



*Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Caminos, Canales
y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANÁLISIS GLOBAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS EN EL SISTEMA PORTUARIO

GLOBAL ANALYSIS OF CLIMATE RISKS IN THE PORT SYSTEM

Trabajo realizado por:

ALBERTO SÁNCHEZ CLEMENTE

Dirigido:

IÑIGO LOSADA RODRÍGUEZ

CRISTINA IZAGUIRRE LASA

Titulación:

**Máster Universitario
en Ingeniería Costera
y Portuaria**

Santander, octubre de 2017.

TRABAJO FINAL DE MASTER

ÍNDICE

ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES.....	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 MOTIVACIÓN	4
1.2 REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	5
1.3 OBJETIVOS	7
2. SISTEMA PORTUARIO GLOBAL.....	8
2.1 SELECCIÓN DE PUERTOS	8
3. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS	14
3.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	14
i) PELIGROSIDAD	15
ii) EXPOSICIÓN	15
iii) VULNERABILIDAD.....	15
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	17
3.2.1 BASES DE DATOS DISPONIBLES.....	18
3.3 INDICADORES CLIMÁTICOS Y MARINOS.....	20
3.4 INDICADORES DEL RIESGO.....	24
3.4.1 INVERSIÓN ADICIONAL	26
3.4.2 PÉRDIDAS MONETARIAS.....	27
3.5 OBTENCIÓN DEL RIESGO	33
4. RESULTADOS.....	36
4.1 SEGÚN SITUACIÓN GEOGRÁFICA	36
4.2 SEGÚN CATEGORÍA DE RIESGO	42
4.3 SEGÚN TIPO DE TERMINALES	45
5. CONCLUSIONES.....	52
6. BIBLIOGRAFÍA	56
ANEJO 1: TABLA DE RESULTADOS.	57
ANEJO 2: CARACTERIZACIÓN DE LAS TERMINALES.	61
ANEJO 3: HOJAS DE RESULTADOS.	83

ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES

Activo: Elementos de propiedad convertibles en efectivo, recursos totales de una empresa, como efectivo, pagarés y cuentas por cobrar, valores, inventarios, fondo de comercio, accesorios, maquinaria.

Adaptación: Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada.

Agitación: Movimientos de la superficie del agua debido a crestas cortas provocadas por mar de viento o mar de fondo.

Altura total: Distancia entre el fondo del mar y la coronación de un dique o muelle.

AT: Astronomical Tide (Marea Astronómica). Onda larga de la superficie del mar, provocada por los efectos gravitatorios inducidos por el sistema Tierra – Sol – Luna.

DWT: Deadweight tonnage (Tonelaje de Peso Muerto).

Driver: Cualquier factor natural o inducido por el hombre que provoque directa o indirectamente un cambio.

Exposición: El tipo y grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas importantes.

Francobordo: Distancia medida de manera vertical entre el nivel del mar y la cota de coronación de una cierta estructura o el casco de un barco.

H: Altura de ola (m). Distancia medida verticalmente entre la cresta de una ola y el seno más cercano.

Hs: Altura de ola significativa (m). Corresponde con el valor medio de la altura del tercio superior de olas de un estado de mar de una hora de duración.

Hinterland: Área de influencia del puerto que incluye las condiciones del mercado que definen la oferta y la demanda, así como las infraestructuras para el correcto transporte.

Impacto: Consecuencias del cambio climático en sistemas humanos y naturales. Según la medida de la adaptación, se pueden distinguir impactos potenciales e impactos residuales. Impactos potenciales: Todos los impactos que pueden suceder dado un cambio proyectado en el clima, sin tener en cuenta las medidas de adaptación. Impactos residuales: Los impactos del cambio climático que pueden ocurrir después de la adaptación.

IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático.

MSL: Mean Sea Level (Nivel Medio del Mar o NMM).

Overtopping: También denominado rebase. Descarga de agua sobre un dique (por metro lineal de anchura).

Peligrosidad: Probabilidad de ocurrencia de un proceso, fenómeno o actividad humana que puede causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, alteraciones sociales y económicas o degradación ambiental.

Puerto: Infraestructuras de protección, operaciones y transporte, y actividades desarrolladas dentro de él.

RCP: Representative Concentration Pathways. Son las trayectorias de concentración de gases de efecto invernadero (no emisiones) adoptadas por el IPCC para su quinto Informe de Evaluación (AR5) en 2014. Los cuatro RCP: RCP2.6, RCP4.5, RCP6 y RCP8.5; son determinados en función de un rango de valores de presión radiativa en el año 2100 en relación con los valores preindustriales (+2.6, +4.5, +6.0 y +8.5 W / m², respectivamente).

SLR: Sea Level Rise (Aumento del nivel del mar).

Sistema externo al puerto: Condiciones de mercado, características de oferta y demanda, flujo y tipo de mercancías, condiciones nacionales del sistema portuario en relación con el puerto, etc.

SS: Storm Surge (Marea Meteorológica). Onda larga de la superficie del mar, provocada por los efectos del viento y presión atmosférica principalmente.

TEU: Twenty-foot Equivalent Unit (Unidad Equivalente a Veinte Pies).

TWL: Total Water Level (Nivel del Mar Total).

Vulnerabilidad: Nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad se define en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

W: Velocidad del viento (m/s). Medida a 10m de altura.

ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical.

ANÁLISIS GLOBAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS EN EL SISTEMA PORTUARIO

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la variabilidad climática a diferentes escalas temporales son temas relevantes, ampliamente confirmados y documentados, como se muestra en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Las costas y las zonas bajas están muy expuestas al cambio climático futuro, por lo tanto, los activos e infraestructuras que se encuentran en ellas, probablemente se verán afectados por impactos futuros. Los puertos, por estar situados en estas zonas son potencialmente sensibles al cambio climático.

Los supuestos, definiciones y conclusiones del quinto informe de evaluación (AR5) de la Comisión Intergubernamental sobre el Cambio Climático identifican una serie de cambios en el clima y cambios proyectados en el futuro. Las proyecciones para el año 2100 sugieren el aumento del nivel de algunos decímetros y una mayor frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos. Incluso si las emisiones de gases de efecto invernadero (especialmente dióxido de carbono CO₂) paran hoy, estos cambios continuarán durante varias décadas y en el caso del nivel del mar, durante siglos.

El *gráfico 1.1* muestra las tasas de cambio en la altura de la superficie del mar para el período 1993-2012 obtenido por altimetría de satélite. También se muestran cambios relativos en el nivel del mar de una serie de estaciones de mareas seleccionadas durante el período 1950-2012.

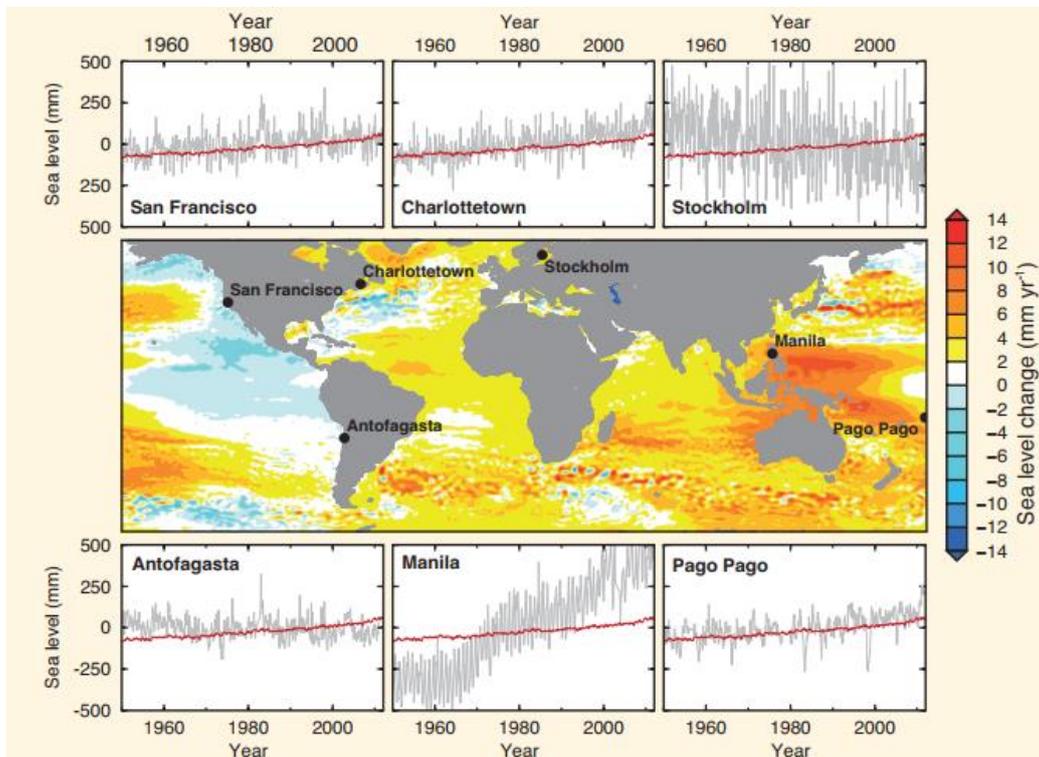


Gráfico 1.1: Aumento del Nivel del Mar global y en varias estaciones seleccionadas.

Por estar situados en la zona de confluencia de los océanos con las costas, los puertos son potencialmente susceptibles a verse afectados por las anomalías provocadas por el cambio climático. Los puertos tienen varias características que los hacen únicos, por ejemplo, su importancia para la economía nacional.

1.1 MOTIVACIÓN

Los puertos conforman un complejo sistema y entramado que involucra a un gran número de empresas en torno a su hinterland (*Gráfico 1.2*) y, por lo tanto, son un elemento económico muy importante. El desarrollo portuario y el comercio mundial están estrechamente interrelacionados.

Los puertos deben ser considerados como uno de los aspectos más vitales de una infraestructura de transporte nacional ya que constituyen:

- Un importante enlace de transporte comercial y, por lo tanto, un punto de conexión con las autopistas y los sistemas ferroviarios.
- Un importante potenciador económico para la prosperidad de la nación. Un puerto no es sólo una puerta de entrada para el comercio, sino que atrae y sirve de sustento para multitud de empresas que desarrollan su actividad económica a su alrededor (agencias, bancos, empresas náuticas, ...).

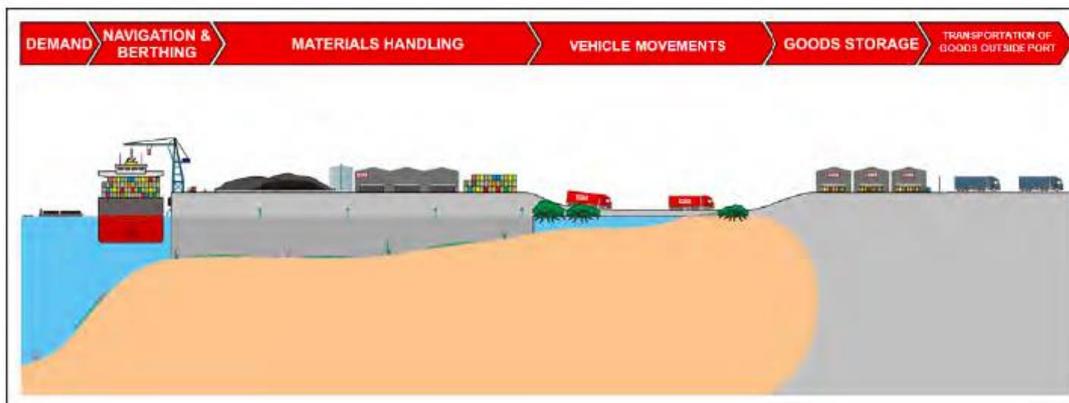


Gráfico 1.2: Zona de influencia portuaria.

Los puertos también deben ser considerados como uno de los aspectos más importantes del transporte marítimo, ya que son el lugar donde se realizan las reparaciones, dónde se ubican las industrias y donde se implementan las políticas aduaneras y gubernamentales.

El sector público suele aportar importantes inversiones de capital (a través de la autoridad portuaria o de los fondos generales) para ver y analizar impactos y beneficios económicos concretos y medibles resultantes de estas inversiones.

El cambio climático es una amenaza potencial para los puertos por la ubicación de estos (en la confluencia de océanos y continentes).

La principal consecuencia del cambio climático es el aumento de la temperatura global. Esta es quizás, la consecuencia más importante en relación a los puertos ya que traerá consigo los siguientes efectos secundarios:

- Aumento del nivel medio del mar debido a dos factores: deshielo de los casquetes polares y, el más importante, expansividad térmica del agua (aumento de volumen del agua al calentarse).
- Eventos extremos climáticos y marinos más severos.
- Un análisis estadístico basado en datos de los satélites de los últimos 25 años, de un equipo de científicos dirigido por James Elsner, del Departamento de Geografía de la Universidad Estatal de Florida (EEUU) ha obtenido una relación entre el aumento de la frecuencia y fuerza de los ciclones tropicales debido al aumento de la temperatura de los océanos.

Todo lo anterior hace que los puertos sean un activo en riesgo.

El riesgo, lo podemos definir como “La probabilidad de consecuencias dañinas, o esperadas pérdidas (muertes, heridos, propiedades, medios de vida, actividad económica paralizada o medio ambiente dañado) como resultado de las interacciones entre amenazas naturales o inducidas por el ser humano, y condiciones de vulnerabilidad” (UN-ISDR (2004)).

Dado que las variables climáticas van a sufrir alteraciones debido al cambio climático, y que los puertos constituyen un elemento vulnerable debido a su ubicación, se estima necesario y conveniente realizar el presente estudio denominado ‘Análisis Global de Riesgos en el Sistema Portuario’.

1.2 REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Existen una serie de trabajos previos que analizan la interferencia entre el cambio climático y los puertos, si bien ninguno de ellos cuantifica el grado de afección de los puertos ante esta amenaza. Se trata de trabajos principalmente encaminados a la identificación de impactos, niveles de vulnerabilidad, drivers climáticos y medidas de adaptación, con un enfoque predominantemente cualitativo, pero sin una cuantificación de los impactos producidos o el riesgo, que es uno de los objetivos del presente trabajo.

Los trabajos previos que se han encontrado en relación a esta materia son los siguientes:

1. *The Fifth Assessment Report (AR5). CLIMATE CHANGE 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC).*

Este documento se divide en 3 secciones (A, B y C) las cuales tratan los siguientes temas:

- En la sección A del presente resumen se describen los impactos, la vulnerabilidad y la exposición observados, así como las respuestas de adaptación existentes hasta la fecha.
- En la sección B se examinan los futuros riesgos y los beneficios potenciales.
- En la sección C se estudian los principios de adaptación eficaz y las amplias interacciones existentes entre la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible.

Dentro del AR5, el capítulo 5 denominado ‘Chapter 5: Coastal Systems and Low-Lying Areas’, presenta una imagen actualizada de los impactos, la vulnerabilidad, y la adaptación de los sistemas costeros y las zonas bajas al cambio climático, con el aumento del nivel del mar percibido como el riesgo más importante para los sistemas.

Este capítulo consta de seis secciones, con esta primera sección progreso en el conocimiento de AR4 a AR5 (Quinto Informe de Evaluación), el alcance del capítulo y los nuevos desarrollos. En la sección 5.2 se trata de sistemas y controladores climáticos y no climáticos. Los sistemas costeros incluyen tanto

sistemas naturales como sistemas humanos. Los controladores climáticos y no climáticos tratados en la Sección 5.3, seguidos de los impactos y vulnerabilidades en la Sección 5.4. La sección 5.5 trata de la adaptación y la gestión de riesgos. Por último, la Sección 5.6. identifica las lagunas de información, las lagunas de datos y las necesidades

Este capítulo también proporciona avances en las evaluaciones de vulnerabilidad y la identificación de posibles acciones de adaptación, costos, beneficios, y compensaciones.

2. *Climate change adaptation guidelines for ports. Report series: Enhancing the resilience of seaports to a changing climate. NCCARF & RMIT UNIVERSITY.*

Este documento de orientación sintetiza algunos de los hallazgos clave de la toma de decisiones. Estos conocimientos pueden servir para informar y fortalecer evaluaciones y se utilizarán para probar los supuestos de los puertos. Las siguientes secciones describen cómo esta investigación puede contribuir a las evaluaciones de riesgos portuarios específicas de cada lugar.

Según este documento, la adaptación al clima puede dividirse genéricamente en dos categorías:

- Crear capacidad para el cambio futuro a través de la sensibilización, desarrollo, recopilación de datos y seguimiento e investigación.
- La aplicación de iniciativas de adaptación, tales como la tecnología, cambios en la ingeniería, planificación, diseño, legal / regulador, seguro / financiero medidas y cambios en el sistema de gestión.

El punto 4 de este informe describe algunas oportunidades de adaptación para los puertos australianos dentro de estas dos categorías generales, que han evolucionado a través de este proyecto de investigación, y que puede provocar servir como orientación.

3. *Maro Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático (2013). Universidad Pontificia de Chile, IH Cantabria, Universidad de Valparaíso, Centro de Cambio Global UC & CIGIDEN.*

En este libro se presenta la metodología general de adaptación al cambio climático, así como una propuesta para las metodologías específicas, asociadas a tres obras de infraestructura: embalses, puertos (esta es la parte en relación al tema del presente trabajo) y puentes.

Presenta una síntesis acerca de la información que se dispone a la fecha con respecto a los potenciales impactos del cambio climático, con énfasis en eventos extremos.

Además, se presenta el marco conceptual de la relación entre cambio climático e infraestructura, destacando la necesidad de incorporar elementos de modelación más complejos y simulaciones continuas para mejorar la evaluación de la infraestructura y su capacidad de cumplir frente a los criterios de robustez y flexibilidad. La sección siguiente entrega la propuesta metodológica general y la específica, asociada a tres tipos de obras de infraestructura: embalse, puente y puerto. En cada una de ellas se hace un esfuerzo por identificar agentes causantes (drivers), representar la incertidumbre y evaluar opciones mediante sistemas más o menos sofisticados de modelación.

4. *CLIMATE CHANGE AND NAVIGATION. Waterborne transport, ports and waterways: A review of climate change drivers, impacts, responses and mitigation. "Navigation, Ports, Waterways". PIANC.*

En el presente informe se examinan los efectos del cambio climático en la navegación marítima y la navegación interior, incluyendo la subida del nivel del mar, las condiciones del viento, la acción de las olas, la propagación de mareas y su amplitud, la circulación del océano, las tormentas, la hidrodinámica costera, química del mar, áreas protegidas ambientalmente, condiciones de hielo, abastecimiento de agua y calidad de los ríos interiores, las condiciones hidrológicas extremas y la morfología costera, estuarina y de los ríos. Se identifican potenciales respuestas de adaptación y mitigación.

Además, se analizan las contribuciones de la navegación a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), junto con las oportunidades para que la navegación contribuya tanto a la disminución general de los GEI antropogénicos, a través del uso de combustibles alternativos, como a disminuciones en otros contaminantes.

Los anteriores trabajos se centran, por un lado, en la descripción de los potenciales impactos del cambio climático (Trabajo 1). El trabajo 3, además de realizar una descripción de estos impactos, plantea un marco conceptual de relación entre el cambio climático y las infraestructuras.

El trabajo 2 propone una serie de iniciativas de adaptación al cambio climático para los puertos australianos. Destaca la importancia de la sensibilización, seguimiento e investigación.

Para finalizar, el trabajo 4 analiza los efectos del cambio climático en la navegación marítima y la navegación interior. Se identifican respuestas de adaptación y mitigación, a la vez que analizan oportunidades para que la navegación reduzca la emisión de contaminantes.

Los anteriores trabajos, se centran en la definición de los potenciales impactos relacionados con el cambio climático y medidas de adaptación, seguimiento, mitigación y de reducción de las emisiones contaminantes en la navegación, pero no se realiza una cuantificación del riesgo derivado del cambio climático en el sistema portuario global. Ante la ausencia de estudio en esta área, es en esta parte donde se va a desarrollar el presente trabajo de ‘Análisis Global de Riesgos Climáticos en el Sistema Portuario’.

1.3 OBJETIVOS

Debido al desconocimiento, desde un punto de vista cuantitativo, del riesgo asociado al cambio climático en el sistema portuario, se presenta el presente trabajo de ‘Análisis Global de Riesgos Climáticos en el Sistema Portuario’, en el cual se plantea el siguiente objetivo:

Analizar el riesgo asociado al cambio climático en el sistema portuario a nivel global.

Para lograr este objetivo, es necesario llevar a cabo una serie de pasos previos:

- Definición homogénea de una serie de terminales de puertos, a lo largo de todo el planeta, que permita extraer una serie de conclusiones sin sesgo geográfico.
- Correcta caracterización de las terminales a analizar.
- Uso y validación de una herramienta que permita cuantificar el riesgo climático en los puertos.

A la vista de los resultados de riesgo que se obtengan se procederá a la extracción de una serie de conclusiones en función de la ubicación geográfica, categoría de riesgo y/o del tipo de terminales.

2. SISTEMA PORTUARIO GLOBAL

El objetivo principal del presente trabajo es el de obtener una estimación global del riesgo derivado del cambio climático en los puertos, permitiendo identificar ‘hot spots’ y poner el foco en aquellos con más riesgo y mayor necesidad de adaptación. Para ello, se ha realizado una selección lo más homogénea posible de los puertos analizados a lo largo de todo el planeta.

Se han analizado un total de 47 terminales de puertos a lo largo de las costas de Europa, América, África, Asia y Oceanía.

Además de buscar una distribución geográfica homogénea, se han escogido terminales de diversas características a fin de poder extraer también conclusiones sobre si el tipo de terminal es determinante o está relacionado con el nivel de riesgo obtenido.

2.1 SELECCIÓN DE PUERTOS

Se han escogido un total de 47 terminales, cada una de ellas correspondiente a un puerto diferente. Las terminales escogidas para el análisis engloban las siguientes tipologías:

- Terminales de contenedores → 30 terminales.
- Terminales de vehículos RO-RO → 2 terminales.
- Terminales de graneles líquidos → 5 terminales.
- Terminales de graneles sólidos → 4 terminales.
- Terminales de carga general → 2 terminales.
- Terminales de cruceros → 4 terminales.

Las terminales de contenedores representan el grupo más amplio de todos los tipos de terminales analizadas. Esto es debido principalmente a que este tipo de terminales es el más abundante dentro del sistema portuario mundial, y a que son las terminales donde obtener la caracterización de las mismas es más sencillo.

TERMINALES DE CONTENEDORES:

Son terminales especializadas para atender buques porta contenedores celulares con puestos de atraque que tienen una profundidad, por lo general, de 13 a 15 m, con grúas pórtico de entre 45 y 50 ton, carretillas pórticos, grúas pórtico de patio, montacargas grandes, cabezales con plataforma, estación de consolidación y des-consolidación.

En la *tabla 2.1* se muestran las terminales de contenedores seleccionadas para su análisis indicando el puerto al que pertenecen, el país y el volumen de carga anual.

PUERTO	PAÍS	TIPO TERMINAL	VOLUMEN ANUAL (TEUS)
NORFOLK	USA	CONTENEDORES	2.655.705

NUEVA ORLEANS	USA	CONTENEDORES	476.413
HOUSTON	USA	CONTENEDORES	2.100.000
PUERTO CRISTOBAL	PANAMÁ	CONTENEDORES	632.845
KINGSTON	JAMAICA	CONTENEDORES	2.662.862
SALVADOR DE BAHÍA	BRASIL	CONTENEDORES	294.415
MONTEVIDEO	URUGUAY	CONTENEDORES	813.537
VALAPARAISO	CHILE	CONTENEDORES	911.000
CALLAO	PERÚ	CONTENEDORES	1.019.000
LONG BEACH	USA	CONTENEDORES	900.000
VANCOUVER	CANADÁ	CONTENEDORES	600.000
FELIXSTOWE	REINO UNIDO	CONTENEDORES	3.434.000
BILBAO	ESPAÑA	CONTENEDORES	596.668
VIGO	ESPAÑA	CONTENEDORES	140.436
TENERIFE	ESPAÑA	CONTENEDORES	327.780
VALENCIA	ESPAÑA	CONTENEDORES	2.508.934
NÁPOLES	ITALIA	CONTENEDORES	438.280
DAKAR	SENEGAL	CONTENEDORES	400.000
CIUDAD DEL CABO	SUDÁFRICA	CONTENEDORES	888.976
TOAMASINA	MADAGASCAR	CONTENEDORES	181.810
MOGADISCIO	SOMALIA	CONTENEDORES	70.000
DAMMAM	ARABIA SAUDÍ	CONTENEDORES	829.260

NEW MANGALORE	INDIA	CONTENEDORES	62.808
COLOMBO	SRI LANKA	CONTENEDORES	2.000.000
SURABAYA	INDONESIA	CONTENEDORES	1.397.428
FREMANTLE	AUSTRALIA	CONTENEDORES	743.495
AUCKLAND	NUEVA ZELANDA	CONTENEDORES	851.106
WENZHOU	CHINA	CONTENEDORES	570.200
HIROSHIMA	JAPÓN	CONTENEDORES	165.684
CAT LAI	VIETNAM	CONTENEDORES	2.845.000

Tabla 2.1: Terminales de contenedores seleccionadas.

TERMINALES RO-RO:

Terminales diseñadas para un tipo de buque que transporta mercancías con rueda como pueden ser, automóviles, camiones o trenes, que son cargadas y descargadas por medio de rampas del buque o rampas de la terminal mediante vehículos tractores en varias cubiertas comunicadas a través de rampas o ascensores.

En la *tabla 2.2* se muestran las terminales RO-RO seleccionadas para su análisis indicando el puerto al que pertenecen, el país y el volumen de carga anual.

PUERTO	PAÍS	TIPO TERMINAL	VOLUMEN ANUAL (Nº VEHÍCULOS)
DURBAN	SUDÁFRICA	VEHÍCULOS RO-RO	501.456
SETUBAL	PORTUGAL	VEHÍCULOS RO-RO	149.039

Tabla 2.2: Terminales RO-RO seleccionadas.

TERMINALES DE GRANELES LÍQUIDOS:

Terminales para fluidos. Atracan buques de gran calado por lo que tanto el canal de navegación como las dársenas son profundas. La carga puede ser petróleo y sus derivados, productos químicos, sebo, aceite vegetal, etc. En este tipo de terminales la carga/descarga de los productos se realiza mediante el amarre de los buques a duques de alba o sistemas de amarre único, sin necesidad de que el barco acceda a la dársena portuaria.

En la *tabla 2.3* se muestran las terminales de graneles líquidos seleccionadas para su análisis indicando el puerto al que pertenecen, el país y el volumen de carga anual.

PUERTO	PAÍS	TIPO TERMINAL	VOLUMEN ANUAL (T.)
MAP TA PHUT	TAILANDIA	GRANELES LÍQUIDOS	3.800.000
VERACRUZ	MEXICO	GRANELES LÍQUIDOS	1.820.718
PUERTO SUDÁN	SUDÁN	GRANELES LÍQUIDOS	1.607.320
MERSIN	TURQUÍA	GRANELES LÍQUIDOS	550.000
PORT BOTANY	AUSTRALIA	GRANELES LÍQUIDOS	3.600.000

Tabla 2.3: Terminales de graneles líquidos seleccionadas.

TERMINALES DE GRANELES SÓLIDOS:

Según los equipos de manipulación y las instalaciones, las terminales pueden ser especializadas o no especializadas. Las terminales especializadas son aquellas que poseen un equipamiento especializado en el manejo de los graneles sólidos y que disponen de grandes superficies para apilar y manipular. Las terminales no especializadas no poseen equipos especializados.

En la *tabla 2.4* se muestran las terminales de graneles sólidos seleccionadas para su análisis indicando el puerto al que pertenecen, el país y el volumen de carga anual.

PUERTO	PAÍS	TIPO TERMINAL	VOLUMEN ANUAL (T.)
CASABLANCA	MARRUECOS	GRANELES SÓLIDOS	2.063.049
PORT LINCOLN	AUSTRALIA	GRANELES SÓLIDOS	1.754.386
TAKORADI	GHANA	GRANELES SÓLIDOS	6.045.050
GANGAVARAM	INDIA	GRANELES SÓLIDOS	2.500.000

Tabla 2.4: Terminales de graneles sólidos seleccionadas.

TERMINALES DE CARGA GENERAL:

Consta de un grupo de puestos de atraque para usos generales en los que se manifiestan una combinación de carga general suelta y cierta cantidad de unidades de carga unitarizada (paletas, contenedores) en buques de tipo corriente.

En la *tabla 2.5* se muestran las terminales de carga general seleccionadas para su análisis indicando el puerto al que pertenecen, el país y el volumen de carga anual.

