un mínimo de playa seca modifican o pueden modificar los perfiles de equilibrio de las mismas pudiéndose volver en una medida ineficaz. Este planteamiento se debe de estudiar playa por playa, a nivel individual y una solución para una playa puede ser no apta para otra. Indudablemente este tipo de planteamientos se escapa de la finalidad de este trabajo.

En general las superficies de marismas se van a reducir de forma importante por incremento del nivel del mar. Esta reducción podría amortiguarse ya que al subir el nivel del mar se modifican las condiciones hidrodinámicas de las rías, las velocidades serán más lentas y la capacidad de sedimentación de los ríos será mayor lo que puede hacer aumentar las zonas de acumulación de sedimentos que originan las marismas. Pero indudablemente esta respuesta natural es lenta por lo que la pérdida de superficie será real y, en algunos casos, problemática de cara a la situación de la marisma. En este sentido, la medida de adaptación que se podría plantear sería el estudio de zonas que anteriormente fueron marismas o tienen potencial para serlo, de acuerdo con los nuevos niveles del mar, y plantear zonas de reconversión, para lo cual deberá ser necesario proteger esas zonas o clasificarlas para que no se puedan desnaturalizar o antropizar.

4.2.2. INUNDACIÓN EN RÍAS

El impacto en las rías, sin tener en cuenta las zonas de marismas, dunas y de playas ya analizadas en el apartado anterior citadas anteriormente, se centra en el medio urbano. Las medidas de adaptación de este impacto serán analizadas dentro del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación que la Agencia Vasca del Agua y la Confederación del Cantábrico realizan con una frecuencia de 5 años. Indudablemente estos planes deberían recoger las hipótesis de cambio climático sobre todo en las zonas de influencia de la subida del nivel del mar definidas en este trabajo y probablemente analizar las zonas de ría que pueden ser inundables por el impacto de la ola, sobre todo en aquellas rías que están claramente abiertas a los temporales del noroeste, para tener una visión completa de las zonas inundables.

4.2.3. IMPACTO DE OLA

Se analiza a continuación las soluciones y medidas del impacto de la ola que se crea en las zonas de costa abierta al mar en aquellos puntos en donde hay afección a las infraestructuras, al medio urbano y en las playas.

En las zonas de costa abierta al mar o de choque directo con la ola, las medidas de adaptación son limitadas. Sería necesario disminuir la energía de la ola antes de la llegada a la costa, lo que puede requerir una inversión elevada y asumir un impacto ambiental y paisajístico grande. Sólo en casos muy determinados, en donde el daño que puede crear el impacto sea muy importante, puede compensar medidas de este tipo. Por tanto, no se plantea una acción concreta y se propone continuar con las medidas de gestión de las alarmas y alertas por parte de protección civil, siendo conscientes de que el número y magnitud de temporales va a aumentar a medida que se incrementa el nivel del mar.

En las playas y con el impacto en ola existe una problemática variada según el tipo de playa. Así hay playas que los únicos impactos específicos que tienen por el cambio climático son la pérdida de playa seca durante las pleamares vivas equinociales y al daño por erosión que se puede crear en la playa a causa de un temporal de ola. Como se ha comentado, no se proponen medidas de adaptación de ordenación del territorio en estos casos. Existen otras playas en que debido al run-up de la ola, espacio que la ola necesita para disipar su energía, junto con el incremento del nivel del mar correspondiente al escenario de cambio climático considerado produce inundación en la zona urbana situada junto a la playa. Por último, existen otras playas como la de Zarautz y la de La Concha en Donostia en que la ola choca contra el muro de separación entre el paseo y la playa. En este caso la ola que llega sigue teniendo energía, choca contra el muro, pasa el paseo, y vuelve a chocar contra los edificios existentes. Esta situación, que ya sucede en la actualidad, empeorará con el incremento del nivel del mar a lo largo de este siglo, pero sobre todo se debe de tener en cuenta el incremento de las frecuencias de los temporales.

Enunciada la problemática la solución es complicada. Existe una inicial de disminución de la energía de la ola a base de barreras previas que ambientalmente puede ser muy insostenible, económicamente poco rentable y técnicamente puede llegar a ser complicadas, eliminando usos de la playa.