PUERTO	PAÍS	TIPO TERMINAL	VOLUMEN ANUAL (T.)
KEELUNG	TAIWÁN	CARGA GENERAL	4.957.373
HERAKLION	GRECIA	CARGA GENERAL	6.000.000

Tabla 2.5: Terminales de carga general seleccionadas.

TERMINALES DE CRUCEROS:

Terminales destinadas al atraque de cruceros para el transporte de pasajeros y, en ocasiones vehículos. Poseen todos los servicios necesarios para la cómoda descarga de los pasajeros y su recepción y/o espera.

En la *tabla 2.6* se muestran las terminales de cruceros seleccionadas para su análisis indicando el puerto al que pertenecen, el país y el volumen de pasajeros anual.

PUERTO	PAÍS	TIPO TERMINAL	VOLUMEN ANUAL (PAX.)
LA GOULETTE	TÚNEZ	CRUCEROS	515.000
ARUBA	ARUBA	CRUCEROS	656.043
GRAN CANARIA	ESPAÑA	CRUCEROS	206.888
PORT RASHID	DUBAI	CRUCEROS	650.000

Tabla 2.6: Terminales de cruceros seleccionadas.

En el *gráfico 2.1* se muestra la ubicación de las 47 terminales mencionadas anteriormente a lo largo de todo el planeta. Se observa una distribución homogénea a lo largo de las costas con el objetivo de realizar un análisis global del riesgo provocado por el cambio climático lo más representativo posible.

No se han seleccionado puertos en las latitudes altas, debido a que en estas zonas existen zonas de hielos perpetuos o temporales que hace que las series de datos de variables marinas presenten discontinuidades, tal y como se indica en el apartado 3 del presente trabajo.

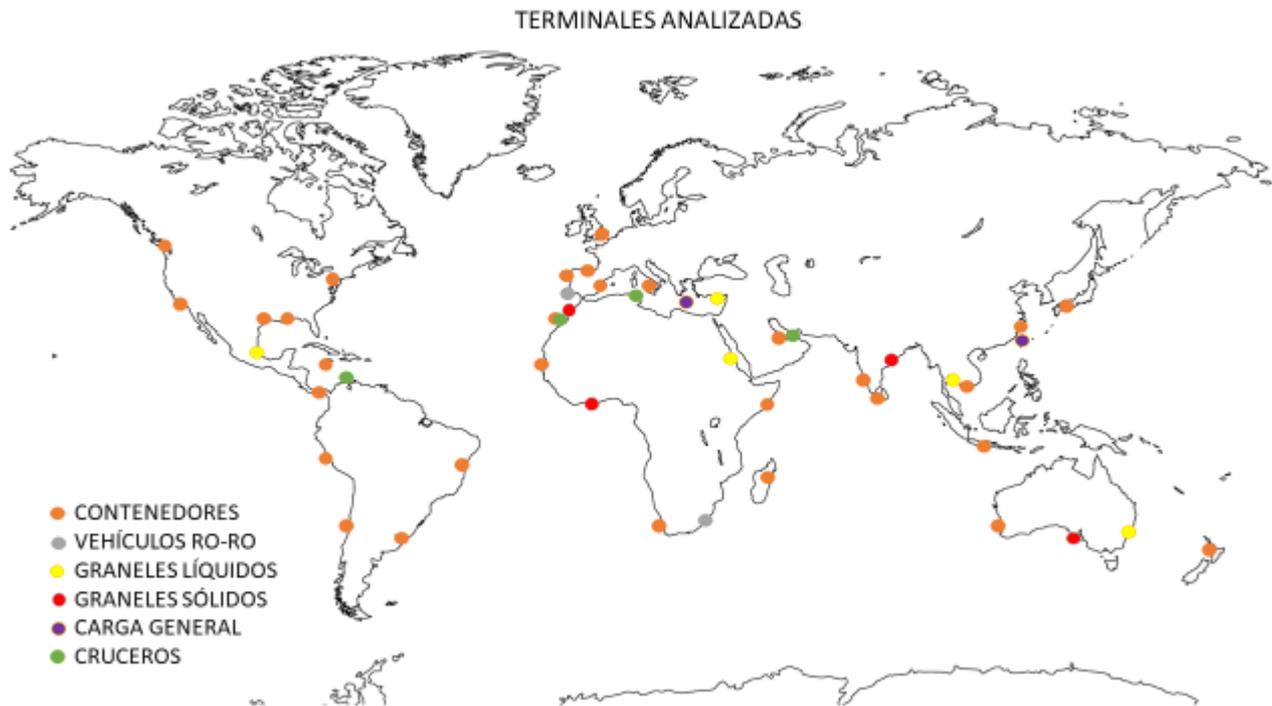


Gráfico 2.1: Ubicación de las terminales analizadas.

Se incluye en el *Anejo 2* toda la información sobre la caracterización de las terminales y las fuentes de datos de donde se ha obtenido.

3. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS

3.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología de riesgo aplicada en este estudio es la utilizada por el IPCC en la que el riesgo se define mediante la integración de peligrosidad (hazard), exposición (exposure) y vulnerabilidad (vulnerability) (Gráfico 3.1).

$$\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$



Gráfico 3.1: Definición del riesgo.

El riesgo de las terminales debido al cambio climático se obtendrá en términos de consecuencias financieras. Para ello se definirán dos indicadores del riesgo: Pérdidas monetarias e Inversión Adicional.

Concretamente se analiza el riesgo en función de las consecuencias financieras del cambio climático en los tres años horizontes y dos RCP mostrados en la *tabla 3.1*. Los años horizonte corresponden con una situación a corto plazo (de interés para las empresas que operan en las terminales), a medio plazo (relevante para los gestores de las terminales y empresas) y a largo plazo (importante para los organismos propietarios de las terminales y estudios sobre futuras terminales).

Se analizan dos escenarios RCP:

- RCP 4.5: Escenario de estabilización. El forzamiento radiativo se estabiliza poco después del 2100.

- RCP 8.5: Escenario pesimista que considera un incremento de emisiones de GEI a lo largo del tiempo, es decir sin acciones de mitigación.

ESCENARIOS	CORTO PLAZO (2025)	MEDIO PLAZO (2050)	LARGO PLAZO (2100)
RCP	4.5	4.5	4.5
	8.5	8.5	8.5

Tabla 3.1: Escenarios analizados.

Se describen, a continuación, las tres componentes del riesgo: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

i) PELIGROSIDAD

La peligrosidad se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que provoque un cierto impacto. La peligrosidad será determinada en función de una serie de indicadores de impacto que se describirán más adelante. Estos indicadores resultan de la integración de una serie de variables atmosféricas y marinas.

Las proyecciones de las variables que la herramienta posee permiten obtener los valores en los años horizonte, permitiendo con ello obtener los correspondientes indicadores de impacto.

ii) EXPOSICIÓN

La exposición viene definida por las características de la terminal y por sus activos. Su valor dependerá de los activos expuestos al impacto.

Las características de la terminal vienen definidas por el tipo de mercancía manipulada.

Los activos de la terminal incluyen tanto la infraestructura como la maquinaria de la misma. Puede tratarse de activos compartidos (diques que sirven de protección, remolcadores que prestan apoyo logístico a varias terminales, etc.) o activos propios. Los valores de los activos de la terminal, en caso de no ser conocidos por el usuario de la herramienta, vienen definidos según se indica en el ‘Apartado 3.2.1: Bases de datos disponibles’ del presente trabajo.

iii) VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad viene definida en base a la operatividad de la terminal. Depende del tipo de terminal, de la operación que se realice y los activos. Cada tipo de operación tiene unos umbrales operativos los cuales al ser superados inducen paradas operativas. Existen otros umbrales que al superarlos suponen un aumento en el coste de mantenimiento (daños provocados por precipitaciones, dragados, etc.), condicionando la vulnerabilidad.

Por ejemplo, la *tabla 3.2* muestra los umbrales operativos para distintos tipos de terminal y operaciones. La herramienta tiene implementados los umbrales operativos según el tipo de terminal escogida en el análisis.

Altura de ola (H_s)	Maniobras de aproximación	$H_s=2.5$ m
	Carga/Descarga Container, ROPAX, Cruceros	$H_s=0.3$ m
	Carga/Descarga Pesca, P. Deportivos	$H_s=0.4$ m
	Carga/Descarga Gr. Sólidos, LNG tankers, Carga General and offshore supply	$H_s=0.8$ m
	Carga/Descarga Buque de Graneles Líquidos	$H_s=1$ m
	Carga/Descarga Buque de Graneles Líquidos >200,000 DWT	$H_s=1.5$ m

Tabla 3.2: Ejemplo de umbrales operativos por terminal en las maniobras de aproximación.

En el caso de la altura de ola significativa existe un valor umbral a partir del cual la parada en las operaciones es total. Por debajo de ese valor umbral no se realiza parada operativa (Gráfico 3.2). No existe un umbral para todos los drivers climáticos, sino que para algunos como el viento el porcentaje de la parada operativa es gradualmente mayor a medida que aumenta su velocidad (Gráfico 3.3).

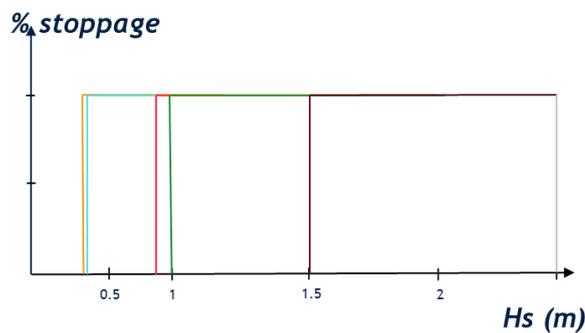


Gráfico 3.2: Porcentaje de parada operativa en función de H_s .

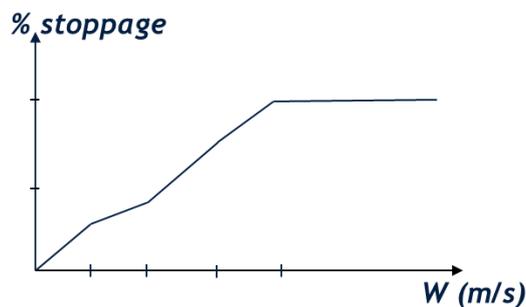


Gráfico 3.3: Porcentaje de parada operativa en función del viento.

La metodología de obtención del riesgo propuesta en este apartado está integrada en la herramienta CRM y es, por lo tanto, la escogida para el análisis de las terminales.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

La herramienta empleada para el análisis del riesgo de las terminales seleccionadas ha sido diseñada y creada por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) dentro del marco del proyecto "Climate Risk Management: Ports and Water Transport" desarrollado para International Finance Corporation (WB). Se trata de una versión beta, aún en desarrollo. La herramienta se llama Climate Risk Management y de aquí en adelante se referirá a ella por su acrónimo CRM.

La herramienta se ha desarrollado para tener en cuenta los riesgos climáticos futuros en el sector portuario. El objetivo principal es permitir al usuario determinar el perfil de riesgo de una inversión asociada al cambio climático, basado en la información disponible sobre el clima y el proyecto. La herramienta se puede aplicar de manera global en los sectores de transporte marítimo y portuario a proyectos en puertos nuevos y existentes.

Esta herramienta tiene limitaciones debido a estar aún en proceso de desarrollo y debido a las hipótesis y simplificaciones que se han introducido para que sea aplicable a escala global. Los resultados deben ser validados con otras fuentes de información.

La herramienta permite una evaluación de los riesgos asociados con diferentes escenarios de cambio climático en los puertos existentes o para nuevas inversiones. Usando la información que caracteriza los datos del puerto y el clima, la herramienta proporcionará un perfil de riesgo financiero con respecto al aumento o reducción del estado de ingresos, usando el aumento de la inversión y las pérdidas monetarias como indicadores.

CRM posee un esquema simple e intuitivo codificado en lenguaje Visual Basic. Tiene información interna sobre el clima y la economía de los puertos, pero el usuario debe ingresar entradas adicionales.

En caso de que el usuario desconozca algunos de los datos requeridos, la herramienta proporciona unos valores genéricos. En consecuencia, la calidad de los resultados dependerá considerablemente de la calidad de los datos de entrada, por lo que es altamente recomendable tener o adquirir un buen conocimiento del proyecto para obtener una mejor estimación del riesgo.

En el presente trabajo las terminales seleccionadas pertenecen al grupo de puertos por lo que se analizará en este bloque la metodología de la herramienta correspondiente con esa tipología.

Los drivers climáticos considerados para evaluar el impacto del cambio climático son:

- Oleaje.
- Marea meteorológica.
- Marea astronómica.
- Aumento del nivel del mar (SLR).
- Viento.
- Precipitaciones.
- Temperatura.

- Ciclones tropicales.

Los horizontes temporales considerados en la evaluación de riesgos son:

- Corto plazo: 2025.
- Medio plazo: 2050.
- Largo plazo: 2100.

3.2.1 BASES DE DATOS DISPONIBLES

La herramienta posee información climática interna sobre el presente y futuro de las variables atmosféricas y marinas. Las bases de datos disponibles son las siguientes:

- Base de datos de variables atmosféricas. Desarrollada por el Centro Nacional de Investigación Atmosférica de Estados Unidos (NCAR) (*Gráfico 3.4*). Posee información climática global acerca de los siguientes drivers climáticos implicados en la obtención del riesgo en las terminales portuarias: viento, precipitaciones, temperaturas, ciclones tropicales y sequía.



Gráfico 3.4: Proveedor de la base de datos climática.

La información de las variables atmosféricas se ha obtenido del siguiente modo:

- Viento:
 - Datos históricos: Obtención del viento medio diario en el período 1986-2015 mediante recopilación de modelos CMIP5.
 - Escenarios futuros: Conjunto multimodal de medianas de la colección de modelos CMIP5 para escenarios RCP4.5 y RCP8.5 con distribución diaria de datos
- Precipitaciones:
 - Datos históricos: Conjunto de varios modelos de medias anuales en el período 1986-2015 de la colección de modelos CMIP5. Análisis de valor extremo basado en Naveau et al. (2016) en precipitaciones máximas mensuales para calcular los valores de periodo de retorno 25 años.
 - Escenarios futuros: Conjunto de varios modelos de diferentes RCP en períodos futuros formulado como un cambio en el período de referencia. Cálculo de la distribución futura de valores extremos basada en los máximos mensuales de precipitación y la determinación del período de retorno del nivel histórico de retorno de 25 años.
- Temperatura:
 - Datos históricos: Conjunto multimodal de media anual en el período 1986-2015 de la colección de modelos CMIP5.

- Base de datos de activos portuarios a nivel global y flujos de actividad. Estos datos proceden de:
 - Para infraestructura y obras: promedio entre al menos tres proyectos reales diferentes, similares al supuesto activo, licitados en España en los últimos diez años.
 - Para equipos: promedio entre al menos tres precios diferentes, controlados por el catálogo del fabricante o de terminales conocidos.
 - Ingresos por carga: datos promedio de los diferentes estudios del 'Observatorio Permanente del Mercado de Servicios Portuarios', un observatorio español para los servicios de Puertos.

3.3 INDICADORES CLIMÁTICOS Y MARINOS

La información climática es la base para calcular el riesgo asociado con el cambio climático. Los factores climáticos considerados por la herramienta se han utilizado individualmente o combinados para obtener nuevos indicadores para evaluar las inversiones futuras y las pérdidas monetarias.

La *tabla 3.3* muestra la relación entre los indicadores de impacto y los drivers climáticos implicados en cada uno de ellos.

Indicador de impacto	Variable climática / marina
Impacto ciclón tropical (CT)	Probabilidad anual de ser golpeado por un CT de cierta categ. (hap_{cat})
Precipitación media	Precipitación media anual (P)
Precipitación extrema	Precipitación máxima diaria de periodo de retorno 25 años (P_{25})
	Días al año con precipitación intensa (r_{20mm})
Viento	Viento medio diario (W)
Temperatura superficial del aire	Temperatura media anual (T)
Aumento del nivel del mar (SLR)	Nivel medio del mar (MSL)
Agitación	Altura de ola significativa (H_s)
Overtopping	Altura de ola significativa (H_s)

	Nivel medio del mar (MSL)
Inundación costera	Altura de ola significativa (Hs)
	Nivel medio del mar (MSL)
	Marea astronómica (AT)
	Marea meteorológica (SS)
Índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración (SPEI)	Precipitación
	Temperatura superficial del aire

Tabla 3.3: Indicadores de impacto y drivers implicados.

A continuación, se realiza una descripción de los indicadores utilizados para la evaluación del impacto.

INDICADORES CLIMÁTICOS

CICLONES TROPICALES

Los ciclones tropicales (TC) son un fenómeno relevante en las zonas tropicales, que requieren un tratamiento especial. Con base en la escala de huracanes de Saffir-Simpson, la herramienta considera los efectos de los TC separados del clima regular en la evaluación del riesgo. Se considera que un ciclón tropical es un evento que lleva a un paro en todas las operaciones durante, al menos, 24 horas antes del evento, 24 horas durante el paso y algunas horas después, dependiendo de la categoría. Las horas de parada se calculan como:

$$Horas\ de\ parada\ debidas\ al\ TC = \sum_{cat=1}^5 [(48 + HoursAfterTC_{cat}) \times freq_{cat}]$$

donde $freq_{cat}$ es la probabilidad anual de ser alcanzado por una TC de una determinada categoría en el escenario considerado. Las horas de parada operativa o cierre del puerto después de un golpe TC son información predeterminada basada en juicio experto (tabla 3.4). Pueden ser modificados para obtener resultados más precisos para un puerto determinado en función de la experiencia previa.

Categoría	Horas tras el TC
-----------	------------------

I	48
II	168
III	360
IV	480
V	600

Tabla 3.4: Horas de parada tras un TC.

El número de horas de parada obtenidas debido a TC se agrega al valor de cada indicador marino que se calculó en condiciones climáticas regulares (sin incluir TC). Como ejemplo, para el límite de maniobras en la zona de navegación ($H_s > 2.5$ m):

Total de horas de interrupción $H_s > 2,5$ m = horas de interrupción $H_s > 2,5$ m + horas de interrupción debido a TC.

PRECIPITACIONES:

Se han aplicado las siguientes hipótesis:

- El flujo máximo ocurre cuando toda la cuenca contribuye al flujo.
- La intensidad de la lluvia es la misma en toda el área de drenaje.
- La intensidad de la lluvia es uniforme durante un tiempo igual al tiempo de concentración. El tiempo de concentración es el tiempo requerido para que el agua viaje desde el punto más alejado hidráulicamente de la cuenca hasta el punto de interés.
- La frecuencia del flujo máximo calculado es la misma que la de la intensidad de la lluvia.
- El coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las tormentas de todas las probabilidades de recurrencia.

El gráfico 3.6 muestra la evolución de las precipitaciones anuales medias en la terminal de Keelung (Taiwán).

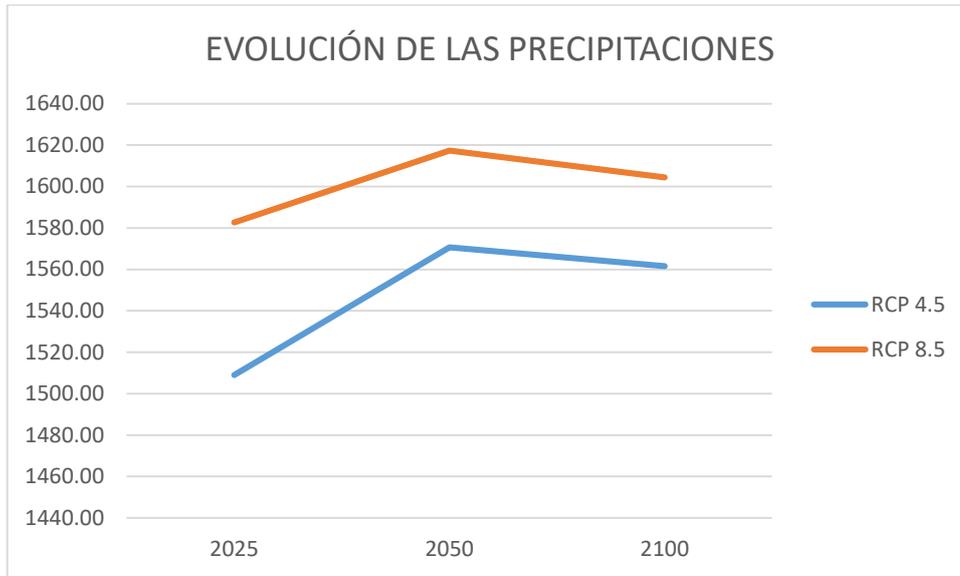


Gráfico 3.6: Evolución de las precipitaciones anuales medias en Keelung (Taiwán).

VIENTO

El paro en las operaciones debido al viento se lleva a cabo mediante el análisis probabilístico. Se considera que el viento medio diario que excede el percentil 99 conduce al paro de las operaciones limitadas por el viento. Para no sobreestimar el tiempo de parada de las operaciones, se supone que la interrupción dura un tercio del día si la velocidad del viento diaria supera el percentil 99 del período de referencia. Esta suposición se basa en la opinión de los expertos sobre la duración de los turnos de trabajo.

$$\text{Horas de parada debido al viento} = av\#days(\overline{W_{99\%F}}) - av\#days(\overline{W_{99\%H}}) \cdot \frac{1}{3} \cdot 24$$

Donde $av \# \text{ días } (\overline{W_{99\%F}})$ es el número promedio de días por año en el futuro con viento medio diario que excede el umbral del percentil 99 del clima de referencia y $av \# \text{ días } (\overline{W_{99\%H}})$ es el promedio histórico de días por año con viento medio diario que excede el umbral del percentil 99 del clima de referencia.

INDICADORES MARINOS

AGITACIÓN

El indicador de agitación se basa en las condiciones de olas cortas (mar y oleaje) en la entrada del puerto (zona de navegación) y en la dársena del puerto. Se han establecido diferentes umbrales según la operación y el tipo de carga para analizar las paradas.

En la entrada del puerto, pueden afectar maniobras cercanas y en la dársena portuaria, pueden afectar las operaciones de carga y descarga. Los cambios de agitación en la dársena del puerto se evalúan como pérdidas operativas para cada terminal y nunca como una mejora de la condición operacional.

OVERTOPPING:

El flujo de overtopping o rebase sobre un rompeolas puede afectar las operaciones en el área protegida detrás de él. Se consideran dos formulaciones tipo rompeolas, utilizando la formulación de Franco et al. (1994) para los diques verticales y la formulación de Owen (1980) para los diques en talud.

El umbral considerado para mantener las operaciones activas es 0.1 l / s / m de flujo de sobrepaso. Además, se tiene en cuenta un filtro de los resultados, tomando como significativos solo aquellos cambios en el indicador de rebase superior al 2% del valor histórico.

INUNDACIÓN COSTERA:

Se considera que las inundaciones costeras afectan el área de atraque y el área de la plataforma y las operaciones llevadas a cabo allí. El indicador marino utilizado para las inundaciones costeras es el Nivel del Mar Total (TWL), que incluye agitación de olas, marea meteorológica, marea astronómica y nivel medio del mar.

$$TWL = 0.5 \cdot Hs + AT + SS + MSL$$

Donde 0.5*Hs representa el set-up de la ola, Hs es la altura de ola significativa, AT es la marea astronómica, SS es la marea meteorológica y MSL es el nivel medio del mar.

Se requiere información sobre la dimensión del francobordo para obtener la altura de inundación costera. Cuando la altura de inundación costera supera los 0.1 m en el área de atraque y plataforma, se supone que las operaciones se detienen. Al igual que en el caso de rebase, los resultados se filtran tomando como significativos solo aquellos cambios en el indicador de inundación superiores al 2% del valor histórico.

3.4 INDICADORES DEL RIESGO

La herramienta, siguiendo la metodología descrita en el apartado 3.1, obtiene los valores del riesgo a través de dos indicadores de consecuencias financieras como son:

- El impacto en el valor del activo en términos de **inversión adicional** que es necesario para que el activo resista los efectos de los impactos del cambio climático. En los proyectos de nueva construcción, las estructuras físicas se diseñarán para resistir futuras acciones y cargas más fuertes debido al cambio climático. En los proyectos ya construidos, se considera que los activos requieren renovación para lograr (mantener) la operatividad actual.
- El impacto en los ingresos en términos de **pérdidas monetarias**, debido a las operaciones interrumpidas, al aumento en los costos de mantenimiento y al incremento en el coste de los seguros:
 - La productividad del activo disminuirá debido a interrupciones más frecuentes y esto significa que los ingresos finales disminuirán. La pérdida de ingresos será la diferencia entre los ingresos estimados de la situación actual y los ingresos futuros esperados.

- Los ingresos también disminuirán debido al aumento en los costos de mantenimiento de los activos y / o los costos de energía.

Se basa en las interacciones entre el sistema portuario y el clima para diferentes escenarios de cambio climático que conducen a un estado de ingresos aumentado o reducido.

Diferentes controladores (D_i) que variarán según el escenario de cambio climático considerado (E_i) representan el clima. Los diferentes activos (A_i) que estarán involucrados en uno o más servicios (S_i) definen el sistema del puerto. El impacto de los impulsores en el desempeño de los activos puede generar la necesidad de mayores inversiones (Gráfico 3.7) para resistir los impactos del cambio climático y prevenir o mitigar las pérdidas monetarias (Gráfico 3.8) en términos de interrupciones operativas.

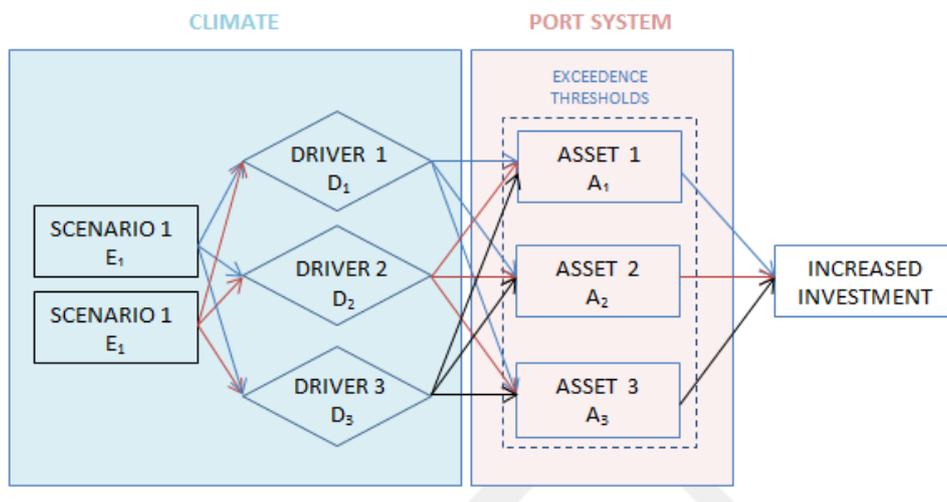


Gráfico 3.7: Metodología de obtención del aumento de inversión.

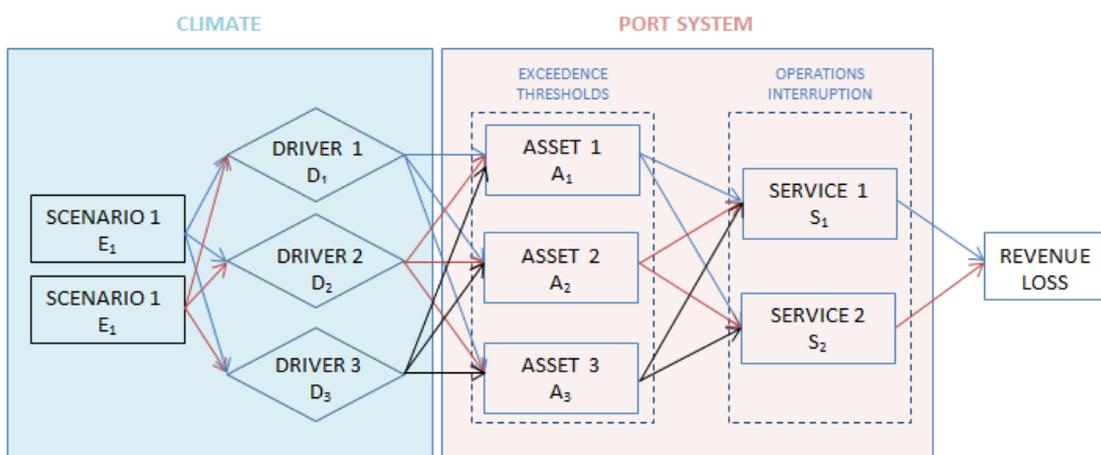


Gráfico 3.8: Metodología de obtención de las pérdidas monetarias.

3.4.1 INVERSIÓN ADICIONAL

El valor total de inversión inicial de un terminal es esencial para calcular el porcentaje de aumento de la inversión. Si la inversión inicial es desconocida, la herramienta lo calculará sumando los costos asumidos de los activos que el usuario selecciona para cada terminal. Si el usuario puede proporcionar la inversión inicial total, los resultados serán más precisos.

$$Inversión\ adicional = \Delta Inversión_{Dique / Muelle / Duquealba}$$

Existe un método diferente para calcular el aumento de inversión según se trate de terminales existentes o nuevos:

- Para los nuevos terminales, en general, siempre habrá un aumento de la inversión en comparación con un escenario de no cambio climático, con el objetivo de proporcionar una instalación más resistente (los cálculos se realizarán teniendo en cuenta que la terminal estará diseñada para resistir las condiciones climáticas futuras sin bajo rendimiento).
- Para las terminales existentes, el aumento de la inversión se realizará en aquellos casos en que la pérdida de ingresos debido a operaciones y reparaciones interrumpidas supere el incremento de la inversión en el activo necesario para evitar días de inactividad. Por lo tanto, el aumento de la inversión será consecuencia de la mejora del activo para reducir las interrupciones en las operaciones.

Los activos vulnerables al cambio climático que pueden aumentar la inversión se resumen en la **tabla 3.5**.

Activo	Propiedad	Parámetro	Impacto
Muelle	Compartida	Coste de construcción (\$)	SLR, subsidencia, overtopping, TWL
D.alba	Compartida	Coste de construcción (\$)	SLR, subsidencia, overtopping, TWL
Muelle	Compartida	Coste de construcción (\$)	SLR, subsidencia, overtopping, TWL

Tabla 3.5: Activos vulnerables al cambio climático susceptibles de aumentar la inversión.

El aumento del nivel del mar y la subsidencia se consideran inversiones directas, mientras que el desbordamiento y las inundaciones costeras se consideran inversiones únicamente cuando la interrupción de las operaciones debido a esos factores excede el precio de la inversión para resolver estas pérdidas operativas.

Las rampas de las terminales RO-RO se consideran un activo que no es vulnerable al cambio climático: el aumento del nivel del mar no afectará significativamente a las rampas flotantes, y el costo de la inversión en rampas móviles es insignificante. Además, la inversión en rampas fijas (si fuera necesario) ya se considera dentro del costo del muelle completo.

El año de aumento de la inversión propuesto se estima como una aproximación del año en que las pérdidas monetarias, acumuladas entre la fecha del proyecto y el escenario, exceden el precio de la inversión.

3.4.2 PÉRDIDAS MONETARIAS

Se considera que las causas de pérdidas monetarias son el aumento en el costo de mantenimiento, las pérdidas monetarias debidas al aumento de las paradas operativas y el aumento en el costo del seguro:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Pérdidas monetarias} = \\
 & = \Delta \textit{PérdidasParadasOperativas} + \Delta \textit{CosteMantenimiento} + \Delta \textit{CosteSeguros}
 \end{aligned}$$

Las pérdidas monetarias generadas por las interrupciones se definen como la diferencia entre los ingresos estimados de la situación actual y los ingresos esperados para la situación futura, donde se supone que las interrupciones operacionales se deben a cambios climáticos. La herramienta compara los umbrales operativos con los valores del controlador para escenarios históricos y futuros, para determinar los cambios en el tiempo durante el cual los activos no están operativos. La diferencia entre períodos para escenarios históricos y futuros se considera una pérdida monetaria.

Otras pérdidas de ingresos son las causadas por el aumento en los costos de conservación y mantenimiento.

Los activos vulnerables considerados para aumentar los costos anuales se resumen en la tabla 3.6.

Activo	Propiedad	Parámetro	Impacto
Pavimento del patio	Exclusiva	Coste de mantenimiento (\$)	Intensidad de precipitación
Vía de tren	Compartida	Coste de mantenimiento (\$)	Intensidad de precipitación
Carreteras	Compartida	Coste de mantenimiento (\$)	Intensidad de precipitación
Sistema de drenaje	Compartida	Coste de mantenimiento (\$)	Intensidad de precipitación
Canal de aproximación	Compartida	Coste de mantenimiento (\$)	Aumento de eventos extremos
Canal (aguas interiores)	Compartida	Coste de mantenimiento (\$)	Aumento de eventos extremos

Tabla 3.6: Activos vulnerables considerados para aumentar los costos anuales.

Las pérdidas operativas o las necesidades de inversión no se consideran para los siguientes sistemas:

- Suministro e iluminación de energía eléctrica.
- Sistemas de drenaje de agua potable.
- Vigilancia.
- Sistemas de protección contra incendios.

Finalmente, el aumento en el costo del seguro, especialmente en aquellas áreas expuestas a eventos extremos, también contribuye a las pérdidas monetarias.

Las pérdidas monetarias se obtienen acumuladas durante el período entre el horizonte y el año de referencia.

PARADAS OPERATIVAS DEBIDAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los puertos están diseñados para alcanzar niveles operativos anuales que, debido al cambio climático, se pueden alterar, lo que lleva a pérdidas operativas.

El proceso de evaluación implementado en la herramienta para evaluar las pérdidas operativas se resume en el *gráfico 3.9*. Las pérdidas operacionales pueden deberse a paros en las operaciones portuarias, superando los umbrales en la entrada al puerto, maniobras portuarias o trabajos portuarios; o en las operaciones del terminal: excediendo los umbrales de la terminal dependiendo del tipo de terminal.

Los umbrales para todas las operaciones consideradas en ambos subsistemas del puerto se proporcionan para que los valores por encima de ellos lleven a paradas y pérdidas de ingresos asociadas. Las pérdidas operativas se evalúan por horas de parada en la terminal, considerando un porcentaje de disminución de la capacidad operativa.

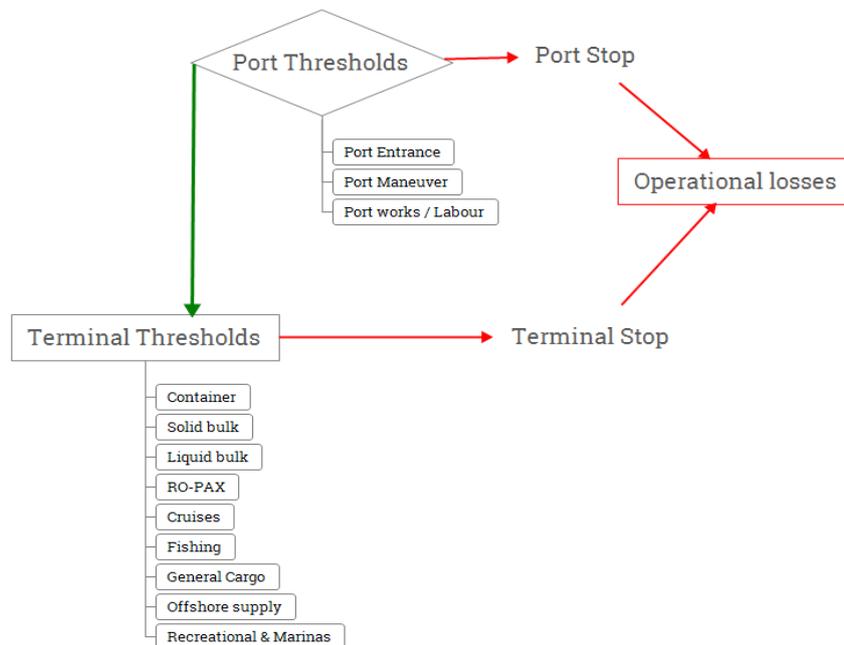


Gráfico 3.9: Proceso de evaluación de las pérdidas operativas.

Parada en las operaciones portuarias:

Las operaciones portuarias se clasifican en:

- Operaciones portuarias en la entrada del puerto.
- Operaciones portuarias en la dársena del puerto.
- Operaciones en la terminal.
- Acceso terrestre a las operaciones portuarias.
- Salud y seguridad en las operaciones portuarias.

➤ Operaciones portuarias en la entrada del puerto.

Las operaciones en la entrada del puerto se ven principalmente afectadas por el viento y las olas. Las operaciones consideradas son:

- Maniobras de aproximación: En el canal de aproximación, el viento y las olas pueden limitar las maniobras de los buques. Los cambios en el número de horas al año con una altura de ola significativa y una velocidad del viento superior a un cierto umbral generan pérdidas operativas.
- Fondeado: Los cambios en las condiciones de fondeo se consideran efectos indirectos y no son evaluados por la herramienta.

Para los buques cisterna amarrados a sistemas de amarre único, las operaciones consideradas son la carga y descarga. Por lo tanto, este tipo de operaciones se consideran horas de parada del terminal en lo que respecta a cargar y descargar. Las operaciones de anclaje no están incluidas.

Aunque el aumento del nivel del mar puede contribuir a aumentar las profundidades de los canales, los cambios en las condiciones de las olas y las corrientes asociadas pueden llevar a patrones de sedimentación y/o erosión con altas incertidumbres en las profundidades cambiantes del canal de aproximación. Por lo tanto, estos cambios no son considerados por la herramienta.

La operación de los prácticos no se considera una fuente de limitación para las maniobras de aproximación.

La *tabla 3.7* muestra un resumen de las operaciones consideradas en la entrada del puerto, y los indicadores climáticos y operacionales considerados.

Operación	Indicador climático	Variable climática	Umbral	Indicador operacional
Maniobras de aproximación	Viento	Velocidad del viento (W)	$W_{99\%}$ del periodo de referencia	$[\text{Número medio de días al año con una velocidad media del viento} > W_{99\%BP}]/3$
	Oleaje	Hs	Hs=2.5 m	Número de horas al año con Hs \geq 2.5 m
Carga y descarga en sistemas de amarre único	Viento	Velocidad del viento (W)	$W_{99\%}$ del periodo de referencia	$[\text{Número medio de días al año con una velocidad media del viento} > W_{99\%BP}]/3$
	Oleaje	Hs	Hs=2.0 m	Número de horas al año con Hs \geq 2.0 m

Tabla 3.7: Operaciones consideradas en la entrada del puerto, y los indicadores climáticos y operacionales considerados.

➤ Operaciones portuarias en la dársena:

Se consideran las operaciones en el área protegida por el dique. Dependiendo de la configuración del puerto, los cambios en el flujo de rebase pueden limitar las operaciones en esta zona y ocasionar pérdidas operativas.

- Las maniobras de amarre pueden verse afectadas por el viento y las olas. La operación del barco de amarre no se considera una fuente de limitación para las maniobras de aproximación.

➤ Operaciones en la terminal:

Las operaciones consideradas en las diferentes terminales y los impactos del cambio climático que pueden comprometer los niveles operativos son:

- Operaciones de carga y descarga en el área de atraque:
 - Los cambios en las condiciones del viento y las olas pueden afectar las operaciones de carga y descarga. Los altos niveles de agitación en la dársena del puerto no permiten operaciones de grúa precisas y los movimientos de la grúa también están limitados por el viento por razones de seguridad.
 - El aumento del rebase en el área protegida detrás del rompeolas limitará las operaciones de la terminal en esta área.
 - El aumento de inundaciones costeras debido a cambios en el nivel total de agua (TWL) puede afectar las operaciones de carga y descarga. Se considera que el TWL depende de la marea astronómica, la marea meteorológica, el oleaje y el nivel medio del mar.
- Operaciones relacionadas con la transferencia y el almacenamiento en la explanada:
 - El aumento de inundaciones costeras debido a cambios en el TWL puede afectar las operaciones en la explanada.
 - La pérdida de capacidad debida al aumento de viento en la terminal de contenedores se considera un efecto indirecto.
- Toda operación en el puerto, considerando que el trabajo no es seguro cuando la temperatura del aire supera los niveles recomendados.

En la *tabla 3.8* se muestra un resumen de las operaciones en la terminal.

Operación	Indicador climático	Variable climática	Umbral	Indicador operacional
Carga y descarga en zona de muelle	Viento	Velocidad del viento (W)	$W_{99\%}$ del periodo de referencia	[Número medio de días al año con una velocidad media del viento $> W_{99\%BP}$]/3
	Oleaje	Hs	Dependiente del tipo de terminal	Número de horas al año con $H_s \geq H_{s\lim}$ m
	Rebase	Hs, MSL	$Q_{\lim}=0.1$ l/s/m	Número de horas al año con flujo de rebase > 0.1 l/s/m

	Inundación costera	Hs, SS, AT, MSL	Profundidad de la inundación=0.1 m	Número de horas al año con una inundación > 0.1 m
Transferencia / almacenaje en la explanada	Inundación costera	Hs, SS, AT, MSL	Profundidad de la inundación=0.1 m	Número medio de días al año con velocidad media diaria del viento >= 20 m/s

Tabla 3.8: Operaciones en la terminal.

➤ Acceso terrestre a las terminales:

No se considera que los accesos terrestres de los puertos (carretera o tren) dependen de la Autoridad Portuaria o las Terminales. Por lo tanto, el acceso terrestre a las instalaciones portuarias no puede considerarse como un activo susceptible de aumentar la inversión o el mantenimiento, pero puede generar pérdidas operativas. El acceso terrestre puede verse afectado por el viento y la visibilidad.

➤ Salud y seguridad en operaciones portuarias:

Las operaciones portuarias en todos los subsistemas del puerto (especialmente el área de manejo y almacenamiento) están limitadas a las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores. La temperatura del aire en superficie es una variable climática que condiciona las operaciones. Todas las operaciones se detendrán cuando la temperatura supere los 40°C.

➤ Resumen de pérdidas operativas por terminal (tablas 3.9 y 3.10):

SECTOR PORTUARIO	Agitación	Viento	Temperatura	TWL	Ciclón Tropical	Overtopping
Terminal de contenedores	(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Puerto pesquero	(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Terminal de petróleo	(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Terminal LNG	(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Puerto Deportivo	(1)	(4)		(6)	(7)	(8)
Puerto (acceso al puerto)	(2)	(4)			(7)	(8)
Puerto (dársena)	(3)	(4)			(7)	(8)
Terminal RO-PAX	(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Terminal de cruceros	(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Graneles sólidos	(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Puerto (acceso por carretera)		(4)			(7)	(8)

Puerto (acceso por ferrocarril)		(4)			(7)	(8)
Operaciones portuarias			(5)	(6)	(7)	

Tabla 3.9: Pérdidas operativas en el sector portuario.

WATER TRANSPORT SECTOR	Viento	Temperatura	TWL	Ciclón Tropical
Terminal de contenedores	(4)	(5)	(6)	(7)
Puerto pesquero	(4)	(5)	(6)	(7)
Terminal de petróleo	(4)	(5)	(6)	(7)
Terminal LNG	(4)	(5)	(6)	(7)
Puerto Deportivo	(4)		(6)	(7)
Puerto (acceso al puerto)	(4)			(7)
Puerto (dársena)	(4)			(7)
Terminal RO-PAX	(4)	(5)	(6)	(7)
Terminal de cruceros	(4)	(5)	(6)	(7)
Graneles sólidos	(4)	(5)	(6)	(7)
Puerto (acceso por carretera)	(4)			(7)
Puerto (acceso por ferrocarril)	(4)			(7)
Operaciones portuarias		(5)	(6)	(7)

Tabla 3.10: Pérdidas operativas en el sector de transporte fluvial.

Parada operativa de la terminal:

Se puede deber a los siguientes motivos:

1. Operaciones de carga y descarga, debido a los movimientos excesivos de la embarcación en el muelle.
2. Maniobras de aproximación, debido al excesivo oleaje que impide a los buques aproximarse de manera segura.
3. Maniobras de amarre, debido a la altura excesiva de las olas, lo que impide el remolque efectivo.
4. Operaciones de carga y descarga, debido al viento excesivo que impide operaciones seguras de la grúa, o movimientos excesivos del buque en el muelle.
5. Todas las operaciones, debido a temperaturas superiores a los niveles recomendados para el trabajo.
6. Todas las operaciones, debido a las inundaciones.
7. Todas las operaciones, debido a un ciclón tropical.
8. Operaciones detrás del rompeolas, debido al rebase.

INCREMENTO EN LOS COSTOS DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO:

Los cambios en las tasas de precipitación pueden conducir a aumentos en los costos de conservación y mantenimiento para el pavimento del patio, las vías de tren, las carreteras y el sistema de drenaje de agua. El mantenimiento para el dragado del canal aumentará debido al aumento de los eventos extremos.

INCREMENTO EN EL COSTE DE LOS SEGUROS:

El aumento en los costos de seguro se considera solo debido a un aumento en los ciclones tropicales. Los gastos anuales de seguro pueden aproximarse al 1% de los costos de los activos, mientras que el daño debido a los ciclones tropicales se estima en alrededor del 10% de estos costos.

El costo esperado del seguro en el año horizonte se calcula como:

$$Coste_{Esperado}^{Seguro} = (Coste_{Inversión} + Coste_{AumentoInversión}) \cdot \left(0.01 + 0.1 \sum_{cat=1}^5 hap_{cat} \right)$$

Donde hapcat es la probabilidad anual de ser alcanzado por un TC de una determinada categoría en el escenario considerado.

Este aumento en el costo se considera que aumenta de manera lineal.

$$Coste\ acumulado_{Esperado}^{Seguro} = \frac{1}{2} (Coste_{Esperado}^{Seguro} - Coste_{Planeado}^{Seguro}) (Año_{Escenario} - Año_{Referencia})$$

Por lo tanto, el costo total del seguro se calcula como:

$$Coste\ Total\ Acumulado_{Esperado}^{Seguro} = Coste\ Acumulado_{Esperado}^{Seguro} + Coste_{Planeado}^{Seguro}$$

3.5 OBTENCIÓN DEL RIESGO

El nivel de riesgo de la terminal se clasificará como Riesgo bajo, Riesgo medio o Riesgo alto en función de los siguientes rangos:

El nivel de riesgo de los activos que requieren **Inversión adicional**:

- Riesgo bajo: Inversión adicional $\leq 3\%$.
- Riesgo medio: $3\% < \text{Inversión adicional} < 10\%$.
- Riesgo alto: Inversión adicional $\geq 10\%$.

El nivel de riesgo de la terminal afectada por paradas operativas afectando a las **Pérdidas Monetarias**:

- Riesgo bajo: Pérdidas monetarias $\leq 3\%$.
- Riesgo medio: $3\% < \text{Pérdidas monetarias} < 8\%$.
- Riesgo alto: Pérdidas monetarias $\geq 8\%$.

El porcentaje de **Inversión adicional** se calcula como:

$$\% \text{ Inversión Adicional} = \frac{\sum_{\text{Escenario Actual}}^{\text{Escenario Final}} \text{Inversión debida al cambio climático}}{\sum_{\text{Escenario Actual}}^{\text{Escenario Final}} \text{Inversión Inicial}}$$

Donde las pérdidas monetarias y los ingresos esperados se consideran con progresión lineal desde el escenario actual hasta el escenario final.

También se proporciona una estimación del año de inversión. Para estimar cuándo debe realizarse la inversión, se considera que la inversión se realiza cuando las pérdidas de ingresos superan el total de la inversión.

El porcentaje de las **pérdidas monetarias** se calcula como:

$$\% \text{ Pérdidas monetarias} = \frac{\sum_{\text{Escenario Actual}}^{\text{Escenario Final}} \text{Pérdidas monetarias debidas al cambio climático}}{\sum_{\text{Escenario Actual}}^{\text{Escenario Final}} \text{Ingresos esperados}}$$

Donde las pérdidas monetarias y los ingresos esperados se consideran con progresión lineal desde el escenario actual hasta el escenario final.

Se utilizará la matriz mostrada en la *tabla 3.11* para representar el riesgo de la terminal, donde el riesgo total se clasificará como:

- Riesgo bajo: si el riesgo de inversión adicional y el riesgo de pérdidas monetarias son bajos.
- Riesgo alto: si el riesgo de inversión adicional y/o el riesgo de pérdidas monetarias es alto.
- Riesgo medio, en el resto de los casos.

PÉRDIDAS MONETARIAS	RIESGO ALTO	RIESGO $\geq 8\%$	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO
	RIESGO MEDIO	$3\% < \text{RIESGO} < 8\%$	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
	RIESGO BAJO	RIESGO $\leq 3\%$	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
			RIESGO $\leq 3\%$	$3\% < \text{RIESGO} < 10\%$	RIESGO $\geq 10\%$
			RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
INVERSIÓN ADICIONAL					

Tabla 3.11: Matriz de riesgo.

Adicionalmente a la obtención de los niveles de riesgo y en aquellos escenarios donde el riesgo resultante se clasifique como riesgo medio, la herramienta proporciona un manual sectorial con recomendaciones para adaptarse al cambio climático. En el caso de escenarios de bajo riesgo no es necesario ninguna acción adicional. Por último, los proyectos caracterizados con riesgo alto, requerirán un análisis de alta resolución. Para este propósito se proporciona el documento de ‘Términos de Referencia’, el cual contiene las especificaciones detalladas de los análisis mínimos necesarios para caracterizar de manera práctica y apropiada el riesgo y la oportunidad en un proyecto sectorial.

4. RESULTADOS

Se han analizado los resultados proporcionados por la herramienta CRM, descrita en el Bloque 2 del presente trabajo, para las 4 situaciones que se muestran en la *tabla 4.1*.

SITUACIÓN	MEDIO PLAZO (2050)	LARGO PLAZO (2100)
RCP 4.5	1	3
RCP 8.5	2	4

Tabla 4.1: Las 4 situaciones analizadas en función del escenario RCP y el año horizonte.

No se ha realizado un análisis en detalle del corto plazo: año horizonte 2025, en ninguno de los dos escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) ya que al ser un año relativamente próximo aún no se observa una interferencia significativa del cambio climático en los niveles de riesgo.

En todas las terminales analizadas, el nivel de riesgo derivado de la inversión adicional ha resultado bajo, por lo que el riesgo de las terminales viene definido por las pérdidas monetarias. Se pueden observar los resultados en la tabla adjunta en el '*Anejo 1: Tabla de Resultados*'.

Recordemos que el nivel de riesgo definido según las pérdidas monetarias podía tener los niveles mostrados en la *tabla 3.10* en función del porcentaje que representen las pérdidas debidas al cambio climático respecto a los ingresos esperados.

Los resultados se han estructurado en los dos siguientes bloques:

- Según situación geográfica. El objetivo de este bloque es tratar de identificar zonas del planeta en que se observe un mayor nivel de riesgo en las terminales analizadas.
- Según categoría de riesgo. El objetivo de este bloque es observar la relación existente entre el año horizonte y el escenario con los niveles de riesgo.
- Según tipo de terminales. El objetivo de este bloque es analizar si existe una relación entre el tipo de terminales y el nivel de riesgo obtenido. Cabe recordar, tal y como se mostró en el Bloque 2, que los umbrales operativos son diferentes en función del tipo de terminal, por lo que existirán diferentes niveles de afección por las anomalías del cambio climático en función del tipo de terminal analizada.

4.1 SEGÚN SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Por medio de los *gráficos 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4* se ilustra el nivel de riesgo obtenido para cada una de las terminales analizadas en las cuatro situaciones analizadas.

SITUACIÓN 1:

La primera situación, correspondiente al año horizonte 2050 y al escenario RCP 4.5 muestra los siguientes puertos con niveles de riesgo medios o altos:

- Riesgo medio: Vigo e Hiroshima.
- Riesgo alto: Gangavaram, Keelung, Heraklion, Aruba, Gran Canaria y Port Rashid.

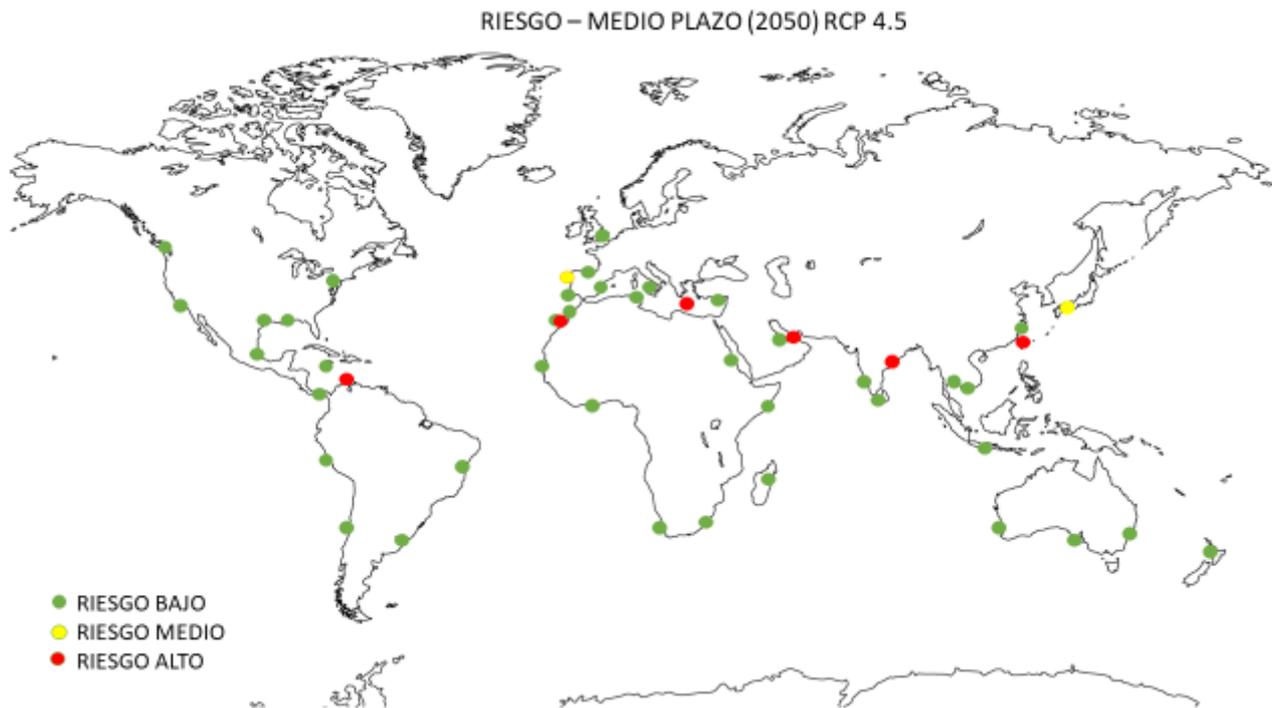


Gráfico 4.1: Riesgo de las terminales para la situación 1.

SITUACIÓN 2:

La segunda situación, correspondiente al año horizonte 2050 y al escenario RCP 8.5 muestra los siguientes puertos con niveles de riesgo medios o altos:

- Riesgo medio: Salvador de Bahía, Vigo, Toamasina, Hiroshima, Braila y Port Sudán.
- Riesgo alto: Gangavaram, Keelung, Heraklion, Aruba, Gran Canaria y Port Rashid.

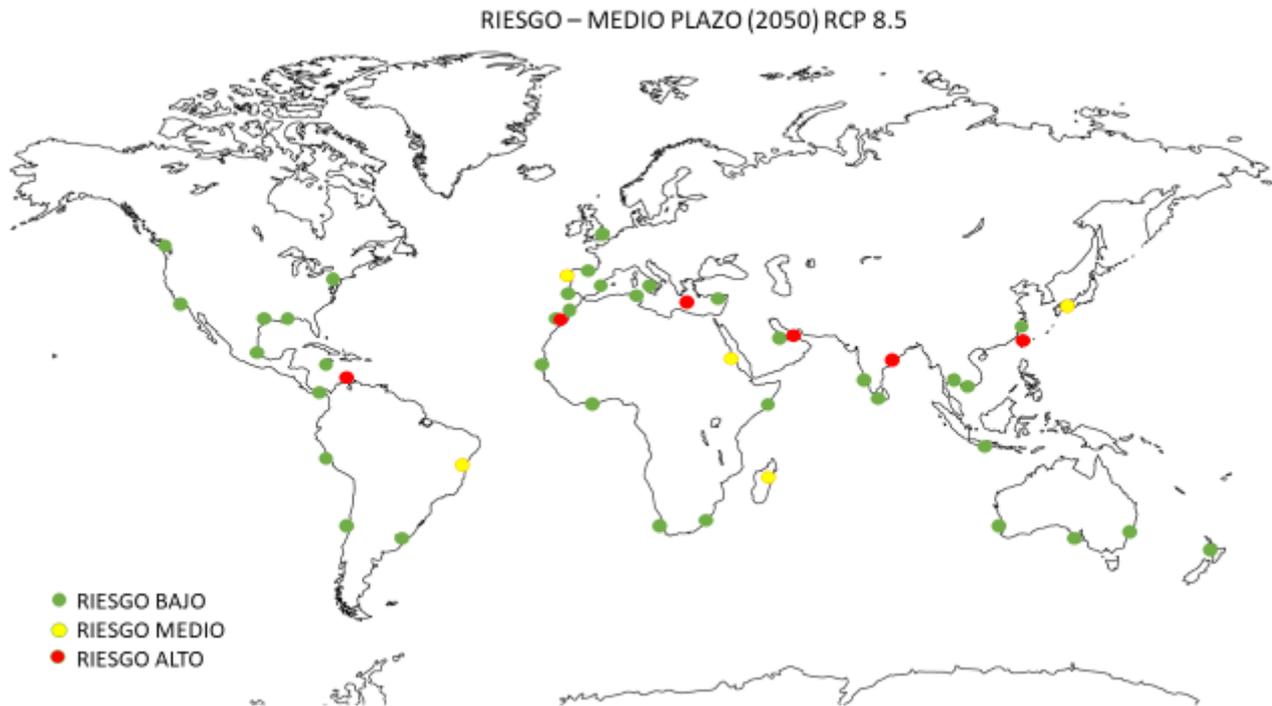


Gráfico 4.2: Riesgo de las terminales para la situación 2.