La segunda solución es la de dar a las playas el espacio necesario para que se pueda desarrollar todo el run-up en el interior de la misma, sin llegar a las zonas urbanizadas. Esta solución es conceptualmente similar a algunos de los criterios de usos de suelo implantados en zonas inundables por avenida fluvial y lógicamente requiere un instrumento de ordenación territorial que permita su desarrollo, tal y como podría ser la revisión futura del PTS de Protección y Ordenación del Litoral de la CAPV. Indudablemente en zonas urbanas consolidadas no será posible a corto o medio plazo, pero en otras zonas puede ser una opción válida o por lo menos a tener en cuenta.

4.2.4. IMPACTO DE LAS PRECIPITACIONES INTENSAS

Como se ha indicado anteriormente, parece que existe un acuerdo en la comunidad científica de que el cambio climático va a modificar la pluviometría de forma que las lluvias van a ser más intensas. Este incremento de la intensidad trae consigo, en zonas urbanas, un incremento casi proporcional de los caudales generados por la lluvia que penetran en las redes de saneamiento o inundan zonas bajas. Estas inundaciones pueden tener un alto riesgo en las zonas urbanas; sobre todo si el agua penetra a través de las rampas de los garajes subterráneos, produciendo fuertes inundaciones en cuanto a calado en los garajes y de forma paralela los propietarios de los coches los quieren sacar. Sin duda, en las zonas cuya urbanización está por debajo del nivel de la máxima marea viva equinoccial actual, o se va a encontrar por debajo en el futuro, este incremento de la intensidad de lluvia va a aumentar también el riesgo de inundación ya que los colectores van a intentar descargar el agua sin éxito por encontrarse la salida del mismo a una cota alta, disminuyendo así su capacidad de desagüe y produciendo inundaciones aguas arriba en la urbanización.

Para disminuir este riesgo y aumentar la resiliencia del medio urbano es preciso controlar los caudales producidos por la lluvia conceptualmente de dos maneras, si bien pueden existir soluciones mixtas para ambas. El primer sistema consiste en aumentar la capacidad de absorción del suelo. Este aumento en una zona urbanizada se consigue mediante técnicas de drenaje sostenible, SUDS, (Sistemas urbanos de drenaje sostenible) en donde existen soluciones que se adaptan a esta necesidad de disminución del coeficiente de escorrentía. Un ejemplo de estas actuaciones, son los jardines de agua, los firmes y pavimentos porosos, etc. El segundo grupo de soluciones se centra en la Ingeniería hidráulica a base de la construcción de estructuras (bombes, tanques de tormenta o depósitos de retención de agua) que permitan controlar el caudal de agua de lluvia que va a los colectores impidiendo su sobrecarga.

La solución a base de SUDs es más natural, son actuaciones para conseguir una ciudad más verde, puede disminuir el efecto de isla de calor al generar zonas abiertas de agua, es en general más económica, pero tiene el inconveniente que su capacidad de absorción de agua es limitada e incluso pequeña si el nivel freático está alto, lo que puede impedir que estas soluciones se planteen en zonas bajas por debajo de las pleamares equinocciales. Además, son soluciones que en general necesitan más espacio que las soluciones más tradicionales con lo que son más complicadas de ejecutar en el suelo urbano consolidado. Pero son soluciones, que se deben de tener en cuenta en las fases de ordenación del territorio o planeamiento urbanístico/regeneración urbana en donde el reparto de la ocupación del suelo se define y clasifica. Por tanto, una medida de adaptación importante en el medio urbano, tanto en los suelos ya desarrollados como en los nuevos suelos, es el control de la capacidad de absorción de agua del terreno con el fin de que, tanto el incremento de caudal en tormentas de corta duración debido al cambio climático como el incremento de la impermeabilización, que supone los nuevos desarrollos, no suponga un impacto en los actuales sistemas de drenaje. Para realizar este control es necesario aplicar preferiblemente técnicas asociadas a los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDs) y si no es posible o no es suficiente recurrir a técnicas más estructurales de almacenamiento, laminación o bombeo.

4.3. CONCLUSIONES

A la vista de todo lo estudiado, cabe destacar que los municipios de la costa vasca se van a ver afectados por el incremento del nivel del mar por efecto del cambio climático. Esta afección ya va a ser notable en el año 2045 bajo la hipótesis del escenario RCP 4.5 y 8.5, con un crecimiento del nivel del mar de 17 cm; pero si se analiza la afección en el año 2100 para cualquiera de las dos escenarios estudiados el RCP 4.5 (un crecimiento de 49 cm con respecto al estado actual, año 2020) o el RCP 8.5 (un crecimiento de 80 cm con respecto al estado actual, año 2020) esta ya va a ser más que notable en donde especialmente en el escenario más pésimo el RCP 8.5 del año 2100, serán necesarias distintas actuaciones para que los municipios no sean vulnerables.