SITUACIÓN 3:

La tercera situación, correspondiente al año horizonte 2100 y al escenario RCP 4.5 muestra los siguientes puertos con niveles de riesgo medios o altos:

- Riesgo medio: Vigo, Ciudad del Cabo, Toamasina, Hiroshima, Braila, Rosario y Gran Canaria.
- Riesgo alto: Mogadiscio, Gangavaram, Keelung, Aruba y Port Rashid.

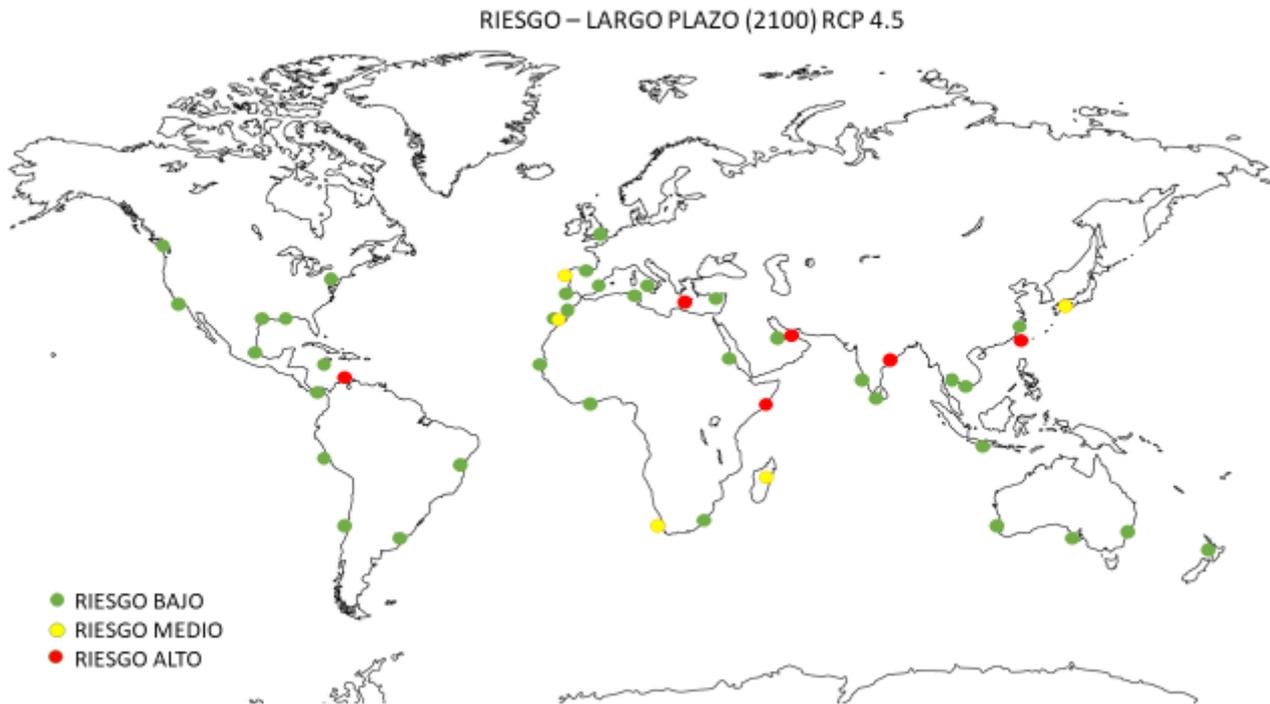


Gráfico 4.3: Riesgo de las terminales para la situación 3.

SITUACIÓN 4:

La cuarta situación, correspondiente al año horizonte 2100 y al escenario RCP 8.5 muestra los siguientes puertos con niveles de riesgo medios o altos:

- Riesgo medio: Salvador de Bahía, Montevideo, Valparaíso, Vigo, Toamasina, Dammam, Wenzhou, Hiroshima y Port Sudán.
- Riesgo alto: Ciudad del Cabo, Mogadiscio, Braila, Ovaros, Rosario, Gangavaram, Keelung, Heraklion, Aruba, Gran Canaria y Port Rashid.

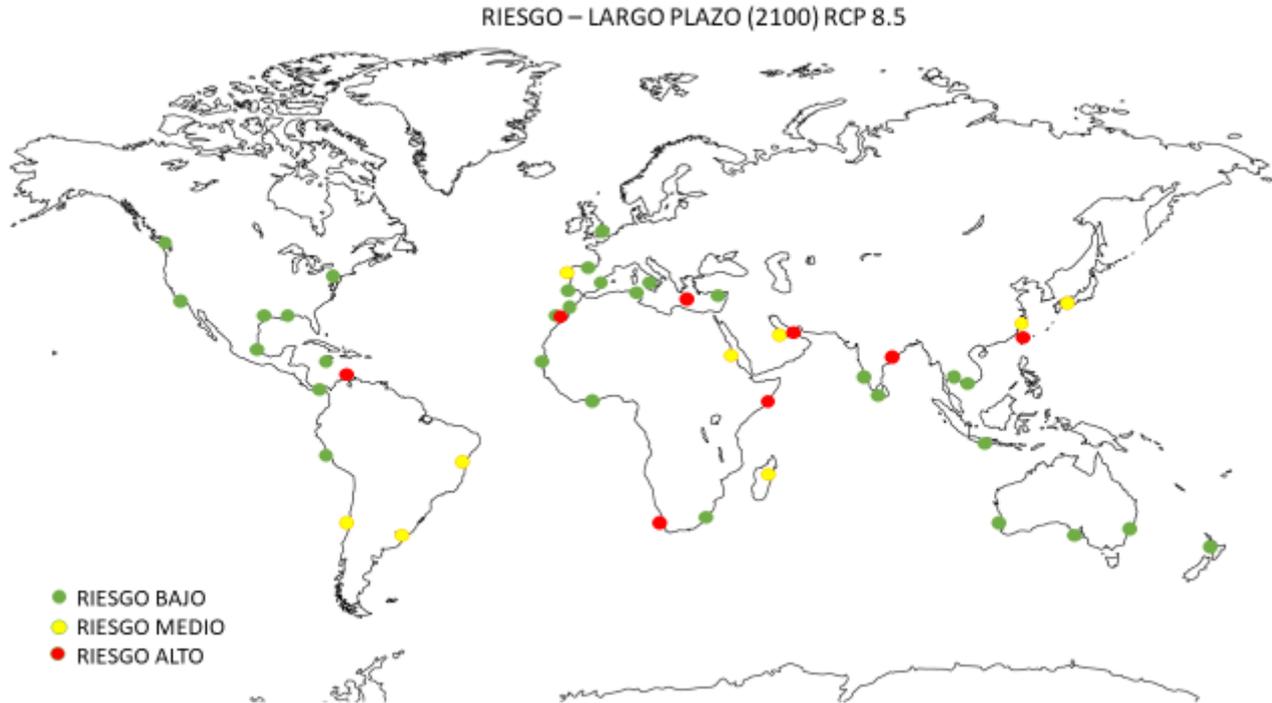


Gráfico 4.4: Riesgo de las terminales para la situación 4.

A tenor de los valores del riesgo obtenidos, se observan los siguientes patrones espaciales:

- Valores de riesgo elevados en las proximidades de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Gráfico 4.6). En los puertos situados en esta franja, el driver climático más involucrado en las pérdidas monetarias ha sido el relacionado con ciclones tropicales. Es esperable una intensificación de la fuerza y frecuencia de los ciclones tropicales a consecuencia del aumento de la temperatura de los océanos por lo que estos provocarán paradas operativas y destrozos en las instalaciones portuarias, conllevando importantes pérdidas económicas. Es importante destacar la estacionalidad de este tipo de fenómenos. El gráfico 4.5 muestra la evolución de la frecuencia de producirse un ciclón tropical de categoría 2 en el Puerto de Keelung en Taiwán. Como se puede observar la frecuencia de este tipo de fenómenos es mayor a medida que avanza el año horizonte.

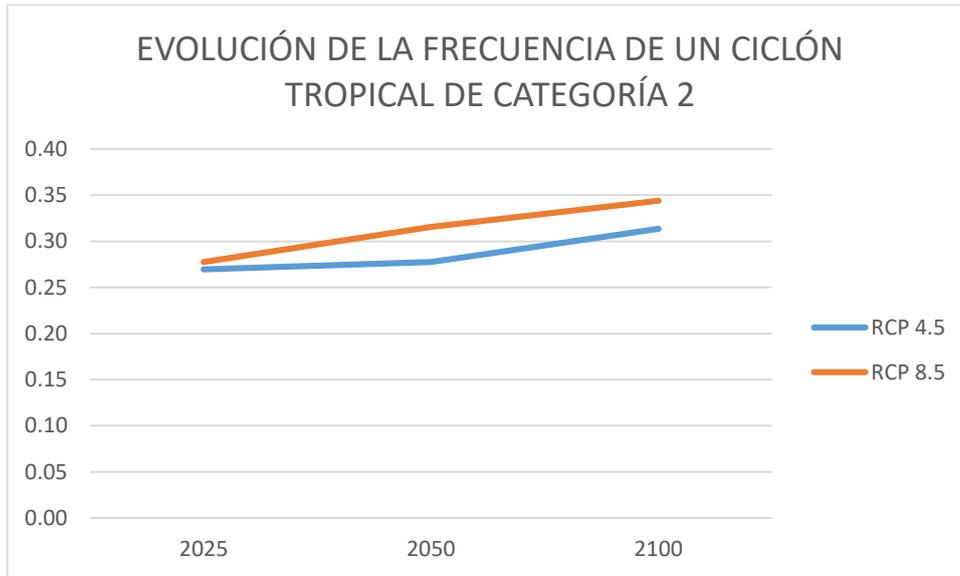


Gráfico 4.5: Evolución de la frecuencia de un ciclón tropical de categoría 2 en Keelung (Taiwán).

Sin embargo, se ha observado un grado de riesgo desigual para terminales situadas en zonas con datos climáticos similares. Esto es palpable, por ejemplo, en el Golfo de México. Mientras la terminal de cruceros de Aruba presenta un riesgo alto, el resto de terminales situadas en esta zona del planeta presentan riesgo bajo para todas las situaciones. La tipología de la terminal parece resultar decisiva en este hecho. Se analizará con mayor detalle en el punto 4.3. Sucede algo similar con la terminal de cruceros de Port Rashid (Dubai) que también presenta valores de riesgo altos en las cuatro situaciones analizadas, así como las terminales de Keelung (Taiwán) y Heraklion (Grecia) ambas de carga general, y la de Gangavaram (India), terminal esta última de graneles sólidos.

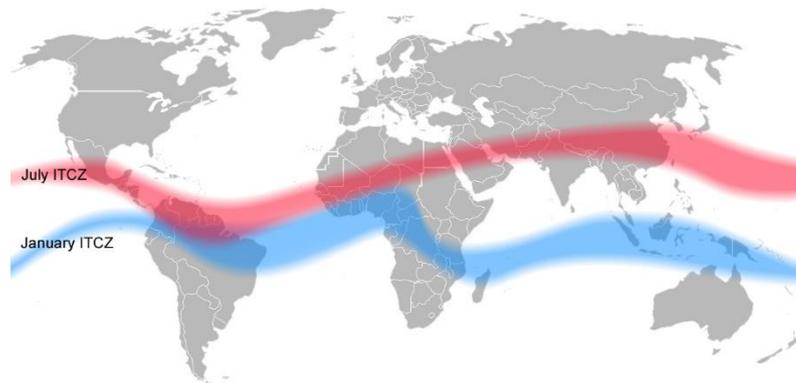


Gráfico 4.6: Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

- En la zona del Golfo Pérsico, Mar Rojo y Marruecos, tiene importancia en los valores del riesgo a consecuencia de las pérdidas monetarias, el alto nivel de temperaturas. Estas altas temperaturas son las responsables de paradas operativas por superación de los umbrales operativos.

- Las terminales analizadas en Sudamérica y sur de África, especialmente para la situación 4 presentan unos valores de riesgo climático elevados debido a la intensificación de las condiciones de oleaje y agitación, los cuales interfieren en la operatividad de las instalaciones portuarias.

4.2 SEGÚN CATEGORÍA DE RIESGO

En este bloque se va a realizar un análisis de los resultados en base a los porcentajes de terminales analizadas en cada nivel de riesgo, para cada una de las 4 situaciones planteadas.

SITUACIÓN 1:

En la situación 1, correspondiente al año horizonte 2050 y al escenario RCP 4.5, tal y como se observa en el *gráfico 4.7*, el 83% de las terminales analizadas presenta unos valores de riesgo bajo, el 4% de riesgo medio y el 13% de riesgo alto.

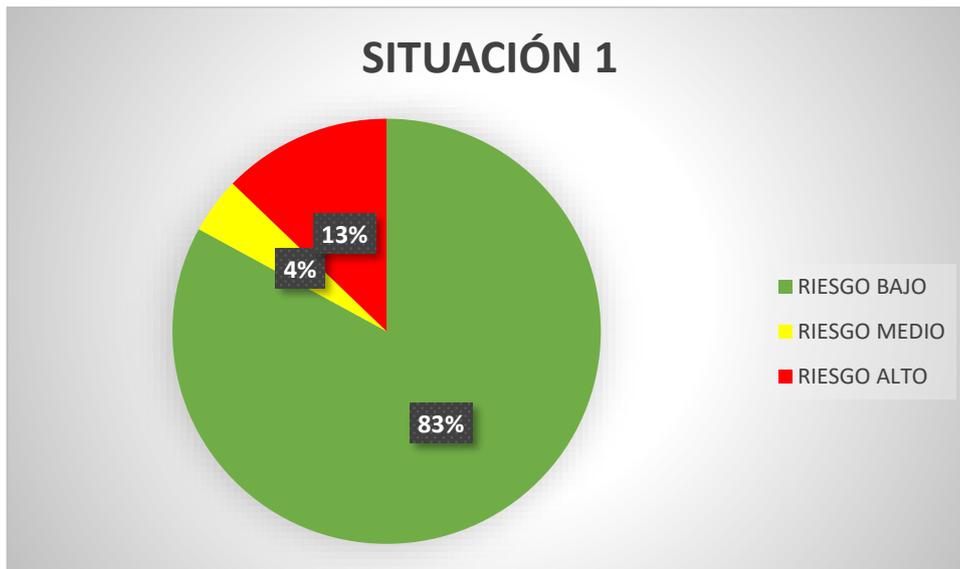


Gráfico 4.7: Niveles de riesgo para la situación 1.

SITUACIÓN 2:

En la situación 2, correspondiente al año horizonte 2050 y al escenario RCP 8.5, tal y como se observa en el *gráfico 4.8*, el 76% de las terminales analizadas presenta unos valores de riesgo bajo, el 11% de riesgo medio y el 13% de riesgo alto.

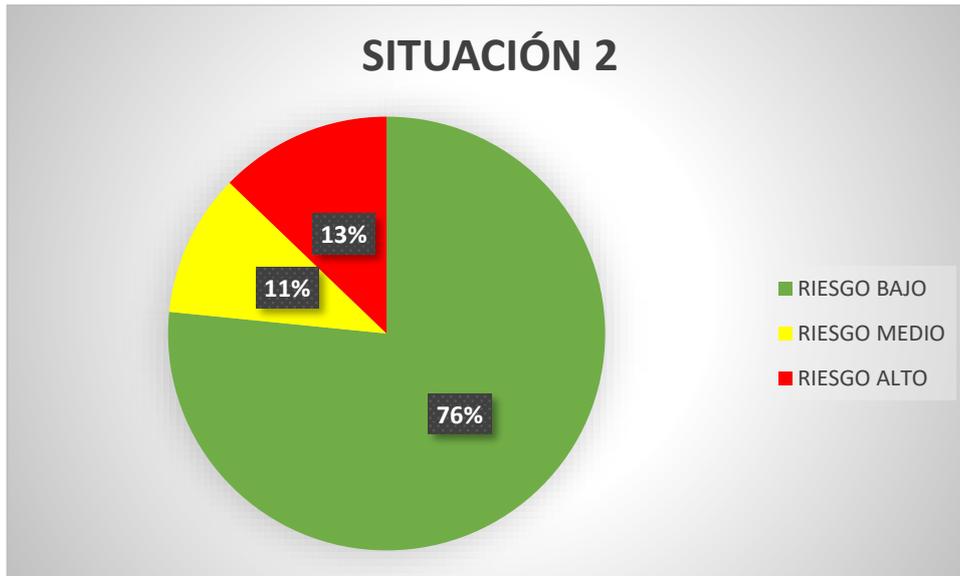


Gráfico 4.8: Niveles de riesgo para la situación 2.

SITUACIÓN 3:

En la situación 3, correspondiente al año horizonte 2100 y al escenario RCP 4.5, tal y como se observa en el gráfico 4.9, el 76% de las terminales analizadas presenta unos valores de riesgo bajo, el 11% de riesgo medio y el 13% de riesgo alto.

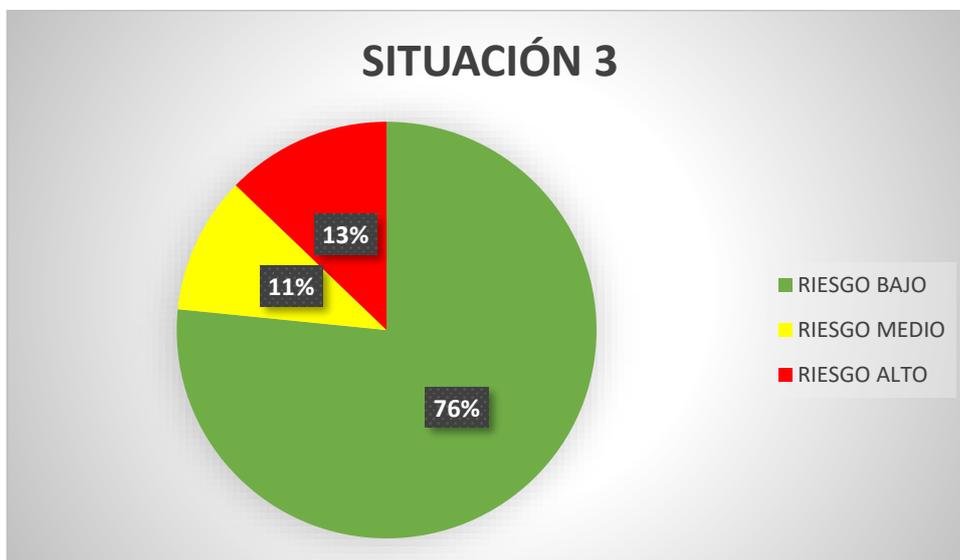


Gráfico 4.9: Niveles de riesgo para la situación 3.

Se puede observar que los porcentajes son los mismo que en la situación 2. Esto se debe a que en esta situación 3, la terminal de contenedores de Salvador de Bahía (Brasil), la terminal de graneles líquidos de Port Sudán (Sudán) y la de cruceros de Gran Canaria (España); muestran una mejoría en los niveles de riesgo pasando de alto a medio en el caso de la última, y de medio a bajo en las otras dos.

Esto es debido en el caso de las terminales de Salvador de Bahía y Gran Canaria, a que las condiciones marítimas para la situación 3 (RCP 4.5) son mejores que en la situación 2 (RCP 8.5). El RCP parece más determinante que el año horizonte en las condiciones marítimas en estas dos ubicaciones.

En el caso de la terminal de Port Sudán, la reducción en el nivel de riesgo se debe a que se esperan un menor número de horas al año con temperaturas superiores al umbral operativo en el año 2100 para un RCP 4.5 (situación 3) que en el año 2050 para un RCP 8.5 (situación 2). Se observa pues, la gran importancia del RCP en esta situación, en cuanto a las altas temperaturas, más relevante que el año horizonte.

SITUACIÓN 4:

En la situación 4, correspondiente al año horizonte 2100 y al escenario RCP 8.5, tal y como se observa en el *gráfico 4.10*, el 64% de las terminales analizadas presenta unos valores de riesgo bajo, el 19% de riesgo medio y el 17% de riesgo alto.

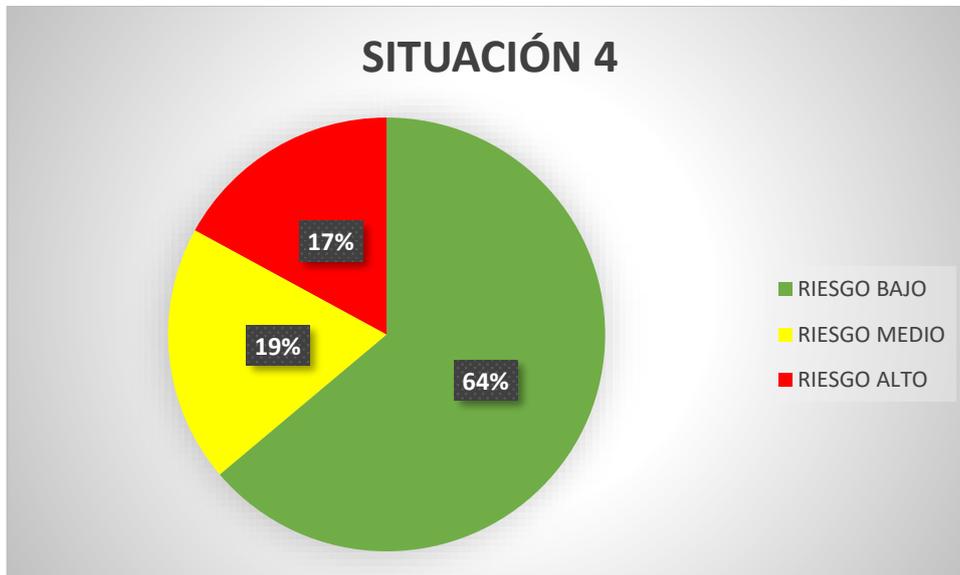


Gráfico 4.10: Niveles de riesgo para la situación 4.

Los resultados de los gráficos anteriores se muestran en la *tabla 4.2*.

	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Situación 1	39 (83%)	2 (4%)	6 (13%)
Situación 2	36 (76%)	5 (11%)	6 (13%)
Situación 3	36 (76%)	5 (11%)	6 (13%)
Situación 4	30 (64%)	9 (19%)	8 (17%)

Tabla 4.2: Resultados para las 4 situaciones.

El empeoramiento de las condiciones climáticas a medida que se avanza en el año horizonte es cada vez más notable. El aumento de la temperatura global, unido a la intensificación de los fenómenos extremos reducen

los tiempos operativos de las terminales portuarias, afectando de manera negativa en el aspecto económico, y por consiguiente a los niveles de riesgo analizados por medio del presente trabajo.

Es por esto que se observa un incremento del número de terminales en niveles de riesgo más elevados a medida que avanzamos en el año horizonte o adoptamos un escenario RCP más adverso. Destacar las consideraciones expuestas en la situación 3. Las causas del aumento en los niveles de riesgo son el aumento en la frecuencia de ciclones tropicales, el aumento de las temperaturas y el empeoramiento de las condiciones marítimas.

4.3 SEGÚN TIPO DE TERMINALES

En este bloque se va a realizar un análisis de los resultados según el tipo de terminales con el principal objetivo de analizar si existe una relación entre el tipo de terminales y el nivel de riesgo obtenido.

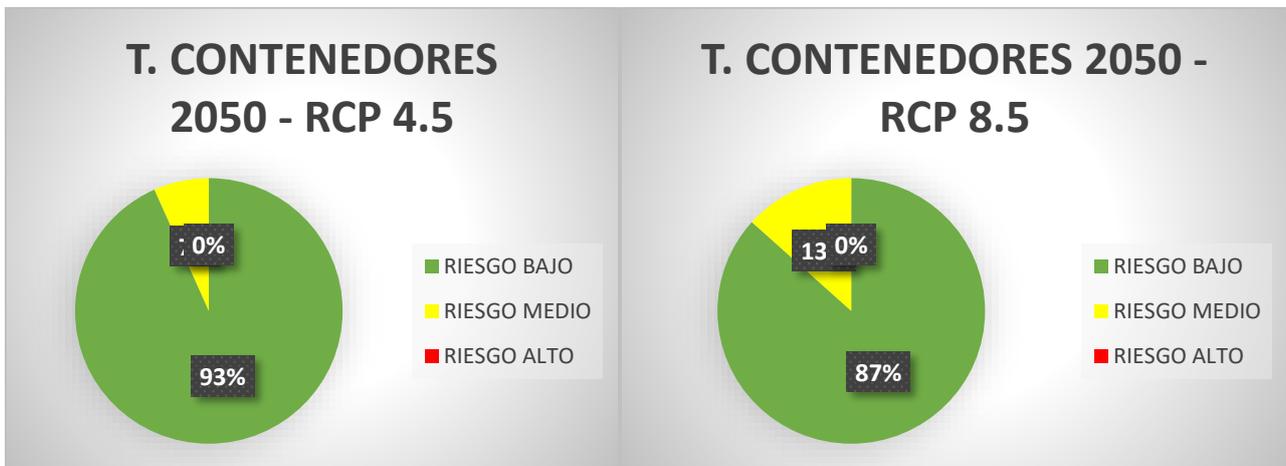
Tal y como se mostró en el Bloque 2, los umbrales operativos son diferentes en función del tipo de terminal y el tipo de operación que se esté llevando a cabo, por lo que, en función de la terminal analizada, el grado de afección por las anomalías del cambio climático será diferente.

Se analiza en este bloque también, cuales son los drivers implicados en el riesgo derivado de las pérdidas monetarias en las terminales estudiadas.

A continuación, se analizan los resultados de los distintos tipos de terminales.

Las terminales de contenedores constituyen la tipología de terminales más numerosa en la selección de terminales realizada, con un total de 30 terminales. En el *gráfico 4.11* se muestran los porcentajes correspondientes a cada una de las 4 situaciones (comentadas con anterioridad).

Se observa un aumento del porcentaje de terminales en riesgo medio y alto obteniéndose los valores más críticos para la situación 4 (2100 y RCP 8.5) con un 67% de las terminales en riesgo bajo, un 27% en riesgo medio y un 6% en riesgo alto. En las otras tres situaciones analizadas los porcentajes de terminales en riesgo medio y alto disminuyen de manera notable.



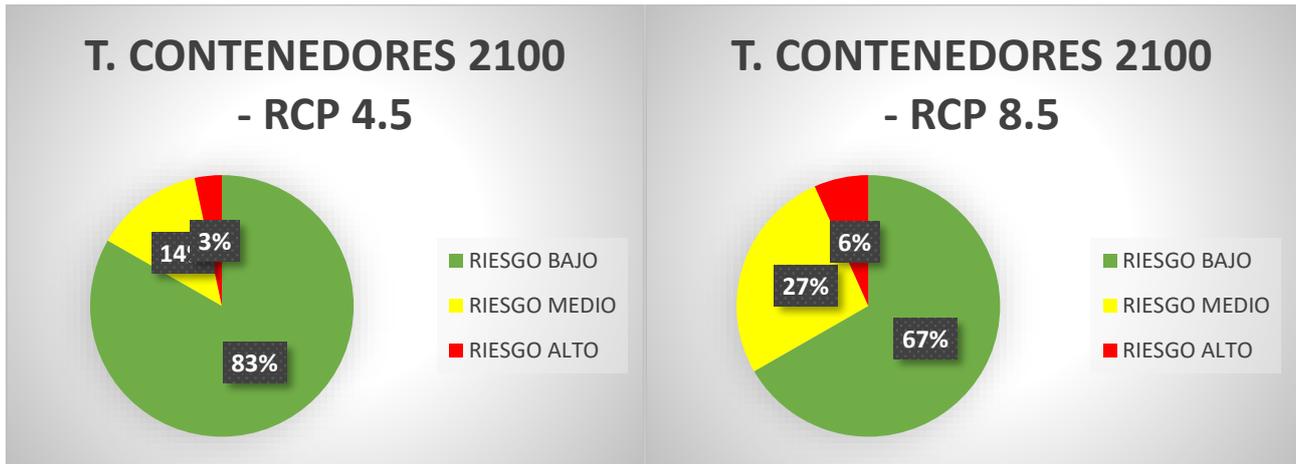


Gráfico 4.11: Niveles de riesgo para las 4 situaciones en las terminales de contenedores.

En cuanto a los impactos causantes de estos niveles de riesgo, derivados de las pérdidas económicas, el más importante en un 64% de las terminales es el relacionado con ciclones tropicales (Gráfico 4.12). Le siguen por este orden: inundación marina (14%), temperaturas extremas (9%), eventos extremos (9%) (se refiere a daños provocados por ciclones tropicales en los canales de navegación) y agitación (4%).

El alto número de terminales analizadas en las proximidades de la ZCIT es decisivo en estos resultados.

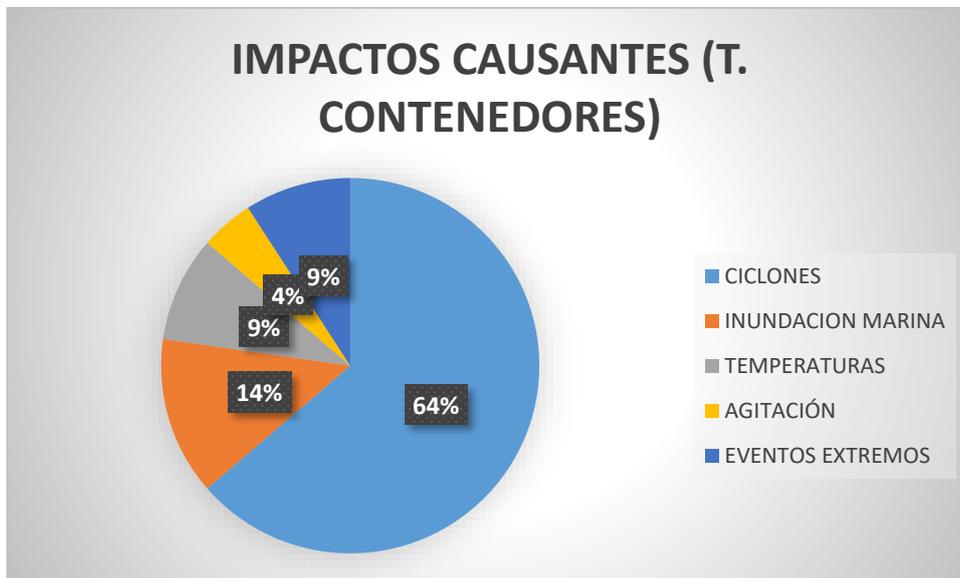


Gráfico 4.12: Impactos causantes del riesgo en las terminales de contenedores.

Las terminales RO-RO constituyen la muestra menos numerosa por tipo de terminal (junto con las terminales de carga general) con dos terminales, por lo que no se deben analizar los resultados con la debida perspectiva. Las dos terminales analizadas presentan unos valores de riesgo bajos en las 4 situaciones. Aparentemente se podría indicar que estas terminales no son especialmente susceptibles al cambio climático, si bien el número escaso de terminales analizadas pueden condicionar los resultados (en base a

ubicación geográfica u otros motivos), por lo que los resultados hay que tratarlos con cuidado y únicamente extraer conclusiones por comparativas con otras terminales ubicadas en zonas próximas (Datos climáticos y marinos similares).

Las terminales de graneles líquidos presentan unos valores de riesgo bajos en dos de las situaciones (Medio (2050) y largo plazo (2100) RCP 4.5) y en las otras dos un 20% de las terminales con valores de riesgo medios y el 75% bajos. La única terminal que presenta valores de riesgo medios es la de Port Sudán debido en este caso a la superación de las temperaturas umbrales operativas.

Los impactos implicados en mayor medida en el riesgo por pérdidas económicas son los mostrados en el *Gráfico 4.13*. Se observa como las temperaturas y los ciclones tropicales son los principales causantes (43% cada uno), mientras que los eventos extremos tienen una responsabilidad del 14% en las pérdidas monetarias.

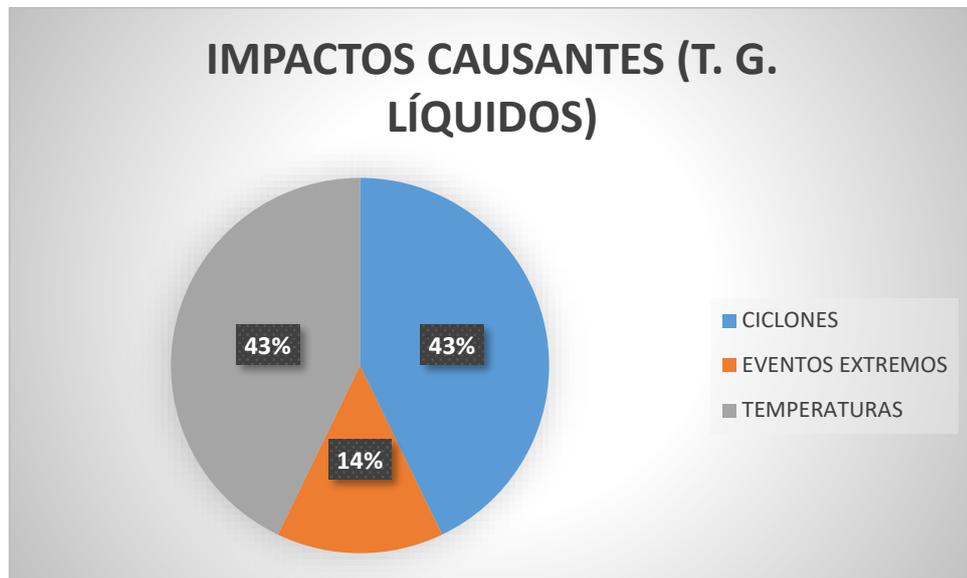


Gráfico 4.13: Impactos causantes del riesgo en las terminales de graneles líquidos.

Las terminales de graneles sólidos analizadas, presentan unos valores de riesgo bajos a excepción de la terminal de Gangavaram (India), la cual en las 4 situaciones estudiadas presenta unos valores de pérdidas económicas elevadas relacionadas con un nivel de riesgo alto. Parece que este tipo de terminales no son especialmente susceptibles al cambio climático, si bien no se pueden sacar conclusiones dado el bajo número de terminales de este tipo que se han analizado.

Se observa como el impacto responsable en mayor medida de las pérdidas económicas, en este tipo de terminales, son los ciclones tropicales (*Gráfico 4.14*).

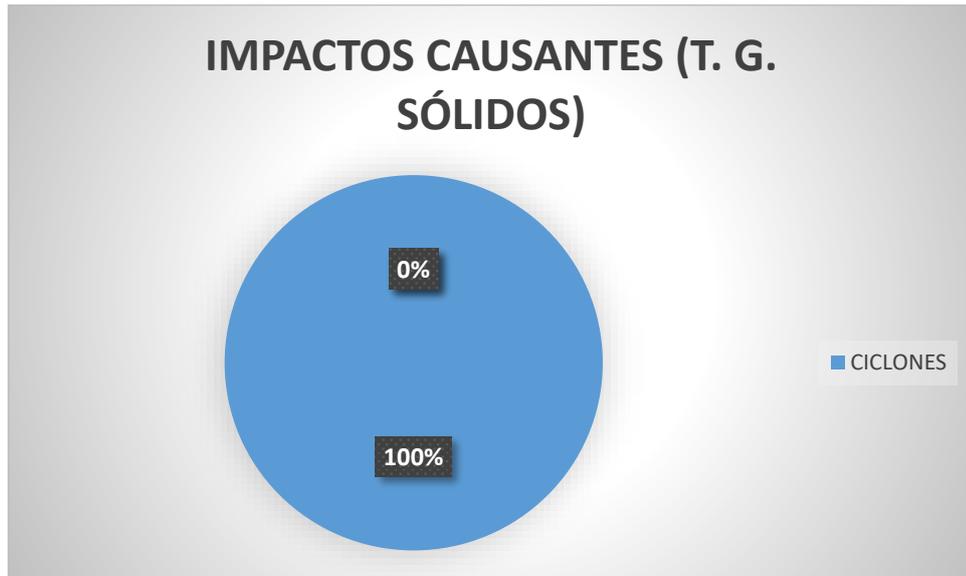


Gráfico 4.14: Impactos causantes del riesgo en las terminales de graneles sólidos.

Las terminales de carga general constituyen la muestra menos numerosa por tipo de terminal (junto con las terminales RO-RO) con dos terminales, por lo que no se deben extraer conclusiones de manera precipitada. Las dos terminales analizadas presentan unos valores de riesgo altos en las 4 situaciones. De nuevo el bajo número de terminales de este tipo no permite sacar conclusiones concluyentes.

Los impactos involucrados en estos altos niveles de riesgo son la agitación y los ciclones tropicales por partes iguales (Gráfico 4.15).

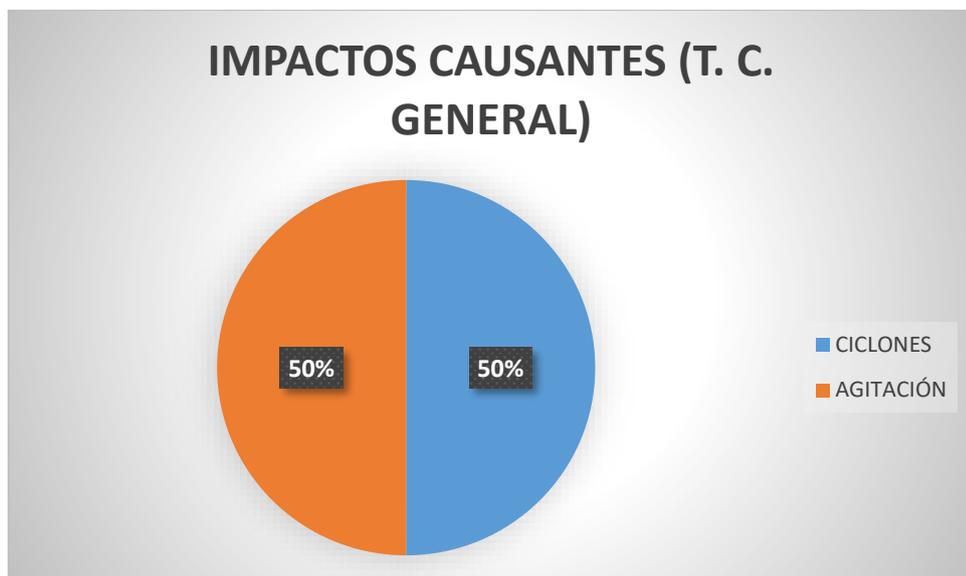


Gráfico 4.15: Impactos causantes del riesgo en las terminales de carga general.

Las terminales de cruceros presentan unos valores de riesgo elevados en las 4 situaciones. Únicamente la terminal situada en La Goulette (Túnez) presenta un riesgo bajo.

Parece que este tipo de terminales son especialmente susceptibles al cambio climático, si bien el número relativamente escaso de terminales analizadas pueden condicionar los resultados (en base a ubicación geográfica u otros motivos), por lo que los resultados se deben analizar con cautela. Se compararán los resultados con otras terminales ubicadas en las proximidades.

En este caso, el impacto causante del riesgo en mayor medida en las terminales de cruceros es el relacionado con los ciclones tropicales (*Gráfico 4.16*). La situación de las terminales analizadas en zonas próximas a la ZCIT parece ser la responsable de esta situación.

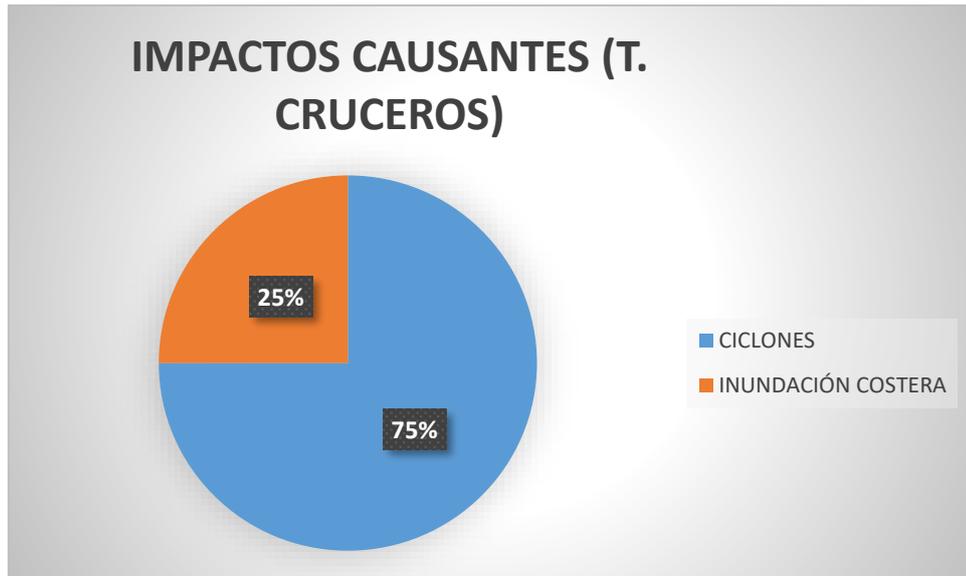


Gráfico 4.16: Impactos causantes del riesgo en las terminales de cruceros.

En la *tabla 4.3* se muestran los resultados mostrados anteriormente en la situación 4 (año horizonte 2100 y RCP 8.5) ya que es la más desfavorable y en la que se pueden ver más la mayor incidencia del cambio climático en los niveles de riesgo obtenidos en las terminales.

TIPO TERMINAL	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
CONTENEDORES	67%	27%	6%
RO-RO	100%	0%	0%
GRANELES LÍQUIDOS	80%	20%	0%
GRANELES SÓLIDOS	75%	0%	25%
CARGA GENERAL	0%	0%	100%
CRUCEROS	25%	0%	75%

Tabla 4.3: Resultados para la situación 4.

Las terminales de contenedores presentan el grupo de terminales más numeroso dentro de las analizadas. Por este motivo los resultados obtenidos para esta tipología son los más representativos de todos. El 67% de estas terminales se encuentra en riesgo bajo, el 27% en riesgo medio y el 6% restante en riesgo alto para la situación 4.

Los motivos de los valores de riesgo medios y altos obtenidos para las terminales de contenedores son:

- Ciclones tropicales (64%). Se ha observado un aumento en la frecuencia de los ciclones tropicales que condicionan la operatividad de la terminal y los costes en los seguros.
- Inundación marina (14%) y agitación (4%). Se ha constatado un incremento en las variables marinas que afectan a las condiciones de operatividad de las terminales.
- Temperaturas extremas (9%). El incremento en las temperaturas aumenta las horas de paradas por altas temperaturas.
- Eventos extremos (9%) (se refiere a daños provocados por ciclones tropicales en los canales de navegación).

El resto de tipologías de las terminales, dado el bajo número de terminales analizadas por categoría, no permite sacar conclusiones demasiado robustas.

Aunque las dos terminales de carga general analizadas muestran un riesgo alto, el número escaso de terminales analizadas no permite sacar conclusiones demasiado concluyentes sobre si estas son las más susceptibles al cambio climático. De todos modos, la terminal de Keelung (Taiwán) se observa cómo se encuentra más afectada que las situadas en zonas cercanas con un clima similar (Wenzhou o Hiroshima, por ejemplo). Parece por tanto que las terminales de carga general se encuentran más afectadas por el cambio climático que las de contenedores. A su vez la terminal de carga general de Heraklion (Grecia) sufre más los efectos del cambio climático que la de graneles líquidos de Mersin (Turquía). Se analiza más adelante.

Algo similar sucede con las terminales RO-RO (0% en riesgo medio y alto) y las de graneles líquidos (20% en riesgo medio y 0% en riesgo alto). El escaso número de terminales analizadas no permite extraer conclusiones sobre si son las terminales que menos sufren el cambio climático. Se pueden comparar con otros tipos de terminales situadas en zonas con características climáticas similares. Las terminales RO-RO de Setúbal y Durban presentan riesgo bajo. En ambos casos las terminales se encuentran abrigadas del oleaje por lo que no se pueden comparar ni con las terminales de Ciudad del Cabo (la más cercana a Durban) ni con las de Casablanca, Vigo y Gran Canaria (las más próximas a Setúbal).

Las terminales de graneles líquidos presentan menos restricciones en cuanto a las condiciones de operatividad exigidas. Por este motivo es el tipo de terminal menos afectada si lo comparamos con otras terminales de diferente tipología y ubicación cercana. Es el caso, por ejemplo, de las terminales de Veracruz (México) y Mersin (Turquía). Si comparamos a la primera con la terminal de cruceros de Aruba (Aruba) (con unas condiciones climáticas y marítimas similares) se puede ver que el riesgo en la terminal de Veracruz es bajo en las 4 situaciones, mientras que en la terminal de Aruba es alto. En el caso de Mersin, si la comparamos con la terminal de carga general de Heraklion (Grecia) vemos que sucede lo mismo cuando las condiciones climáticas y marítimas son muy similares.

La segunda tipología de terminal más afectada son las de cruceros con un 75% de las mismas en riesgo alto. El número de terminales de este tipo analizadas es relativamente escaso (4) por lo que es necesario ser prudentes con las conclusiones extraídas. Se ha observado el siguiente hecho. Mientras la terminal de cruceros de Aruba presenta un riesgo alto, el resto de terminales situadas en el Golfo de México, presentan riesgo bajo para todas las situaciones. La tipología de la terminal parece resultar decisiva en este hecho. Sucede algo similar con la terminal de cruceros de Port Rashid (Dubai) que también presenta valores de riesgo altos en las cuatro situaciones. Parece, por tanto, que las terminales de cruceros son especialmente sensibles al cambio climático. Los requisitos en cuanto a operatividad de este tipo de terminales son más exigentes, siendo esta la causa de los resultados obtenidos.

En el grupo de terminales de graneles sólidos (25% de terminales en riesgo alto) la terminal de Gangavaram (India) presenta riesgo alto en todas las situaciones analizadas.

A excepción de las terminales de contenedores (con un número elevado de terminales analizadas), el resto de terminales sólo permiten extraer conclusiones por comparativa directa con otras situadas en zonas cercanas con condiciones climáticas y marinas similares. El riesgo recordemos que se obtenía integrando peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. El distinto nivel de riesgo visto entre las comparativas realizadas anteriormente (terminales con niveles de peligrosidad similares) tiene que verse debido, por lo tanto, a estos motivos:

- La desigual vulnerabilidad de las terminales dadas las diferentes condiciones de operatividad que tienen según el tipo de operación que se realice y las características de la carga manipulada.
- La distinta exposición en función del tipo de terminal. La exposición, tal y como se explica en el bloque 3, depende de los activos de la terminal. Estos difieren mucho según el tipo de terminal. Por lo tanto, la caracterización de las terminales (*Anejo 2*) es decisiva en este sentido.

5. CONCLUSIONES

Una vez expuestos y analizados los resultados en el bloque 4, se va a proceder, de acuerdo con el objetivo fijado al comienzo de este trabajo, a extraer una serie de conclusiones y consideraciones a tener en cuenta. Además de conclusiones sobre los resultados en sí, se van a aportar una serie de consideraciones acerca de la herramienta empleada en el análisis.

Se ha conseguido una distribución global de manera homogénea de las terminales. Este era uno de los requisitos inicialmente fijados y en el que se ha hecho especial énfasis. El motivo es, como se comentó anteriormente, que una distribución homogénea de las terminales permite extraer conclusiones de manera más fiable, sin estar condicionados los resultados finales por particularidades geográficas y climáticas de ciertas partes del planeta. De este modo se pueden visualizar terminales en más afectadas en algunas zonas del planeta en relación a otras.

La caracterización de las terminales ha supuesto un arduo trabajo, especialmente en las terminales que no son de contenedores. La ausencia de información oficial en muchas de ellas, ha requerido la obtención de la misma en medios distintos a los propios de los organismos gestores de las terminales, así como la utilización de supuestos y simplificaciones. Todo lo anterior afecta a la calidad de los resultados finales. Una información oficial y veraz sobre los activos de las terminales, permitiría una mayor precisión en los resultados finales.

Se ha aplicado la herramienta CRM para obtener resultados del riesgo en las terminales en 3 años horizonte: 2025, 2050 y 2100; para dos escenarios RCP diferentes: 4.5 y 8.5. Ante el generalizado nivel de riesgo bajo en el corto plazo (año horizonte 2025) para los dos escenarios (RCP 4.5 y 8.5) se ha realizado un análisis de los resultados centrándose en el medio y largo plazo (años horizonte 2050 y 2100 respectivamente). Se han definido y analizado 4 situaciones.

Se observa, como era previsible, una evolución del riesgo a medida que analizamos años horizonte más lejanos y escenarios RCP más adversos. Estos crecientes niveles de riesgo presentan negativas en los puertos y su hinterland.

Las terminales más afectadas, con niveles de riesgo mayores, se sitúan en tres zonas del planeta principalmente:

- Proximidades de la ZCIT. En torno a esta zona se acumula el mayor número de terminales en riesgo medio y alto. La presencia de ciclones tropicales es el condicionante decisivo en estos resultados. Si bien, se ha observado que el tipo de terminal es decisivo en el nivel de riesgo. Terminales con características climáticas similares presentan muy desiguales niveles de riesgo, según se trate de una tipología u otra de terminal la analizada. Se amplía la información al respecto más adelante.
- En la zona del Golfo Pérsico, Mar Rojo y Marruecos, tiene importancia en los valores del riesgo a consecuencia de las pérdidas monetarias, el alto nivel de temperaturas. Estas altas temperaturas son las responsables de paradas operativas por superación de los umbrales operativos.
- Las terminales analizadas en Sudamérica y sur de África, especialmente para la situación 4 presentan unos valores de riesgo climático elevados debido a la intensificación de las condiciones de oleaje y agitación, los cuales interfieren en la operatividad de las instalaciones portuarias.

Las terminales de contenedores representan la tipología más abundante dentro del sistema portuario mundial. Además, son las terminales de las cuales se dispone mayor información pudiendo por tanto caracterizarlas adecuadamente. Por estos motivos, en el presente trabajo las terminales de contenedores han sido el grupo más numeroso con un total de 30 terminales repartidas por todo el planeta. Para el año horizonte 2100 y RCP 8.5 el 67% de estas terminales se encuentra en riesgo bajo, el 27% en riesgo medio y el 6% restante en riesgo alto.

Los impactos que han tenido una mayor importancia en los resultados de los valores de riesgo para las terminales de contenedores han sido: Ciclones tropicales (64%), inundación marina (14%) y agitación (4%), temperaturas extremas (9%) y eventos extremos (9%) (se refiere a daños provocados por ciclones tropicales en los canales de navegación).

Aunque las dos terminales de carga general analizadas muestran un riesgo alto, el número escaso de terminales analizadas no permite sacar conclusiones demasiado concluyentes sobre si estas son las más susceptibles al cambio climático. De todos modos, la terminal de Keelung (Taiwán) se observa cómo se encuentra más afectada que las situadas en zonas cercanas con un clima similar (Wenzhou o Hiroshima, por ejemplo). Parece por tanto que las terminales de carga general se encuentran más afectadas por el cambio climático que las de contenedores. A su vez la terminal de carga general de Heraklion (Grecia) sufre más los efectos del cambio climático que la de graneles líquidos de Mersin (Turquía).

Dada la ubicación abrigada de las terminales RO-RO (0% en riesgo medio y alto) no se pueden comparar ni con las terminales de Ciudad del Cabo (la más cercana a Durban) ni con las de Casablanca, Vigo y Gran Canaria (las más próximas a Setúbal).

Las terminales de graneles líquidos presentan menos restricciones en cuanto a las condiciones de operatividad exigidas. Por este motivo es el tipo de terminal menos afectada si lo comparamos con otras terminales de diferente tipología y ubicación cercana. Es el caso, por ejemplo, de las terminales de Veracruz (México) y Mersin (Turquía) si las comparamos con la terminal de cruceros de Aruba y la terminal de carga general de Heraklion.

La segunda tipología de terminal más afectada son las de cruceros con un 75% de las mismas en riesgo alto. El número de terminales de este tipo analizadas es relativamente escaso (4) por lo que es necesario ser prudentes con las conclusiones extraídas. Se ha observado el siguiente hecho. Mientras la terminal de cruceros de Aruba presenta un riesgo alto, el resto de terminales situadas en el Golfo de México, presentan riesgo bajo para todas las situaciones. La tipología de la terminal parece resultar decisiva en este hecho. Sucede algo similar con la terminal de cruceros de Port Rashid (Dubai) que también presenta valores de riesgo altos en las cuatro situaciones. Parece, por tanto, que las terminales de cruceros son especialmente sensibles al cambio climático. Los requisitos en cuanto a operatividad de este tipo de terminales son más exigentes, siendo esta la causa de los resultados obtenidos.

En el grupo de terminales de graneles sólidos (25% de terminales en riesgo alto) la terminal de Gangavaram (India) presenta riesgo alto en todas las situaciones analizadas.

A excepción de las terminales de contenedores (con un número elevado de terminales analizadas), el resto de terminales sólo permiten extraer conclusiones por comparativa directa con otras situadas en zonas cercanas con condiciones climáticas y marinas similares. El distinto nivel de riesgo visto entre las comparativas realizadas anteriormente (terminales con niveles de peligrosidad similares) tiene que verse debido, por lo tanto, a estos motivos: distinta vulnerabilidad y distinta exposición de las terminales según su tipología.

Del uso y experiencia en la utilización de la herramienta de análisis CRM, la cual se encuentra aún en una versión beta, se han extraído las siguientes conclusiones y puntos a mejorar.

La interfaz de la herramienta permite, de una manera sencilla e intuitiva, la introducción de la información necesaria para caracterizar las terminales. Si bien, sería interesante la posibilidad de incluir más activos (enchufes para contenedores refrigerados, pantalanés, más tipos de maquinaria, etc.).

La ausencia de datos marinos en latitudes altas evita el análisis en esta parte del planeta. El motivo ya mencionado con anterioridad en este trabajo, es la discontinuidad en las series temporales debidas al helado parcial de la superficie de los océanos. El cambio climático modificará estas zonas del planeta eliminando zonas de hielo y posibilitando nuevas rutas de navegación. Sería aconsejable adaptar la herramienta en este sentido en un futuro.

En líneas generales se puede concluir que los resultados obtenidos en el presente trabajo, sirven como una primera aproximación y caracterización del riesgo derivado del cambio climático en las terminales portuarias globales.

Para aumentar la fiabilidad de los resultados sería necesario en primer lugar, aumentar el número de terminales incluidas en el análisis diversificando en todas las tipologías existentes.

Además, sería necesario y conveniente un proceso de calibración de la herramienta en base a algún puerto existente del que se dispongan datos y se haya ejecutado un seguimiento de la operatividad del mismo y de las condiciones climáticas y marinas, y pueda continuar ejecutándose.

Todas las consideraciones expuestas en este bloque debieran ser tenidas en cuenta para un análisis posterior más en detalle del riesgo en el sistema portuario global permitiendo con ello obtener conclusiones más firmes en cuanto a la dependencia del tipo de terminal y de la ubicación geográfica en los niveles de riesgo.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América
2. *The Fifth Assessment Report (AR5). CLIMATE CHANGE 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC).*
3. *The Fifth Assessment Report (AR5). Chapter 5: Coastal Systems and Low-Lying Areas. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC).*
4. *CLIMATE RISK MANAGEMENT: PORT AND WATER TRANSPORT. GENERIC ANALYSIS OF PORTS (2017). IH CANTABRIA.*
5. *Climate change adaptation guidelines for ports. Report series: Enhancing the resilience of seaports to a changing climate. NCCARF & RMIT UNIVERSITY.*
6. *Maro Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático (2013). Universidad Pontificia de Chile, IH Cantabria, Universidad de Valparaíso, Centro de Cambio Global UC & CIGIDEN.*
7. *CLIMATE CHANGE AND NAVIGATION. Waterborne transport, ports and waterways: A review of climate change drivers, impacts, responses and mitigation. "Navigation, Ports, Waterways". PIANC.*
8. *CLIMATE RISK MANAGEMENT: PORT AND WATER TRANSPORT. SCREENING TOOL: USER MANUAL (2017). IH Cantabria.*

ANEJO 1: TABLA DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos se muestran en la *tabla A1.1*. Se muestra el puerto, el país, el tipo de terminal y los niveles de riesgo obtenidos para las 4 situaciones considerados en el análisis.