Los impactos que se van a producir, por el incremento del nivel de mar, son generalizados en toda la costa afectando tanto al medio urbano como al medio físico. En este sentido, en el medio urbano son reseñables los impactos producidos por situaciones de mareas astronómicas como meteorológicas y los producidos por el impacto de la ola, destacando en este sentido la vulnerabilidad de las zonas bajas, incluso las existentes por debajo de las actuales pleamares equinocciales, la reducción de la protección o la no protección de estructuras actuales como motas o diques y la de las playas urbanas. En el medio natural es necesario citar los impactos en dunas y en playas debido a la pérdida de playa seca y a la acción erosiva del oleaje. Además, existirá el impacto sobre marismas muchas de las cuales van a tender a desaparecer sin capacidad inicial de regeneración por falta de superficies libres aguas arriba de las actualmente existentes. Otro impacto producido por el efecto del cambio climático, aunque de menor importancia, es el incremento de las precipitaciones intensas que pueden caer en la costa vasca. Este aumento de intensidad de la lluvia puede producir problemas de inundaciones sobre todo en las zonas urbanas.

En este trabajo se han presentado algunas medidas de adaptación con el fin de mejorar el territorio y disminuir los impactos producidos por el efecto del cambio climático. Como concepto general es obligado recalcar que estas medidas deben de ser amplias y no centradas en un único impacto, deben de ser capaces de resolver varios impactos detectados, principalmente por la subida del nivel del mar, lo que equivale a indicar que se debe de trabajar con todas las variables intervinientes en el territorio.

Las principales medidas de adaptación planteadas en el medio urbano y referentes al incremento del nivel del mar se refieren a evitar que dicho medio sea inundable, realizando los diques oportunos con las infraestructuras de drenaje seguras en zonas actualmente consolidadas, y evitando que con los nuevos desarrollos y/o la regeneración urbana sean vulnerables a estas subidas del nivel del mar tanto en situación de pleamar como por oleaje o por avenida fluvial en las rías para lo cual será necesario subir las cotas de urbanización hasta situarse por encima de la afección de las amenazas estudiadas. Estos nuevos desarrollos o los suelos de regeneración urbana disponibles en el litoral deberán de ser estudiados en las próximas fases de la revisión del PTS de Protección y Ordenación del Litoral de la CAPV para darles el carácter necesario para evitar la vulnerabilidad frente a las amenazas del cambio climático.

Las medidas referentes al incremento de las precipitaciones intensas se centran principalmente en la posibilidad de empleo de técnicas o sistemas de drenaje sostenible (SUDs) para conseguir mejorar la capacidad de absorción del agua de lluvia, y así reducir la escorrentía o impermeabilización que implica la urbanización frente al terreno natural, ya sea a base de técnicas en las cubiertas de los edificios (cubiertas verdes) o en los parques (jardines de agua) y calles (pavimentos porosos) que configuran las estructuras urbanas; estas soluciones son totalmente viables en el caso de nuevos desarrollos o de regeneración urbana y se recomienda estudiar en detalle en el caso de zonas consolidadas; y en el caso de que se vea que esta técnica no es posible, generalmente en el suelo urbano consolidado, se deberá asumir el incremento de caudal de lluvia que este impacto climático va a ocasionar y diseñar la red de colectores, bombeos y estructuras de control para ello.

Las medidas de adaptación en las zonas de playas con o sin dunas que se proponen se centran, si es posible, en la necesidad de incrementar el espacio de las mismas hasta conseguir que, en temporales, toda la influencia de la ola se localice en la zona de playa, evitando así el choque contra las estructuras artificiales. En el caso de playas con una estructura urbana consolidada en donde no son posibles estas medidas, su solución es muy complicada y requiere un estudio particular de cada una de dichas playas. En las zonas de marismas, que se verán muy afectadas por el incremento del nivel del mar, se propone como medida de adaptación el estudio de nuevas zonas para su transformación en futuras marismas ayudadas por acciones específicas que las configuren, para lo cual será necesario realizar una reserva de estos suelo mediante un instrumento de ordenación territorial y/o urbanístico.

En conclusión, teniendo en cuenta los diferentes escenarios temporales, así como los distintos fenómenos trabajados, se generan por el cambio climático unas amenazas y vulnerabilidades tanto en el medio físico (red verde) como en el medio urbano, que se deberán tener en consideración especialmente a la hora de realizar la revisión y adaptación del PTS de Protección y Ordenación del Litoral de la CAPV.