Nº	PUERTO	PAÍS	TIPO TERMINAL		MID TERM (2050)		LONG TERM (2100)	
					RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
1	NORFOLK	USA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	0.73%	0.83%	0.78%	0.97%
2	NUEVA ORLEANS	USA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	2.13%	2.65%	2.08%	2.29%
3	HOUSTON	USA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	1.37%	1.89%	1.67%	1.92%
4	PUERTO CRISTOBAL	PANAMÁ	CONTENEDORES	AD. INV.	0.04%	0.04%	0.08%	0.10%
				MON. L.	0.38%	0.68%	0.49%	0.55%
5	KINGSTON	JAMAICA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	1.20%	1.72%	1.57%	2.19%
6	SALVADOR DE BAHÍA	BRASIL	CONTENEDORES	AD. INV.	0.05%	0.06%	0.11%	0.14%
				MON. L.	2.90%	3.02%	0.36%	5.08%
7	MONTEVIDEO	URUGUAY	CONTENEDORES	AD. INV.	0.03%	0.03%	0.06%	0.08%
				MON. L.	0.33%	0.97%	0.45%	5.17%
8	VALAPARAISO	CHILE	CONTENEDORES	AD. INV.	0.03%	0.03%	0.06%	0.08%
				MON. L.	0.15%	0.34%	1.82%	5.60%
9	CALLAO	PERÚ	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
				MON. L.	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
10	LONG BEACH	USA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%
				MON. L.	0.19%	0.23%	0.15%	0.35%
11	VANCOUVER	CANADÁ	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12	FELIXSTOWE	REINO UNIDO	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
13	BILBAO	ESPAÑA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%
				MON. L.	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%

14	VIGO	ESPAÑA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.04%	0.05%	0.09%	0.12%
				MON. L.	5.30%	4.61%	4.94%	5.02%
15	TENERIFE	ESPAÑA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.05%	0.06%	0.10%	0.14%
				MON. L.	0.26%	0.36%	1.14%	2.53%
16	VALENCIA	ESPAÑA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.02%	0.03%	0.05%	0.07%
				MON. L.	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%
17	NÁPOLES	ITALIA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.02%	0.03%	0.07%	0.11%
				MON. L.	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%
18	DAKAR	SENEGAL	CONTENEDORES	AD. INV.	0.08%	0.10%	0.18%	0.23%
				MON. L.	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
19	CIUDAD DEL CABO	SUDÁFRICA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.06%	0.07%	0.13%	0.18%
				MON. L.	0.77%	0.87%	6.14%	12.74%
20	TOAMASINA	MADAGASCAR	CONTENEDORES	AD. INV.	0.04%	0.04%	0.08%	0.11%
				MON. L.	2.80%	3.16%	3.32%	4.39%
21	MOGADISCIO	SOMALIA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.05%	0.06%	0.11%	0.15%
				MON. L.	0.01%	0.01%	11.00%	10.51%
22	DAMMAM	ARABIA SAUDÍ	CONTENEDORES	AD. INV.	0.03%	0.03%	0.05%	0.08%
				MON. L.	0.00%	1.58%	2.14%	4.10%
23	NEW MANGALORE	INDIA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.04%	0.05%	0.09%	0.13%
				MON. L.	0.23%	0.23%	0.25%	0.26%
24	COLOMBO	SRI LANKA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.02%	0.02%	0.04%	0.05%
				MON. L.	0.24%	0.27%	0.28%	0.45%
25	SURABAYA	INDONESIA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.06%	0.06%	0.12%	0.15%
				MON. L.	0.04%	0.00%	0.02%	0.02%
26	FREMANTLE	AUSTRALIA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.05%	0.06%	0.11%	0.14%
				MON. L.	0.59%	0.85%	0.61%	0.85%
27	AUCKLAND	NUEVA ZELANDA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.06%	0.07%	0.12%	0.17%
				MON. L.	0.93%	0.79%	0.84%	0.67%
28	WENZHOU	CHINA	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	2.43%	2.53%	2.44%	3.55%
29	HIROSHIMA	JAPÓN	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	6.04%	5.80%	5.68%	6.61%
30	CAT LAI	VIETNAM	CONTENEDORES	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

				MON. L.	0.22%	0.21%	0.18%	0.28%
31	DURBAN	SUDÁFRICA	VEHÍCULOS RO-RO	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	1.59%	0.45%	0.47%	0.64%
32	SETUBAL	PORTUGAL	VEHÍCULOS RO-RO	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	0.98%	1.40%	0.76%	0.55%
33	MAP TA PHUT	TAILANDIA	GRANELES LÍQUIDOS	AD. INV.	0.20%	0.23%	0.41%	0.56%
				MON. L.	0.03%	0.03%	0.04%	0.32%
34	VERACRUZ	MEXICO	GRANELES LÍQUIDOS	AD. INV.	0.36%	0.40%	0.74%	0.98%
				MON. L.	1.35%	1.59%	1.49%	1.91%
35	PUERTO SUDÁN	SUDÁN	GRANELES LÍQUIDOS	AD. INV.	0.40%	0.48%	0.84%	1.18%
				MON. L.	2.20%	3.68%	2.65%	5.78%
36	MERSIN	TURQUÍA	GRANELES LÍQUIDOS	AD. INV.	0.12%	0.15%	0.25%	0.36%
				MON. L.	0.06%	0.21%	0.17%	1.24%
37	PORT BOTANY	AUSTRALIA	GRANELES LÍQUIDOS	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	0.29%	0.13%	0.26%	0.23%
38	CASABLANCA	MARRUECOS	GRANELES SÓLIDOS	AD. INV.	0.04%	0.04%	0.07%	0.10%
				MON. L.	0.03%	0.08%	0.06%	0.28%
39	PORT LINCOLN	AUSTRALIA	GRANELES SÓLIDOS	AD. INV.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
				MON. L.	0.00%	2.33%	1.80%	2.90%
40	TAKORADI	GHANA	GRANELES SÓLIDOS	AD. INV.	0.03%	0.03%	0.05%	0.07%
				MON. L.	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
41	GANGAVARAM	INDIA	GRANELES SÓLIDOS	AD. INV.	0.03%	0.03%	0.06%	0.08%
				MON. L.	12.46%	12.70%	11.57%	16.17%
42	KEELUNG	TAIWÁN	CARGA GENERAL	AD. INV.	0.12%	0.13%	0.24%	0.32%
				MON. L.	9.20%	10.10%	10.26%	12.78%
43	HERAKLION	GRECIA	CARGA GENERAL	AD. INV.	0.04%	0.04%	0.08%	0.10%
				MON. L.	14.77%	18.34%	0.00%	77.25%
44	LA GOULETTE	TÚNEZ	CRUCEROS	AD. INV.	0.16%	0.18%	0.33%	0.45%
				MON. L.	0.03%	0.06%	0.07%	0.01%
45	ARUBA	ARUBA	CRUCEROS	AD. INV.	0.13%	0.15%	0.28%	0.37%
				MON. L.	24.70%	26.22%	23.12%	25.75%
46	GRAN CANARIA	ESPAÑA	CRUCEROS	AD. INV.	0.09%	0.11%	0.19%	0.26%
				MON. L.	26.47%	14.35%	7.06%	10.48%

47	PORT RASHID	DUBAI	CRUCEROS	AD. INV.	0.08%	0.10%	0.17%	0.25%
				MON. L.	51.91%	49.86%	45.53%	53.00%

Tabla A1.1: Tabla de Resultados.

ANEJO 2: CARACTERIZACIÓN DE LAS TERMINALES.

Nº 1	PAÍS: ESTADOS UNIDOS	PUERTO: NORFOLK
-------------	-----------------------------	------------------------

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 36.9º N

LONGITUD: 76.35º W

VOLUMEN ANUAL: 2.655.705 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 4.2% **CAPACIDAD:** 3.000.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 17M; LONGITUD: 1989M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 217.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 14 GRÚAS; 9 REACH-STACKERS; 3 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 107 STRADDLE CARRIERS.

DEFENSAS DE MUELLE: 177UDS.

PUNTOS DE AMARRE: 111UDS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.portofvirginia.com/facilities/norfolk-international-terminals-nit/>

Nº 2	PAÍS: ESTADOS UNIDOS	PUERTO: NUEVA ORLEANS
-------------	-----------------------------	------------------------------

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 29.94º N

LONGITUD: 90.06º W

VOLUMEN ANUAL: 476.413 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 1.2% **CAPACIDAD:** 840.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15M; LONGITUD: 600M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 263.046M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 6 REACH-STACKERS; 6 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 15 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

https://www.porttechnology.org/news/container_volumes_at_the_port_of_new_orleans_reaches_record_high

<http://www.portno.com/napoleon-avenue-container>

Nº 3 PAÍS: ESTADOS UNIDOS PUERTO: HOUSTON

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 29.6º N

LONGITUD: 94.98º W

VOLUMEN ANUAL: 2.100.000 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 1% **CAPACIDAD:** 2.300.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 11.5M; LONGITUD: 1000M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 720.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 6 POST PANAMAX CRANES; 3 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 1 CONTAINER HANDLER 45TONS; 30 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 18 YARD TRACTORS; 83 CHASSIS.

FUENTES DE DATOS:

<http://208-110-207-161.biz.houston.comcastbusiness.net/container-terminals/bayport/bayport-specifications/>

Nº 4 PAÍS: PANAMÁ PUERTO: PUERTO CRISTOBAL

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 9.35º N

LONGITUD: 79.92º W

VOLUMEN ANUAL: 632.845 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 800.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 20; FRANCOBORDO: 6M; ALTURA TOTAL: 20M; ANCHURA CORONACIÓN: 10M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 2750M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 16.5M; LONGITUD: 1258M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 278.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 5 PANAMAX CRANES; 2 POST PANAMAX CRANES; 6 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 11 CONTAINER HANDLER; 3 REACH-STACKERS; 30 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 98 YARD TRACTORS; 93 CHASSIS; 14 FORKLIFTS.

FUENTES DE DATOS:

<http://logistics.gatech.pa/es/assets/seaports/cristobal>

Nº 5 PAÍS: JAMAICA PUERTO: KINGSTON

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 17.95º N

LONGITUD: 76.84º W

VOLUMEN ANUAL: 2.662.862 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 5% **CAPACIDAD:** 3.200.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 16M; LONGITUD: 2310M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 1.910.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 19 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 11 CONTAINER HANDLER; 14 REACH-STACKERS; 3 RAIL-MOUNTED-GANTRY-CRANE; 28 YARD TRACTORS; 30 CHASSIS; 9 FORKLIFTS; 73 SHUTTLE CARRIERS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.portjam.com/nmCMS.php?p=ports>

Nº 6 PAÍS: BRASIL

PUERTO: SALVADOR DE BAHÍA

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 12.98º S

LONGITUD: 38.53º W

VOLUMEN ANUAL: 294.415 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 5% **CAPACIDAD:** 700.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 25; FRANCOBORDO: 9M; ALTURA TOTAL: 25M; ANCHURA CORONACIÓN: 5M; TALUD (H/V): VERTICAL; LONGITUD: 1380M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15.5M; LONGITUD: 617M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 83.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 3 PANAMAX CRANES; 3 POST PANAMAX CRANES; 9 REACH-STACKERS; 8 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 32 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.teconsalvador.com.br/infraestrutura/infraestrutura>

Nº 7 PAÍS: URUGUAY

PUERTO: MONTEVIDEO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 34.91º S

LONGITUD: 56.23º W

VOLUMEN ANUAL: 813.537 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 1.100.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 25; FRANCOBORDO: 10M; ALTURA TOTAL: 26M; ANCHURA CORONACIÓN: 10M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 760M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15.5M; LONGITUD: 638M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 300.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 3 POST-PANAMAX CRANES; 4 SUPER-POST PANAMAX CRANES; 8 CONTAINER HANDLER; 4 REACH-STACKERS; 28 RAIL-MOUNTED- GANTRY-CRANE.

NAVE DE MANTENIMIENTO: 1700M2.

FUENTES DE DATOS:

http://www.anp.com.uy/inicio/institucional/infraestructura/montevideo/infraestructura_fisica/

Nº 8 PAÍS: CHILE PUERTO: VALPARAÍSO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 33.03º S

LONGITUD: 71.63º W

VOLUMEN ANUAL: 900.000 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 10% **CAPACIDAD:** 1.150.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 25; FRANCOBORDO: 10.5M; ALTURA TOTAL: 43M; ANCHURA CORONACIÓN: 22M; TALUD (H/V): VERTICAL; LONGITUD: 1050M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 18M; LONGITUD: 785M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 125.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 5 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 11 CONTAINER HANDLER; 6 REACH-STACKERS; 12 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 41 YARD TRACTORS; 41 CHASSIS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.tcval.cl/servicios/t-de-contenedores/infraestructura/?id=8872>

http://oa.upm.es/44485/1/Tesis_master_Fernando_Romero_Garcia.pdf

Nº 9 PAÍS: PERÚ PUERTO: CALLAO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 12.04º S

LONGITUD: 77.16º W

VOLUMEN ANUAL: 1.019.000 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 9.5% **CAPACIDAD:** 1.050.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 16.67; FRANCOBORDO: 7M; ALTURA TOTAL: 23M; ANCHURA CORONACIÓN: 10M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 435M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 2M; ALTURA TOTAL: 18M; LONGITUD: 645M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 226.800M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 PANAMAX CRANES; 4 POST- PANAMAX CRANES; 4 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 6 REACH-STACKERS; 14 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE.

FUENTES DE DATOS:

<https://www.apmterminalsallao.com.pe/>

Nº 10 PAÍS: ESTADOS UNIDOS PUERTO: LONG BEACH

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 33.72º N

LONGITUD: 118.23º W

VOLUMEN ANUAL: 900.000 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 5%

CAPACIDAD: 3.000.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 16.67; FRANCOBORDO: 10M; ALTURA TOTAL: 35M; ANCHURA CORONACIÓN: 10M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 3000M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 16.5M; LONGITUD: 1500M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 1.558.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 14 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 24 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 53 FORKLIFTS; 180 YARD TRACTORS.

45 PUERTAS DE ENTRADA Y SALIDA.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.totalterminals.com/>

Nº 11 PAÍS: CANADÁ PUERTO: VANCOUVER

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 49.29º N

LONGITUD: 123.16º W

VOLUMEN ANUAL: 600.000 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 3%

CAPACIDAD: 785.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 17M; LONGITUD: 644M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 313.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 5 POST-PANAMAX CRANES; 19 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 10 FORKLIFTS.

FUENTES DE DATOS:

<https://www.dpworld.ca/our-services/containers/>

Nº 12 PAÍS: REINO UNIDO PUERTO: FELIXSTOWE

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 51.94º N

LONGITUD: 1.31º E

VOLUMEN ANUAL: 3.434.000 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 5.6% **CAPACIDAD:** 4.000.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15.5M; LONGITUD: 2354M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 1.367.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 7 POST-PANAMAX CRANES; 16 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 63 AUTOMATED-STACKED-CRANES; 18 FORKLIFTS.

FUENTES DE DATOS:

<https://www.portoffelixstowe.co.uk/>

Nº 13 PAÍS: ESPAÑA PUERTO: BILBAO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 43.37º N

LONGITUD: 3.07º W

VOLUMEN ANUAL: 596.668 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 800.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 16.67; FRANCOBORDO: 21M; ALTURA TOTAL: 45M; ANCHURA CORONACIÓN: 35M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 2500M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 21M; LONGITUD: 1058M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 438.086M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 FEEDER CRANES; 5 PANAMAX CRANES; 2 POST-PANAMAX CRANES; 5 CHASSIS; 6 EMPTY-CONTAINER-HANDLERS; 2 RAIL-MOUNTED-GANTRY-CRANES; 8 REACH-STACKERS; 19 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 3 YARD TRACTORS.

3 REMOLCADORES; 33 CCTV VIGILANCIA; 12 CONTROLES DE ACCESO PARA CAMIONES; OFICINA 2000M²; 1 ESTACIÓN DE TREN.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.noatum.com/es/noatum-ports/bilbao/>

<http://www.epuertobilbao.com/es//index.html>

Nº 14 PAÍS: ESPAÑA PUERTO: VIGO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 42.25º N

LONGITUD: 8.71º W

VOLUMEN ANUAL: 140.436 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 2%

CAPACIDAD: 200.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 18,5M; LONGITUD: 770M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 180.000M²

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 1 FEEDER CRANES; 1 PANAMAX CRANES; 1 POST-PANAMAX CRANES; 1 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 14 CHASSIS; 9 RAIL-MOUNTED-GANTRY-CRANES; 7 REACH-STACKERS.

12 CCTV VIGILANCIA; OFICINA 400M².

FUENTES DE DATOS:

<http://www.termavi.com/index.php>

Nº 15 PAÍS: ESPAÑA PUERTO: TENERIFE

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 28.49º N

LONGITUD: 16.22º W

VOLUMEN ANUAL: 327.718 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 7%

CAPACIDAD: 350.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 25; FRANCOBORDO: 5.3M; ALTURA TOTAL: 24M; ANCHURA CORONACIÓN: 15M; TALUD (H/V): VERTICAL; LONGITUD: 1025M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15.5M; LONGITUD: 695M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 153.000M²

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 6 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 12 CHASSIS; 6 FORKLIFTS; 6 EMPTY-CONTAINER-HANDLERS; 3 REACH-STACKERS; 6 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 12 YARD TRACTORS.

12 CCTV VIGILANCIA.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.tctenerife.es/>

Nº 16 PAÍS: ESPAÑA PUERTO: VALENCIA

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 39.48º N

LONGITUD: 0.32º W

VOLUMEN ANUAL: 2.508.934 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 2.3% **CAPACIDAD:** 3.000.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 20; FRANCOBORDO: 13M; ALTURA TOTAL: 29M; ANCHURA CORONACIÓN: 25M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 3306M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 17.5M; LONGITUD: 2310M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 1.300.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 18 PANAMAX CRANES; 1 POST-PANAMAX CRANES; 17 POST-PANAMAX CRANES; 11 EMPTY-CONTAINER-HANDLERS; 8 REACH-STACKERS; 58 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE; 98 YARD TRACTORS.

13 CONTROLES DE ACCESO PARA CAMIONES; 1 ESTACIÓN DE TREN.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.noatum.com/es/noatum-ports/valencia/>

<http://www.valenciaportpcs.com/>

Nº 17 PAÍS: ITALIA PUERTO: NÁPOLES

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 40.84º N

LONGITUD: 14.28º E

VOLUMEN ANUAL: 438.280 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 1.5% **CAPACIDAD:** 500.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 16.67; FRANCOBORDO: 7M; ALTURA TOTAL: 22M; ANCHURA CORONACIÓN: 15M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 1920M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.6M; ALTURA TOTAL: 13.6M; LONGITUD: 750M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 134.800M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 POST-PANAMAX CRANES; 4 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 9 FORKLIFTS; 9 REACH-STACKERS; 2 RUBBER-TIRED-GANTRY-CRANE.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.conateco.it/terminal-it.html>

Nº 18 PAÍS: SENEGAL

PUERTO: DAKAR

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 14.68º N

LONGITUD: 17.42º W

VOLUMEN ANUAL: 400.000 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 5%

CAPACIDAD: 550.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 11.11; FRANCOBORDO: 8M; ALTURA TOTAL: 22M; ANCHURA CORONACIÓN: 20M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 1500M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 11.5M; LONGITUD: 645M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 180.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 PANAMAX CRANES; 2 POST-PANAMAX CRANES; 3 RAIL-MOUNTED-GANTRY CRANES; 10 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 4 FORKLIFTS; 15 REACH-STACKERS; 32 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.portdakar.sn/en/nous-decouvrir/projets/container-terminal>

Nº 19 PAÍS: SUDÁFRICA

PUERTO: CIUDAD DEL CABO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 33.89º S

LONGITUD: 18.44º E

VOLUMEN ANUAL: 888.976 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 2%

CAPACIDAD: 970.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 6.67; FRANCOBORDO: 14M; ALTURA TOTAL: 30M; ANCHURA CORONACIÓN: 15M; TALUD (H/V): VERTICAL; LONGITUD: 850M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15M; LONGITUD: 1300M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 330.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 4 PANAMAX CRANES; 2 POST-PANAMAX CRANES; 66 EMPTY CONTAINER HANDLER; 27 STRADDLE CARRIERS; 57 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<https://www.transnetportterminals.net/pages/default.aspx>

Nº 20 PAÍS: MADAGASCAR PUERTO: TOAMASINA

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 18.15º S

LONGITUD: 49.42º E

VOLUMEN ANUAL: 181.810 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 10% **CAPACIDAD:** 196.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 33.33; FRANCOBORDO: 9M; ALTURA TOTAL: 24M; ANCHURA CORONACIÓN: 25M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 640M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 16.5M; LONGITUD: 450M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 87.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 4 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 19 CHASSIS; 3 EMPTY-CONTAINER HANDLERS; 2 FORKLIFTS; 6 REACH-STACKERS; 6 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 19 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://dlca.logcluster.org/display/public/DLCA/2.1.1+Madagascar+Port+of+Toamasina;jsessionid=B7EA1D3B67C16E180329260ADC3650F0#id-2.1.1MadagascarPortofToamasina-ContainerFacilities>

Nº 21 PAÍS: SOMALIA PUERTO: MOGADISCIO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 2.03º N

LONGITUD: 45.34º E

VOLUMEN ANUAL: 70.000 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 100.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 100; FRANCOBORDO: 8M; ALTURA TOTAL: 25M; ANCHURA CORONACIÓN: 20M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 950M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 13.5M; LONGITUD: 900M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 126.800M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 POST-PANAMAX CRANES; 11 FORKLIFTS; 4 REACH-STACKERS; 1 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANE.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.portofmogadishu.com/en/terminal-overview/>

Nº 22 PAÍS: ARABIA SAUDÍ PUERTO: DAMMAM

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 26.49º N

LONGITUD: 50.20º E

VOLUMEN ANUAL: 829.260 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 5.3% **CAPACIDAD:** 900.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 11.11; FRANCOBORDO: 8M; ALTURA TOTAL: 22M; ANCHURA CORONACIÓN: 20M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 1500M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 11.5M; LONGITUD: 645M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 180.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 PANAMAX CRANES; 2 POST-PANAMAX CRANES; 3 RAIL-MOUNTED-GANTRY CRANES; 10 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 4 FORKLIFTS; 15 REACH-STACKERS; 32 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

https://www.joc.com/port-news/international-ports/dammam-terminal-2-expands-saudi-teu-capacity_20150725.html

<https://www.ips.com.sa/Facilities.aspx>

Nº 23 PAÍS: INDIA PUERTO: NEW MANGALORE

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 12.93º N

LONGITUD: 74.82º E

VOLUMEN ANUAL: 62.808 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 10% **CAPACIDAD:** 100.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15.5M; LONGITUD: 300M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 67.500M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 3 FORKLIFTS; 5 REACH-STACKERS.

FUENTES DE DATOS:

http://www.business-standard.com/article/companies/new-mangalore-port-drops-ppp-mode-from-container-terminal-111042100097_1.html

<http://newmangaloreport.gov.in:8080/#!/berth>

Nº 24 PAÍS: SRI LANKA PUERTO: COLOMBO

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 6.95º N

LONGITUD: 79.83º E

VOLUMEN ANUAL: 2.000.000 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 10% **CAPACIDAD:** 2.400.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 50; FRANCOBORDO: 10M; ALTURA TOTAL: 30M; ANCHURA CORONACIÓN: 25M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 3200M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 19.5M; LONGITUD: 1200M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 580.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 12 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 6 EMPTY-CONTAINER HANDLERS; 2 REACH-STACKERS; 40 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 72 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.cict.lk/equipment.php>

https://www.joc.com/port-news/asian-ports/port-colombo/colombo-terminal-volume-sets-record-capacity-concerns-surface_20170103.html

Nº 25 PAÍS: INDONESIA PUERTO: SURABAYA

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 7.20º S

LONGITUD: 112.72º E

VOLUMEN ANUAL: 1.397.428 TEUS **TASA DE CRECIMIENTO:** 1.6% **CAPACIDAD:** 1.500.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 14.5M; LONGITUD: 1450M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 397.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 11 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 124 CHASSIS; 18 FORKLIFTS; 6 REACH-STACKERS; 28 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 80 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.tps.co.id/facilities/wharf>

Nº 26 PAÍS: AUSTRALIA PUERTO: FREMANTLE

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 32.04º S

LONGITUD: 115.75º E

VOLUMEN ANUAL: 743.495 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 5%

CAPACIDAD: 1.000.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 16.67; FRANCOBORDO: 8M; ALTURA TOTAL: 23M; ANCHURA CORONACIÓN: 25M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 2100M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15.5M; LONGITUD: 1300M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 390.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 4 POST-PANAMAX CRANES; 4 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 12 EMPTY-CONTAINER HANDLERS; 10FORKLIFTS; 20 REACH-STACKERS; 6 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 17 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.portsaustralia.com.au/aus-ports-industry/trade-statistics/?id=5>

Nº 27 PAÍS: NUEVA ZELANDA

PUERTO: AUCKLAND

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 36.84º S

LONGITUD: 174.77º E

VOLUMEN ANUAL: 851.106 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 4%

CAPACIDAD: 900.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 14.5M; LONGITUD: 610M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 240.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 5 POST-PANAMAX CRANES; 18 FORKLIFTS; 20 STRADDLE CARRIERS; 10 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

https://www.joc.com/port-news/international-ports/ports-auckland/auckland-container-traffic-rise-dwarfed-growth-rival-tauranga_20150911.html

[http://www.poal.co.nz/ports-of-auckland-to-automate-container-terminal-\(2\)](http://www.poal.co.nz/ports-of-auckland-to-automate-container-terminal-(2))

Nº 28 PAÍS: CHINA

PUERTO: WENZHOU

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 27.97º N

LONGITUD: 120.79º E

VOLUMEN ANUAL: 570.200 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 10.2%

CAPACIDAD: 1.300.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 9M; LONGITUD: 969M; ANCHO: 50M

EXPLANADA: ÁREA 187.500M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 11 POST-PANAMAX CRANES; 7 EMPTY-CONTAINER HANDLERS; 6 FORKLIFTS; 7 REACH-STACKERS; 5 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 14 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.dredgingtoday.com/2014/03/31/wenzhou-port-to-get-three-new-container-berths-china/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Wenzhou

http://www.worldportsource.com/ports/commerce/CHN_Port_of_Wenzhou_2504.php

Nº 29 PAÍS: JAPÓN

PUERTO: HIROSHIMA

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 34.35º N

LONGITUD: 132.44º E

VOLUMEN ANUAL: 165.684 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 7%

CAPACIDAD: 300.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 15.5M; LONGITUD: 750M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 114.900M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 2 POST-PANAMAX CRANES; 1 SUPER-POST-PANAMAX CRANES; 4 RAIL-MOUNTED-GANTRY CRANES; 3 FORKLIFTS; 5 YARD TRACTORS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.nct-ho.co.jp/en/index.html>

Nº 30 PAÍS: VIETNAM

PUERTO: CAT LAI

TIPO DE TERMINAL: CONTENEDORES

LATITUD: 10.76º N

LONGITUD: 106.80º E

VOLUMEN ANUAL: 2.845.000 TEUS

TASA DE CRECIMIENTO: 4%

CAPACIDAD: 3.500.000 TEUS

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 13.5M; LONGITUD: 2981M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 568.500M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

MAQUINARIA: 37 PANAMAX CRANES; 2 EMPTY-CONTAINER HANDLER; 20 RAIL-MOUNTED-GANTRY CRANES; 57 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES; 34 FORKLIFTS; 24 REACH-STACKERS; 257 YARD TRACTORS.

7 REMOLCADORES.

FUENTES DE DATOS:

<https://saigonnewport.com.vn/Pages/Default.aspx>

Nº 31 PAÍS: SUDÁFRICA PUERTO: DURBAN

TIPO DE TERMINAL: RO-RO

LATITUD: 29.88º S

LONGITUD: 31.03º E

VOLUMEN ANUAL: 501.456 VEH. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 520.000 VEH.

INFRAESTRUCTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 12M; LONGITUD: 1149M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 390.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

5 REMOLCADORES (20% ASIGNACIÓN), 1 PUENTE FLOTANTE Y 1 ESTACIÓN DE TREN.

FUENTES DE DATOS:

https://www.transnetportterminals.net/Ports/Pages/Durban_MaydonWharf.aspx

Nº 32 PAÍS: PORTUGAL PUERTO: SETÚBAL

TIPO DE TERMINAL: RO-RO

LATITUD: 38.51º N

LONGITUD: 8.87º W

VOLUMEN ANUAL: 149.039 VEH. **TASA DE CRECIMIENTO:** 6% **CAPACIDAD:** 600.000 VEH.

INFRAESTRUCTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 13.5M; LONGITUD: 365M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 150.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

3 REMOLCADORES (20% ASIGNACIÓN), 2 PUENTES FLOTANTES, 1 PUENTE DE LARGO ALCANCE Y 1 ESTACIÓN DE TREN.

FUENTES DE DATOS:

http://www.portodesetubal.pt/Espanhol/espanhol_terminals.htm

Nº 33 PAÍS: TAILANDIA PUERTO: MAP TA PHUT

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 12.66º N

LONGITUD: 101.14º E

VOLUMEN ANUAL: 3.800.000 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 5.000.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 20; FRANCOBORDO: 8M; ALTURA TOTAL: 23M; ANCHURA CORONACIÓN: 20M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 3750M.

4 DUQUES DE ALBA: FRANCOBORDO:5M; ALTURA TOTAL: 20M

EXPLANADA: ÁREA 125.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

2 DEPÓSITOS DE 15.000M3 CADA UNO Y 4000M DE TUBERÍAS DE 6”.

FUENTES DE DATOS:

<https://www.vopak.com/terminals/asia/thai-tank-terminal>

Nº 34 PAÍS: MEXICO PUERTO: VERACRUZ

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 19.20º N

LONGITUD: 96.12º W

VOLUMEN ANUAL: 1.820.718 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 2.000.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

2 DUQUES DE ALBA: FRANCOBORDO:5M; ALTURA TOTAL: 14M

EXPLANADA: ÁREA 40.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

5 REMOLCADORES (20% ASIGNACIÓN) 6 DEPÓSITOS DE 15.000M3 CADA UNO, 1200M DE TUBERÍAS DE 6”.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.pemex.com/nuestro-negocio/logistica/Generales%20del%20servicio/Infraestructura.pdf>

Nº 35 PAÍS: SUDÁN PUERTO: PUERTO SUDÁN

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 19.60º N

LONGITUD: 37.24º E

VOLUMEN ANUAL: 1.607.320 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 2.670.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

6 DUQUES DE ALBA: FRANCOBORDO: 3M; ALTURA TOTAL: 17.5M

MUELLE: FRANCOBORDO: 3M; ALTURA TOTAL: 17.5M; LONGITUD: 310M; ANCHO: 30M

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

20 DEPÓSTOS DE 15.000M3 CADA UNO, 10800M DE TUBERÍAS DE 6".

FUENTES DE DATOS:

<http://sudanports.gov.sd/web/en/al-khair/>

<http://www.gnpoc.com/Pages/marline-terminal.aspx>

Nº 36 PAÍS: TURQUÍA PUERTO: MERSIN

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 36.80º N

LONGITUD: 34.64º E

VOLUMEN ANUAL: 550.000 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 750.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 50; FRANCOBORDO: 7M; ALTURA TOTAL: 22M; ANCHURA CORONACIÓN: 25M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 750M.

5 DUQUES DE ALBA: FRANCOBORDO: 5M; ALTURA TOTAL: 17M

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

4 DEPÓSTOS DE 15.000M3 CADA UNO, 6000M DE TUBERÍAS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.ceynak.com.tr/en/logistics-terminals/mersin-likit-terminal>

<http://en.mersinport.com.tr/port-services/detail/Conventional-Cargo-Services/264/482/0>

Nº 37 PAÍS: AUSTRALIA PUERTO: PORT BOTANY

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 33.98º S

LONGITUD: 151.21º E

VOLUMEN ANUAL: 3.600.000 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 4.000.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

2 DUQUES DE ALBA: FRANCOBORDO: 5M; ALTURA TOTAL: 19M

EXPLANADA: ÁREA 60.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

3 DEPÓSITOS DE 15.000M3 CADA UNO, 4 DEPÓSITOS DE 6000M3, 18 DEPÓSITOS DE 1000M3 Y 4000M DE TUBERÍAS DE 6”.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.terminalspl.com.au/locations/sydney/>

Nº 38 PAÍS: MARRUECOS PUERTO: CASABLANCA

TIPO DE TERMINAL: GRANELES SÓLIDOS

LATITUD: 33.61º N

LONGITUD: 7.61º W

VOLUMEN ANUAL: 2.063.049 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 5% **CAPACIDAD:** 2.500.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 16.67; FRANCOBORDO: 10M; ALTURA TOTAL: 30M; ANCHURA CORONACIÓN: 25M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 3000M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 11.5M; LONGITUD: 250M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 37.500M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

2 BULLDOZER Y 1 SILO DE 64000M3.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.anp.org.ma/En/Services/Casablancaport/Pages/Portinfrastructures.aspx>

Nº 39 PAÍS: AUSTRALIA PUERTO: PORT LINCOLN

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 34.72º S

LONGITUD: 135.87º E

VOLUMEN ANUAL: 1.754.386 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 2.000.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

1 DUQUE DE ALBA: FRANCOBORDO: 5M; ALTURA TOTAL: 17M

EXPLANADA: ÁREA 100.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

2 CINTAS TRANSPORTADORAS DE 1000M CADA UNA, 2 GRÚAS Y 1 SILO DE 57000M3.

FUENTES DE DATOS:

<http://viterr.com.au/index.php/2017/07/25/port-lincoln-terminal-ships-2-million-tonnes-of-grain/>

<http://portsaustralia.com.au/aus-ports-industry/trade-statistics/?id=12>

Nº 40 PAÍS: GHANA

PUERTO: TAKORADI

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 4.89º N

LONGITUD: 1.74º W

VOLUMEN ANUAL: 6.045.050 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 2% **CAPACIDAD:** 6.500.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 33.33; FRANCOBORDO: 8M; ALTURA TOTAL: 21M; ANCHURA CORONACIÓN: 20M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 2800M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 10.5M; LONGITUD: 490M; ANCHO: 11M

EXPLANADA: ÁREA 55.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

5 FORKLIFTS, 5 RUBBER-TIRED-GANTRY CRANES, 3 REMOLCADORES (33% ASIGNACIÓN) Y 2 GENERADORES.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.ghanaports.gov.gh/page/28/Takoradi-Ship-Yard>

Nº 41 PAÍS: INDIA

PUERTO: GANGAVARAM

TIPO DE TERMINAL: GRANELES LÍQUIDOS

LATITUD: 17.62º N

LONGITUD: 83.23º E

VOLUMEN ANUAL: 2.500.000 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 5% **CAPACIDAD:** 5.000.000 TON.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 50; FRANCOBORDO: 8M; ALTURA TOTAL: 28M; ANCHURA CORONACIÓN: 10M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 1500M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 21M; LONGITUD: 1250M; ANCHO: 30M

EXPLANADA: ÁREA 294.750M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

12 BULLDOZERS, 9000M DE CINTAS TRANSPORTADORAS DE ALTA DENSIDAD; 5 FRONT LOADERS Y 3 STACKERS.

FUENTES DE DATOS:

<http://ports.ap.gov.in/#/gangavaram-port>

<http://www.dfdurofelguera.com/index.asp?MP=10&MS=0&TR=A&IDR=20&id=736>

Nº 42 PAÍS: TAIWÁN

PUERTO: KEELUNG

TIPO DE TERMINAL: CARGA GENERAL

LATITUD: 25.15º N

LONGITUD: 121.76º E

VOLUMEN ANUAL: 4.957.373 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 0% **CAPACIDAD:** 5.000.000 TON.

INFRAESTRUCTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 14.5M; LONGITUD: 3100M; ANCHO: 30M

EXPLANADA DE ASFALTO: ÁREA 500.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

1 SILO DE 38400M3.

FUENTES DE DATOS:

<http://kl.twport.com.tw/en/cp.aspx?n=0C61E1A1A61B38EE>

Nº 43 PAÍS: GRECIA

PUERTO: HERAKLION

TIPO DE TERMINAL: CARGA GENERAL

LATITUD: 35.35º N

LONGITUD: 25.14º E

VOLUMEN ANUAL: 6.000.000 TON. **TASA DE CRECIMIENTO:** 15% **CAPACIDAD:** 6.500.000 TON.

INFRAESTRUCTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 33.33; FRANCOBORDO: 7M; ALTURA TOTAL: 22M; ANCHURA CORONACIÓN: 15M; TALUD (H/V): 2; LONGITUD: 2250M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 16.5M; LONGITUD: 900M; ANCHO: 20M

EXPLANADA: ÁREA 80.000M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

15 BULLDOZERS, 6000M DE CINTAS TRANSPORTADORAS DE ALTA DENSIDAD; 7 FRONT LOADERS Y 5 STACKERS.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.porthraklion.gr/index.php/en/other/welcome-page/>

<http://www.porthraklion.gr/index.php/en/commercial/infrastructure/>

Nº 44 PAÍS: TÚNEZ

PUERTO: LA GOULETTE

TIPO DE TERMINAL: CRUCEROS

LATITUD: 36.81º N

LONGITUD: 10.30º E

VOLUMEN ANUAL: 515.000 PAX. **TASA DE CRECIMIENTO:** 5% **CAPACIDAD:** 700.000 PAX.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 11.5M; LONGITUD: 1657M; ANCHO: 30M

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

4 PUNTOS DE CONTROL RAYOS-X; 4 RAMPAS MÓVILES Y TERMINAL DE RECEPCIÓN DE PASAJEROS DE 1000M2.

FUENTES DE DATOS:

http://www.goulettevillageharbor.com/en/nautical_facts/

Nº 45 PAÍS: ARUBA PUERTO: ARUBA

TIPO DE TERMINAL: CRUCEROS

LATITUD: 12.52º N

LONGITUD: 70.04º W

VOLUMEN ANUAL: 656.043 PAX. **TASA DE CRECIMIENTO:** 3% **CAPACIDAD:** 800.000 PAX.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 13.5M; LONGITUD: 720M; ANCHO: 30M

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

4 PUNTOS DE CONTROL RAYOS-X; 4 RAMPAS MÓVILES Y TERMINAL DE RECEPCIÓN DE PASAJEROS DE 2000M2.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.arubaports.com/main/historic-cruise-data/>

Nº 46 PAÍS: ESPAÑA PUERTO: GRAN CANARIA

TIPO DE TERMINAL: CRUCEROS

LATITUD: 28.14º N

LONGITUD: 15.42º W

VOLUMEN ANUAL: 206.888 PAX. **TASA DE CRECIMIENTO:** 5% **CAPACIDAD:** 300.000 PAX.

INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 16.67; FRANCOBORDO: 9.2M; ALTURA TOTAL: 34M; ANCHURA CORONACIÓN: 24M; TALUD (H/V): VERTICAL; LONGITUD: 1844M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 13.5M; LONGITUD: 750M; ANCHO: 30M

EXPLANADA DE ASFALTO: ÁREA 23.750M2

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

2 PUNTOS DE CONTROL RAYOS-X; 2 RAMPAS MÓVILES Y TERMINAL DE RECEPCIÓN DE PASAJEROS DE 7500M2.

FUENTES DE DATOS:

<http://www.puertosdetenerife.org/sites/Memorias/Memoria2013/8/8-cruises-en.html>

Nº 47 PAÍS: DUBAI**PUERTO: PORT RASHID****TIPO DE TERMINAL: CRUCEROS****LATITUD: 25.27º N****LONGITUD: 55.28º E****VOLUMEN ANUAL: 650.000 PAX.****TASA DE CRECIMIENTO: 5%****CAPACIDAD: 800.000 PAX.****INFRAESTRUCUTURA DE LA TERMINAL:**

DIQUE: % ASIGNACIÓN: 25; FRANCOBORDO: 6M; ALTURA TOTAL: 21M; ANCHURA CORONACIÓN: 15M; TALUD (H/V): 3/2; LONGITUD: 2750M.

MUELLE: FRANCOBORDO: 1.5M; ALTURA TOTAL: 13.5M; LONGITUD: 1750M; ANCHO: 30M

EQUIPAMIENTO DE LA TERMINAL:

8 PUNTOS DE CONTROL RAYOS-X; 8 RAMPAS MÓVILES Y TERMINAL DE RECEPCIÓN DE PASAJEROS DE 10000M2.

FUENTES DE DATOS:

<http://dubaicruiseterminal.com/>

ANEJO 3: HOJAS DE RESULTADOS.

Se muestran a continuación dos hojas de resultados de dos de las terminales analizadas.

Se trata de la Terminal de Contenedores Cuenca del Plata en Montevideo (Uruguay) y la Terminal de Contenedores del Puerto de Toamasina en Madagascar.

IFC Climate Risk Management: Ports and Water transport Screening Tool
Results: Financial direct risk assessment

Container - Standard
MONTEVIDEO CONTAINER TERMINAL
 Year 2017

FINANCIAL ASSESSMENT, DIRECT RISK - TERMINAL 1

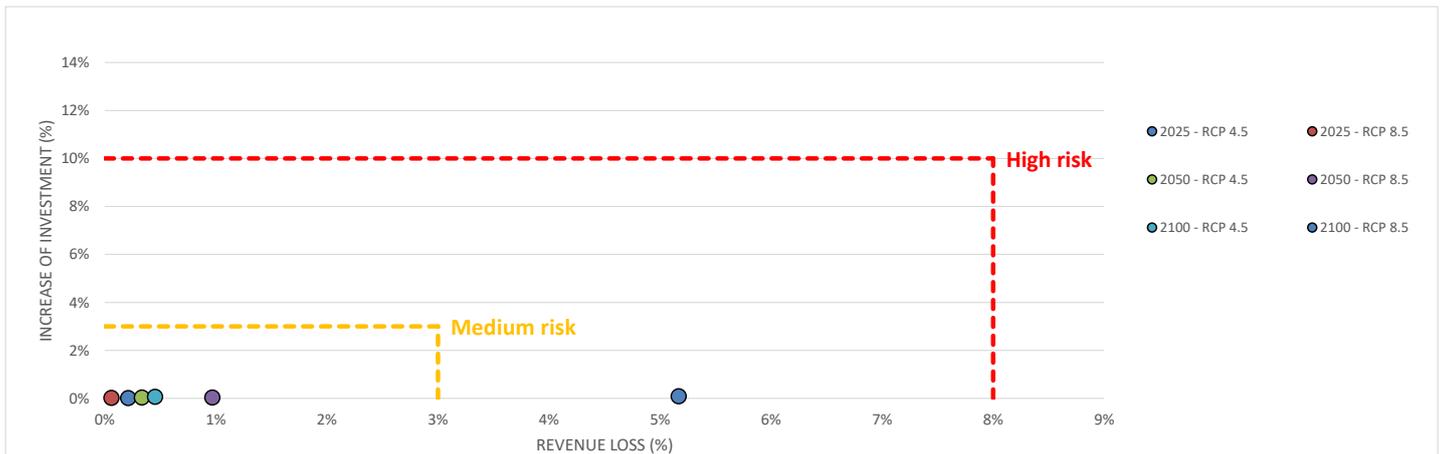
Initial investment (in 2016 USD)	177 M USD
First year revenue (in 2016 USD)	93 M USD

	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Planned revenue (without the impacts of climate change)	744 M USD	744 M USD	3888 M USD	3888 M USD	10175 M USD	10175 M USD
Planned insurance cost (accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, without the impacts of climate change)	14 M USD	14 M USD	58 M USD	58 M USD	147 M USD	147 M USD
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.02 M USD	0.02 M USD	0.05 M USD	0.06 M USD	0.11 M USD	0.14 M USD
Monetary losses (Accumulated M USD-2016)	1.56 M USD	0.43 M USD	12.97 M USD	37.63 M USD	45.88 M USD	525.87 M USD
Expected revenue (accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	742 M USD	744 M USD	3875 M USD	3850 M USD	10129 M USD	9649 M USD

Additional investment (%) (As percentage of increase over initial investment)	0.01%	0.01%	0.03%	0.03%	0.06%	0.08%
Monetary losses (%) (As percentage of increase over expected revenue)	0.21%	0.06%	0.33%	0.97%	0.45%	5.17%

RISK ASSESSMENT	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Additional investment	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK
Monetary losses	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	MEDIUM RISK
Combined risk assessment	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	MEDIUM RISK
Investment year	2017	2018	2019	2017	2024	2017

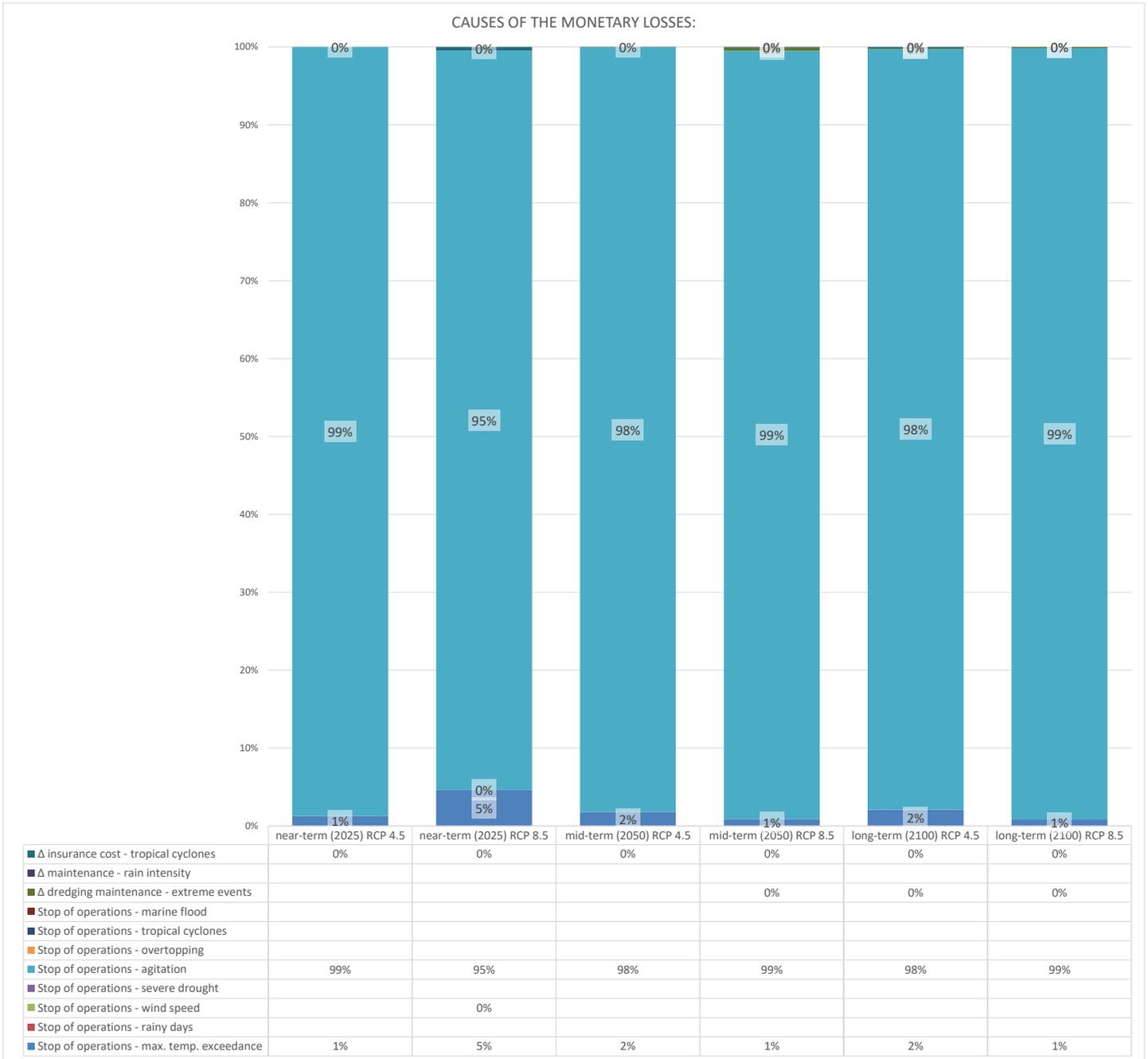
GRAPHIC ASSESSMENT:



DETAILED RESULTS

	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Stop of operations due to the increase of max. temp. exceedance						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	0.02 M USD	0.02 M USD	0.23 M USD	0.34 M USD	0.97 M USD	4.43 M USD
Percentage over expected revenue	1%	5%	2%	1%	2%	1%
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	0.07	0.07	0.68	1.00	2.82	12.85
Stop of operations due to the increase of rainy days						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of operations due to the increase of wind speed						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	Improvement in climate conditions	0.00 M USD	Improvement in climate conditions			
Percentage over expected revenue	-	0%	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	0.00	-	-	-	-
Stop of operations due to the increase of severe drought						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of due to the increase of agitation						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	1.54 M USD	0.41 M USD	12.73 M USD	37.11 M USD	44.80 M USD	520.76 M USD
Percentage over expected revenue	99%	95%	98%	99%	98%	99%
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	2.80	0.75	20.11	58.62	70.76	822.58
Stop of due to the increase of overtopping						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of operations due to the increase of tropical cyclones						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of operations due to marine flood caused by Sea Level Rise						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Increase on maintenance due to the increase of rain intensity						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	Improvement in climate conditions	-	Improvement in climate conditions	0.16 M USD	0.06 M USD	0.68 M USD
Percentage over expected revenue	-	-	-	0%	0%	0%
Increase of dredging maintenance due to the increase of extreme events						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Increase on insurance cost (due to tropical cyclones)						
Monetary losses (Accumulated M USD-2016)	0.00 M USD	0.00 M USD	0.01 M USD	0.02 M USD	0.06 M USD	0.00 M USD
Percentage over expected revenue	0%	0%	0%	0%	0%	0%

CAUSES OF THE MONETARY LOSSES:



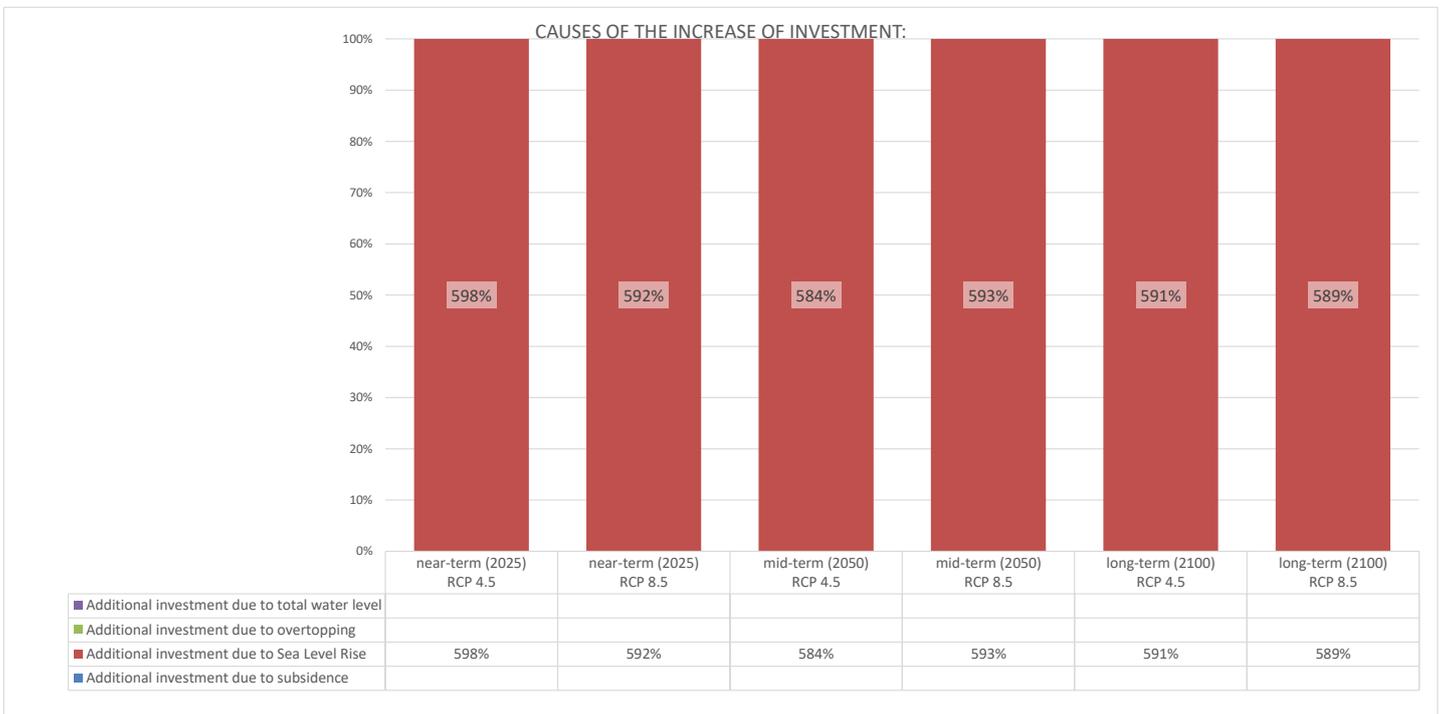
INCREASE ON MAINTENANCE

ASSET - INVESTMENT - DRIVER	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5

Pavement on yard - Cast concrete - 9.82 M \$ (Increase on maintenance of pavement due to the increase of rain intensity Maintenance strategy on 2025: Repair Maintenance strategy on 2050: Repair Maintenance strategy on 2100: Repair) 0.055

	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
INCREASE OF INVESTMENT (Accumulated M USD-2016)						
Additional investment due to subsidence						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD
Percentage over initial investment	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Additional investment due to Sea Level Rise						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.13 M USD	0.14 M USD	0.30 M USD	0.34 M USD	0.62 M USD	0.85 M USD
Percentage over initial investment	598%	592%	584%	593%	591%	589%
Additional investment due to overtopping						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD
Percentage over initial investment	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Additional investment due to total water level						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD
Percentage over initial investment	0%	0%	0%	0%	0%	0%

CAUSES OF THE INCREASE OF INVESTMENT:



INCREASE OF INVESTMENT

ASSET - INVESTMENT - DRIVER	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Berth - Open Quay - 53.87 M \$ (SLR and subsidence)	0.022	0.024	0.051	0.059	0.106	0.144
Breakwater - Rubble - 14.17 M \$ (SLR and subsidence)	0.104	0.118	0.247	0.285	0.515	0.703

ENTERED DATA FOR TERMINAL 1**GENERAL DATA**

Title:	MONTEVIDEO CONTAINER TERMINAL
Project date:	2017
Project description:	TEST DE LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE MONTEVIDEO, URUGUAY
Author / Company:	ALBERTO_SANCHEZ_IH
Sector:	Ports
Country:	Uruguay
Location:	Latitude -34.926823 Longitude -56.228996
Analyzed terminals:	Terminal 1 Container - Standard

TERMINAL 1 - TYPE Container - Standard

Terminal type:	Container - Standard	
Is cargo sensitive to the rain?:	No	
Is a new terminal?:	No	
Is the terminal vulnerable to overtopping?:	No	
Total initial investment	176.91	M USD
Annual cargo volume:	813,537	TEU
Revenue per cargo unit:	114.31	USD/TEU
Estimated annual revenue:		M USD
Max capacity:	1,100,000	TEU
Annual Growth:	2.00	%

LIST OF ASSETS CONSIDERED

Breakwater - Rubble - 25% - 10 m - 24 m - 10 m - 2 H/V - 760 m
 Berth - Open Quay - 1 U - 1.5 m - 15.5 m - 638 m - 30 m
 Pavement on yard - Cast concrete - 1 U - .1 M USD - 300000 m2

ANNEX: CALCULATIONS TO OBTAIN INCREASE OF INVESTMENT AND ANNUAL COSTS

CALCULATIONS TO INCREASE THE INVESTMENT

BREAKWATER

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The increase of investment in the breakwater is considered to be due to the increase of the freeboard required to maintain the operational design standards. The driver of climate change is sea level rise while the impact is the loss of operation hours, converted into the consequence of increasing the freeboard. The design parameter to evaluate the impact of the driver is the freeboard increase required to avoid loss of operability due to sea level rise.

$$\Delta \text{Freeboard}_{\text{Breakwater}} = \text{SLR}$$

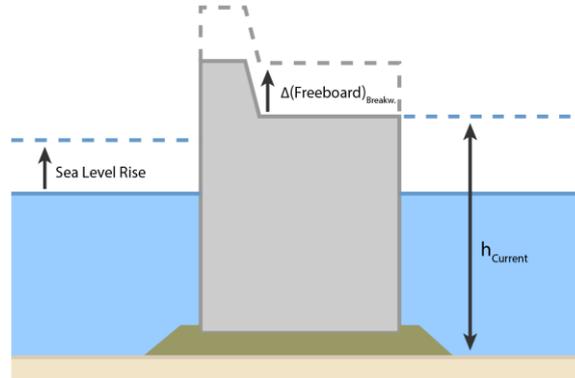
Two breakwater types are considered: a sloping breakwater and a vertical breakwater. This impact on the asset is not considered in the case of the marine transport sector, or if the user does not want to analyze the sea's influence on the port.

VALUE PARAMETER: COST OF CONSTRUCTION

It is assumed that the user is aware of the construction costs. Otherwise, the ST provides a default value.

- For vertical breakwaters:

The investment cost is evaluated proportionally to the current total height of the breakwater and the required increase of the freeboard. This cost can be shared by different parts in a port.



- For sloping breakwaters:

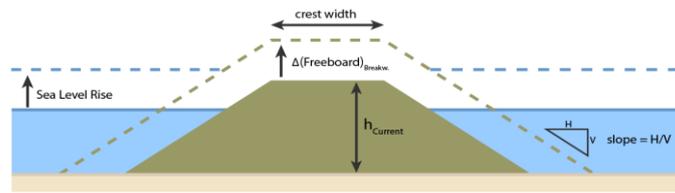
The investment cost is evaluated proportionally to the current cross-section of the breakwater and the refitted cross-section due to the required increase of the freeboard. The breakwater section is considered to be a symmetrical trapezoid. This cost can be shared by different parts in a port.

$$\Delta \text{COST}_{\text{Invest}} = \text{COST}_{\text{Construct}} \frac{2 \cdot \text{slope} \cdot h_{\text{Current}} + \text{slope} \cdot \Delta \text{Freeboard} \cdot \text{crest width}}{\text{slope} \cdot h_{\text{Current}} + \text{crest width}} \cdot \frac{\Delta \text{Freeboard}}{h_{\text{Current}}}$$

DOLPHINS

Analysis of dolphins is analogous to that of the breakwater, where the increase in sea level is equal to the increase of the freeboard considered.

This impact on the asset is not included for the water transport sector, or if the user does not want to analyze the sea's influence on the port.



BERTH

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is sea level rise. The impact parameter is the required freeboard increase due to the sea level rise:

$$\Delta \text{Freeboard}_{\text{Berth}} = \text{Sea Level Rise}$$

Berths may have height restrictions, for instance due to the crane gauge. Sea level rise could increase those height restrictions, effectively reducing the usable berth height. Moreover, depth could increase, which would mean dredging restrictions could decrease. These consequences are considered to be indirect effects and are evaluated as reductions in port attractiveness by the ST.

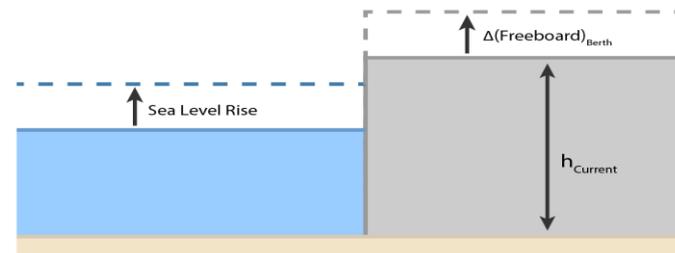
This impact on the asset is not considered for the water transport sector, or if the user does not want to analyze the sea's influence on the port.

VALUE PARAMETER: COST OF CONSTRUCTION

It is assumed that the user is aware of the construction costs. Otherwise the program will provide a default value.

Construction costs include:

- Cost of crane rails.
- Cost of fenders.
- Cost of streetlight illumination.



$$\Delta \text{COST}_{\text{Investment}} = \text{COST}_{\text{On construction}} \Delta \text{Freeboard Current total height}$$

CALCULATIONS FOR INCREASED ANNUAL COSTS

PAVEMENT ON YARD

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity following a linear relationship. To differentiate between maintenance and replacement, a threshold value is proposed, based on expert judgment:

Yard maintenance and drainage cleaning.

$$\Delta P_{25} < .5 P_{25}$$

Yard replacement:

$$0.5 P_{25} < \Delta P_{25} < 3 P_{25}$$

Yard and drainage replacement.

$$3 P_{25} < \Delta P_{25}$$

$P_{25} \equiv$ Maximum precipitation in 24 hours for a return period of 25 years

RAIL TRAIN

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity following a linear relationship.

ROADS

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity following a linear relationship. To differentiate between maintenance and replacement, a threshold value is proposed. As an example, for the road pavement:

Yard maintenance and drainage cleaning.

$$\Delta P_{25} < .5 P_{25}$$

Yard replacement:

$$0.5 P_{25} < \Delta P_{25} < 3 P_{25}$$

Yard and drainage replacement.

$$3 P_{25} < \Delta P_{25}$$

$P_{25} \equiv$ Maximum precipitation in 24 hours for a return period of 25 years

WATER DRAINAGE SYSTEM

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity).

$$\Delta \text{Maintenance Cost} = \Delta P_{25}$$

$P_{25} \equiv$ Maximum precipitation in 24 hours for a return period of 25 years

APPROACH CHANNEL

Erosion and sedimentation are local effects that cannot be considered by this global tool. A local study of the port would be required to evaluate operational losses or an increase of investment for the approach channel. For approach channels in deltas, rivers and inland waters, an increase of precipitation intensity is correlated to an increase in dredging maintenance.

Height restrictions may exist at the approach channel. Sea level rise could increase those restrictions. Additionally, depth could increase due to sea level rise, which would mean dredging restrictions could decrease. These consequences are considered to be indirect effects, and are evaluated as reductions in port attractiveness by the ST.

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver is considered to be extreme events (TC), which are characterized for tropical areas. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the annual probability of being hit by extreme events in tropical areas. Based on expert judgment, the maintenance cost is proposed as:

$$Cost_{maintenance} = Cost_{dredging} \cdot \sum_{cat=1}^5 hap_{cat}$$

IFC Climate Risk Management: Ports and Water transport Screening Tool
Results: Financial direct risk assessment

Container - Standard
TOAMASINA TEST

Year 2017

FINANCIAL ASSESSMENT, DIRECT RISK - TERMINAL 1

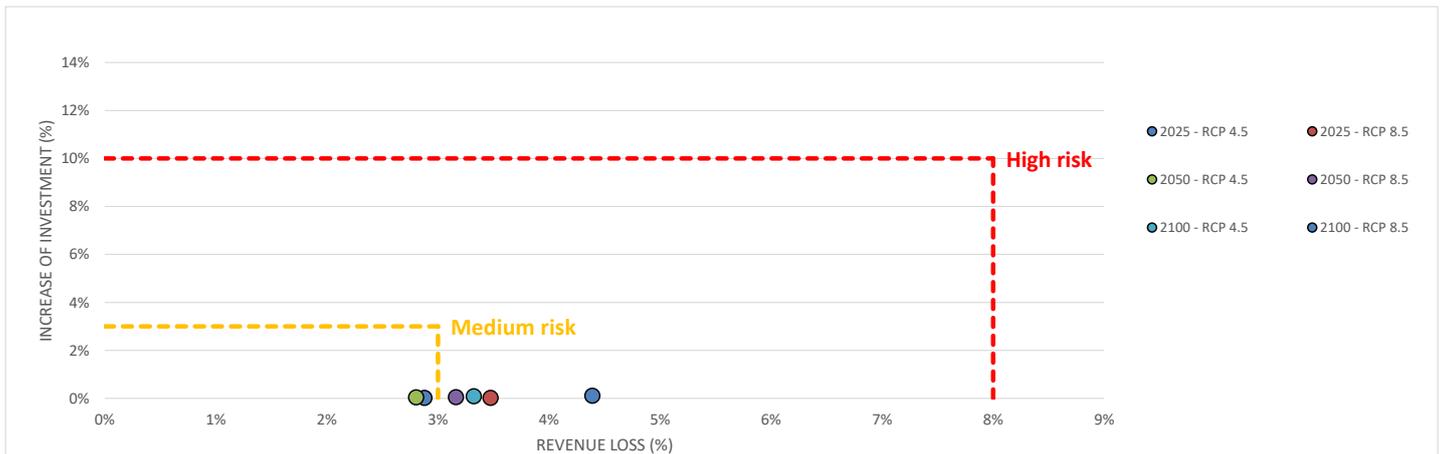
Initial investment (in 2016 USD)	90 M USD
First year revenue (in 2016 USD)	18 M USD

	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Planned revenue (without the impacts of climate change)	153 M USD	153 M USD	633 M USD	633 M USD	1593 M USD	1593 M USD
Planned insurance cost (accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, without the impacts of climate change)	7 M USD	7 M USD	30 M USD	30 M USD	75 M USD	75 M USD
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.01 M USD	0.02 M USD	0.04 M USD	0.04 M USD	0.07 M USD	0.10 M USD
Monetary losses (Accumulated M USD-2016)	4.40 M USD	5.31 M USD	17.74 M USD	20.01 M USD	52.93 M USD	69.94 M USD
Expected revenue (accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	149 M USD	148 M USD	615 M USD	613 M USD	1540 M USD	1523 M USD

Additional investment (%) (As percentage of increase over initial investment)	0.02%	0.02%	0.04%	0.04%	0.08%	0.11%
Monetary losses (%) (As percentage of increase over expected revenue)	2.88%	3.47%	2.80%	3.16%	3.32%	4.39%

RISK ASSESSMENT	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Additional investment	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK	LOW RISK
Monetary losses	LOW RISK	MEDIUM RISK	LOW RISK	MEDIUM RISK	MEDIUM RISK	MEDIUM RISK
Combined risk assessment	LOW RISK	MEDIUM RISK	LOW RISK	MEDIUM RISK	MEDIUM RISK	MEDIUM RISK
Investment year	2020	2018	2028	2028	2069	2049

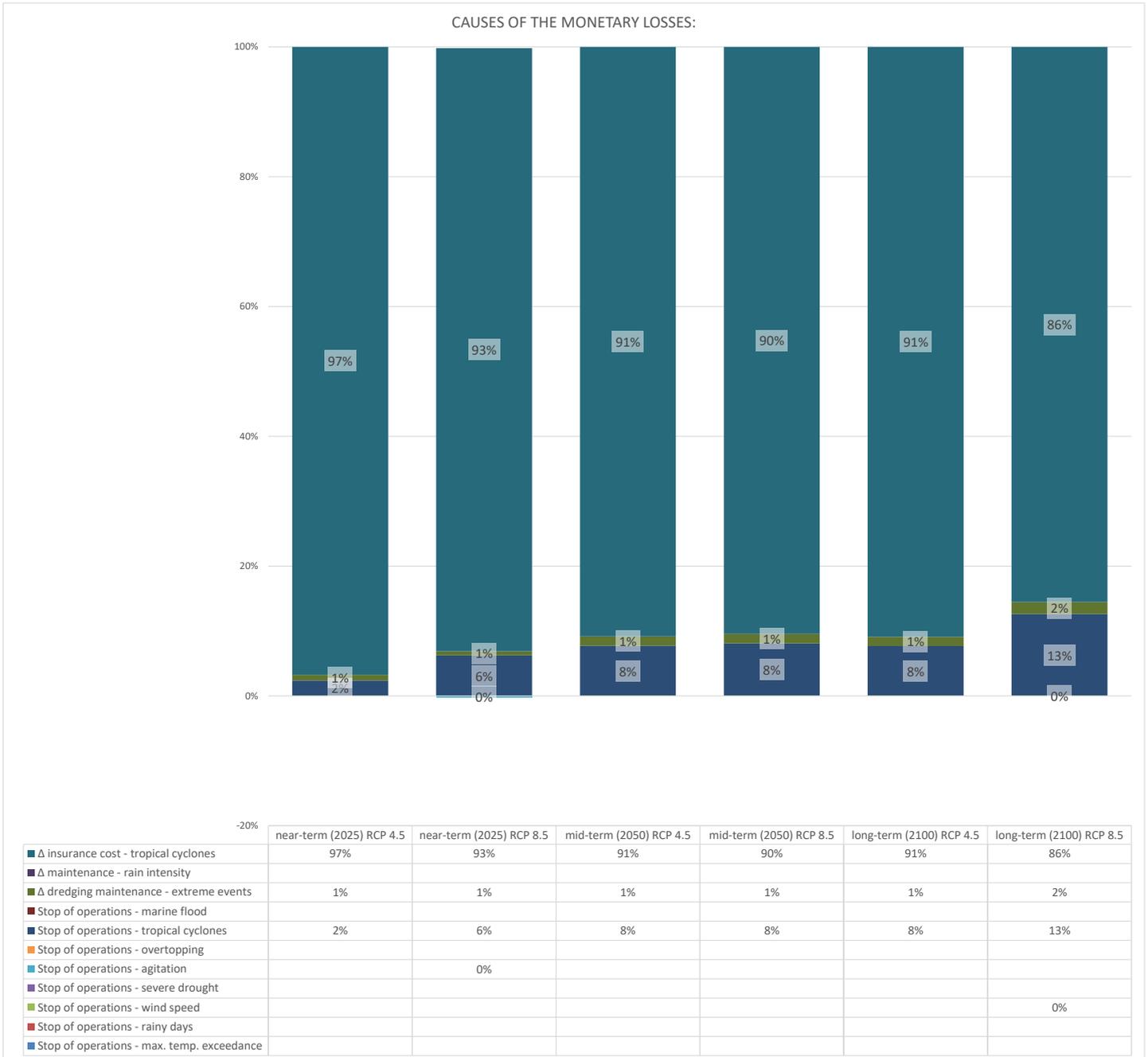
GRAPHIC ASSESSMENT:



DETAILED RESULTS

	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Stop of operations due to the increase of max. temp. exceedance						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of operations due to the increase of rainy days						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of operations due to the increase of wind speed						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	Improvement in climate conditions	0.00 M USD				
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	0%
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	0.01
Stop of operations due to the increase of severe drought						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of due to the increase of agitation						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	Improvement in climate conditions	-0.01 M USD	Improvement in climate conditions			
Percentage over expected revenue	-	0%	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	15.85	-	-	-	-
Stop of due to the increase of overtopping						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Stop of operations due to the increase of tropical cyclones						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	0.11 M USD	0.33 M USD	1.37 M USD	1.62 M USD	4.07 M USD	8.83 M USD
Percentage over expected revenue	2%	6%	8%	8%	8%	13%
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	188.34	192.11	792.47	796.54	2,003.41	2,082.31
Stop of operations due to marine flood caused by Sea Level Rise						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Days (Accumulated for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Increase on maintenance due to the increase of rain intensity						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	0.04 M USD	0.04 M USD	0.26 M USD	0.30 M USD	0.76 M USD	1.29 M USD
Percentage over expected revenue	1%	1%	1%	1%	1%	2%
Increase of dredging maintenance due to the increase of extreme events						
Monetary losses (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year)	-	-	-	-	-	-
Percentage over expected revenue	-	-	-	-	-	-
Increase on insurance cost (due to tropical cyclones)						
Monetary losses (Accumulated M USD-2016)	4.26 M USD	4.95 M USD	16.11 M USD	18.10 M USD	48.10 M USD	59.82 M USD
Percentage over expected revenue	97%	93%	91%	90%	91%	86%

CAUSES OF THE MONETARY LOSSES:

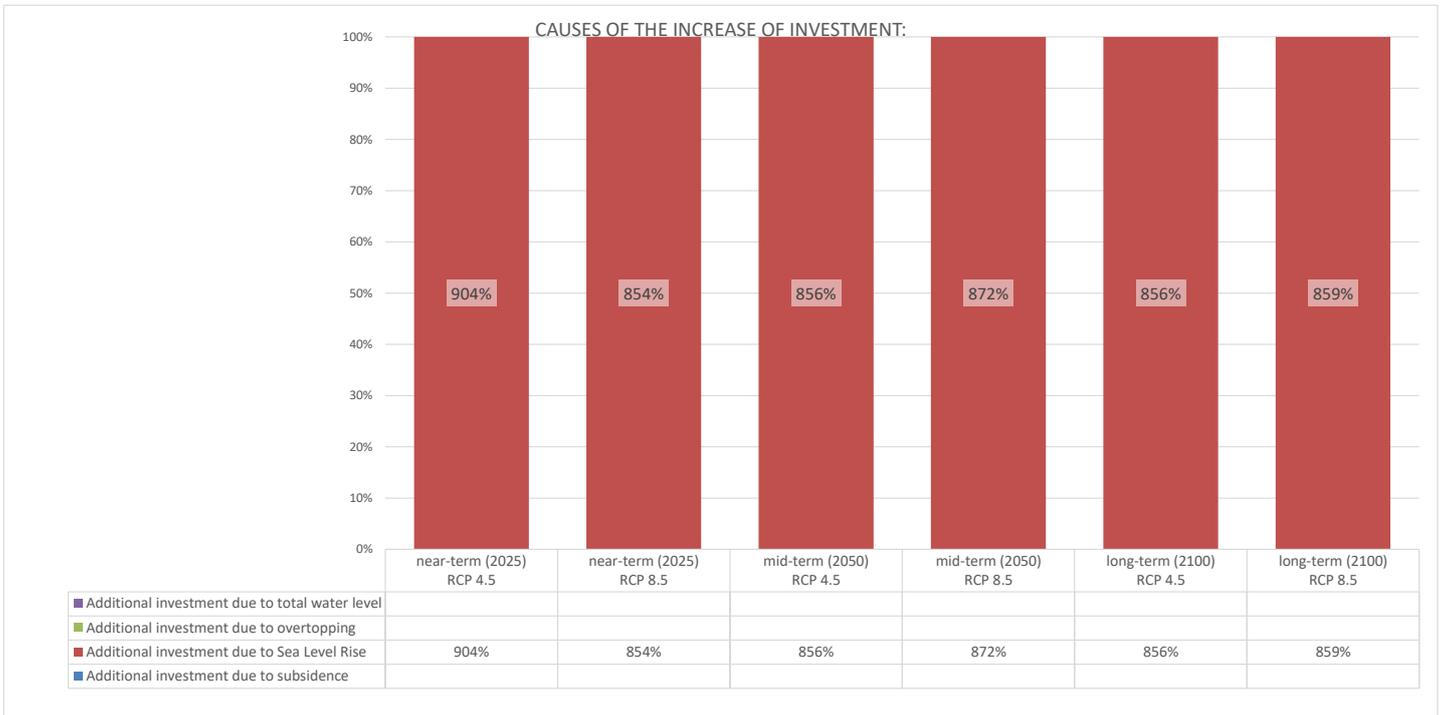


INCREASE ON MAINTENANCE

ASSET - INVESTMENT - DRIVER	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Pavement on yard - Cast concrete - 2.44 M \$ (Increase on maintenance of pavement due to the increase of rain intensityMaintenance strategy on 2025: RepairMaintenance strategy on 2025: RepairMaintenance strategy on 2050: RepairMaintenance strategy on 2050: RepairMaintenance strategy on 2100: RepairMaintenance strategy on 2100: Repair)	0.038	0.259	0.76			

	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
INCREASE OF INVESTMENT (Accumulated M USD-2016)						
Additional investment due to subsidence						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD
Percentage over initial investment	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Additional investment due to Sea Level Rise						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.13 M USD	0.14 M USD	0.30 M USD	0.33 M USD	0.63 M USD	0.82 M USD
Percentage over initial investment	904%	854%	856%	872%	856%	859%
Additional investment due to overtopping						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD
Percentage over initial investment	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Additional investment due to total water level						
Additional investment (Accumulated, in 2016 USD, for the period between the project and the scenario year, due to the impacts of climate change)	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD	0.00 M USD
Percentage over initial investment	0%	0%	0%	0%	0%	0%

CAUSES OF THE INCREASE OF INVESTMENT:



INCREASE OF INVESTMENT

ASSET - INVESTMENT - DRIVER	SCENARIO					
	near-term (2025)		mid-term (2050)		long-term (2100)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Berth - Open Quay - 34.66 M \$ (SLR and subsidence)	0.015	0.016	0.035	0.039	0.073	0.095
Breakwater - Rubble - 14.34 M \$ (SLR and subsidence)	0.112	0.121	0.264	0.292	0.552	0.72

ENTERED DATA FOR TERMINAL 1**GENERAL DATA**

Title:	TOAMASINA TEST
Project date:	2017
Project description:	TEST DE LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE TOAMASINA, MADAGASCAR
Author / Company:	ALBERTO_SANCHEZ_IH
Sector:	Ports
Country:	Madagascar
Location:	Latitude -18.15802 Longitude 49.452539
Analyzed terminals:	Terminal 1 Container - Standard

TERMINAL 1 - TYPE Container - Standard

Terminal type:	Container - Standard	
Is cargo sensitive to the rain?:	No	
Is a new terminal?:	No	
Is the terminal vulnerable to overtopping?:	No	
Total initial investment	90.37	M USD
Annual cargo volume:	181,810	TEU
Revenue per cargo unit:	97.96	USD/TEU
Estimated annual revenue:		M USD
Max capacity:	196,000	TEU
Annual Growth:	10.00	%

LIST OF ASSETS CONSIDERED

Breakwater - Rubble - 33.33% - 9 m - 24 m - 25 m - 1.5 H/V - 640 m
 Berth - Open Quay - 1 U - 1.5 m - 16.5 m - 450 m - 30 m
 Pavement on yard - Cast concrete - 1 U - .1 M USD - 87000 m2

ANNEX: CALCULATIONS TO OBTAIN INCREASE OF INVESTMENT AND ANNUAL COSTS

CALCULATIONS TO INCREASE THE INVESTMENT

BREAKWATER

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The increase of investment in the breakwater is considered to be due to the increase of the freeboard required to maintain the operational design standards. The driver of climate change is sea level rise while the impact is the loss of operation hours, converted into the consequence of increasing the freeboard. The design parameter to evaluate the impact of the driver is the freeboard increase required to avoid loss of operability due to sea level rise.

$$\Delta \text{Freeboard}_{\text{Breakwater}} = \text{SLR}$$

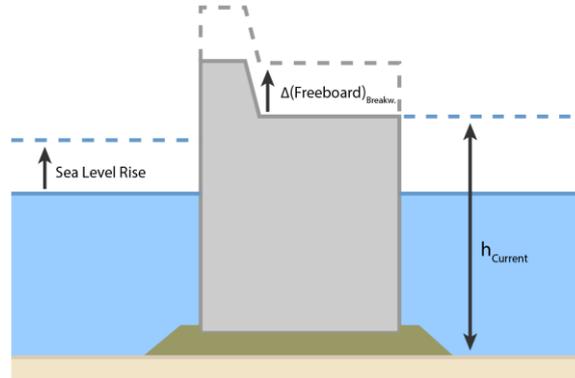
Two breakwater types are considered: a sloping breakwater and a vertical breakwater. This impact on the asset is not considered in the case of the marine transport sector, or if the user does not want to analyze the sea's influence on the port.

VALUE PARAMETER: COST OF CONSTRUCTION

It is assumed that the user is aware of the construction costs. Otherwise, the ST provides a default value.

- For vertical breakwaters:

The investment cost is evaluated proportionally to the current total height of the breakwater and the required increase of the freeboard. This cost can be shared by different parts in a port.



- For sloping breakwaters:

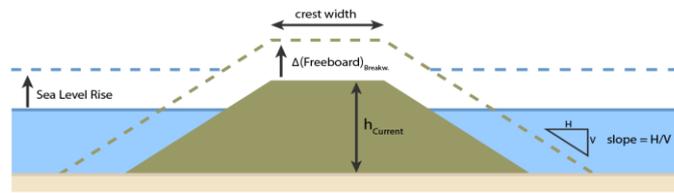
The investment cost is evaluated proportionally to the current cross-section of the breakwater and the refitted cross-section due to the required increase of the freeboard. The breakwater section is considered to be a symmetrical trapezoid. This cost can be shared by different parts in a port.

$$\Delta \text{COST}_{\text{Invest}} = \text{COST}_{\text{Construct}} \frac{2 \cdot \text{slope} \cdot h_{\text{Current}} + \text{slope} \cdot \Delta \text{Freeboard} \cdot \text{crest width}}{\text{slope} \cdot h_{\text{Current}} + \text{crest width}} \cdot \frac{\Delta \text{Freeboard}}{h_{\text{Current}}}$$

DOLPHINS

Analysis of dolphins is analogous to that of the breakwater, where the increase in sea level is equal to the increase of the freeboard considered.

This impact on the asset is not included for the water transport sector, or if the user does not want to analyze the sea's influence on the port.



BERTH

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is sea level rise. The impact parameter is the required freeboard increase due to the sea level rise:

$$\Delta \text{Freeboard}_{\text{Berth}} = \text{Sea Level Rise}$$

Berths may have height restrictions, for instance due to the crane gauge. Sea level rise could increase those height restrictions, effectively reducing the usable berth height. Moreover, depth could increase, which would mean dredging restrictions could decrease. These consequences are considered to be indirect effects and are evaluated as reductions in port attractiveness by the ST.

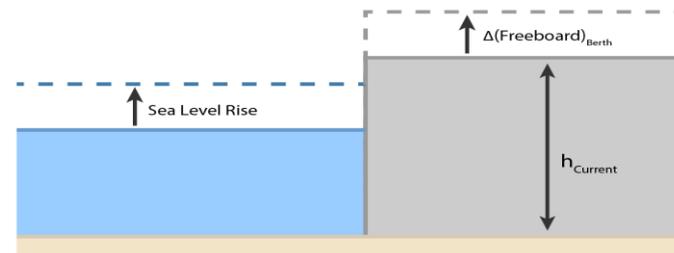
This impact on the asset is not considered for the water transport sector, or if the user does not want to analyze the sea's influence on the port.

VALUE PARAMETER: COST OF CONSTRUCTION

It is assumed that the user is aware of the construction costs. Otherwise the program will provide a default value.

Construction costs include:

- Cost of crane rails.
- Cost of fenders.
- Cost of streetlight illumination.



$$\Delta \text{COST}_{\text{Investment}} = \text{COST}_{\text{On construction}} \Delta \text{Freeboard Current total height}$$

CALCULATIONS FOR INCREASED ANNUAL COSTS

PAVEMENT ON YARD

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity following a linear relationship. To differentiate between maintenance and replacement, a threshold value is proposed, based on expert judgment:

Yard maintenance and drainage cleaning.

$$\Delta P_{25} < .5 P_{25}$$

Yard replacement:

$$0.5 P_{25} < \Delta P_{25} < 3 P_{25}$$

Yard and drainage replacement.

$$3 P_{25} < \Delta P_{25}$$

$P_{25} \equiv$ Maximum precipitation in 24 hours for a return period of 25 years

RAIL TRAIN

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity following a linear relationship.

ROADS

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity following a linear relationship. To differentiate between maintenance and replacement, a threshold value is proposed. As an example, for the road pavement:

Yard maintenance and drainage cleaning.

$$\Delta P_{25} < .5 P_{25}$$

Yard replacement:

$$0.5 P_{25} < \Delta P_{25} < 3 P_{25}$$

Yard and drainage replacement.

$$3 P_{25} < \Delta P_{25}$$

$P_{25} \equiv$ Maximum precipitation in 24 hours for a return period of 25 years

WATER DRAINAGE SYSTEM

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver considered is the precipitation intensity. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the increase of precipitation intensity).

$$\Delta \text{Maintenance Cost} = \Delta P_{25}$$

$P_{25} \equiv$ Maximum precipitation in 24 hours for a return period of 25 years

APPROACH CHANNEL

Erosion and sedimentation are local effects that cannot be considered by this global tool. A local study of the port would be required to evaluate operational losses or an increase of investment for the approach channel. For approach channels in deltas, rivers and inland waters, an increase of precipitation intensity is correlated to an increase in dredging maintenance.

Height restrictions may exist at the approach channel. Sea level rise could increase those restrictions. Additionally, depth could increase due to sea level rise, which would mean dredging restrictions could decrease. These consequences are considered to be indirect effects, and are evaluated as reductions in port attractiveness by the ST.

DRIVER, IMPACT AND IMPACT PARAMETER

The driver is considered to be extreme events (TC), which are characterized for tropical areas. The impact is the maintenance cost increase.

VALUE PARAMETER: MAINTENANCE COST

The value parameter is the annual maintenance cost, considered to be proportional to the annual probability of being hit by extreme events in tropical areas. Based on expert judgment, the maintenance cost is proposed as:

$$Cost_{maintenance} = Cost_{dredging} \cdot \sum_{cat=1}^5 hap_{cat}$$



*Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Caminos, Canales
y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANÁLISIS GLOBAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS EN EL SISTEMA PORTUARIO

GLOBAL ANALYSIS OF CLIMATE RISKS IN THE PORT SYSTEM

RESUMEN / ABSTRACT

Trabajo realizado por:

ALBERTO SÁNCHEZ CLEMENTE

Dirigido:

IÑIGO LOSADA RODRÍGUEZ

CRISTINA IZAGUIRRE LASA

Titulación:

**Máster Universitario
en Ingeniería Costera
y Portuaria**

Santander, octubre de 2017.

TRABAJO FINAL DE MASTER

RESUMEN:

El cambio climático y la variabilidad climática a diferentes escalas temporales son temas relevantes, ampliamente confirmados y documentados, como se muestra en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Las costas y las zonas bajas están muy expuestas al cambio climático futuro, por lo tanto, los activos e infraestructuras que se encuentran en ellas, probablemente se verán afectados por impactos futuros. Los puertos, por estar situados en estas zonas son potencialmente sensibles al cambio climático.

El presente Trabajo Final de Máster (TFM) plantea como objetivo principal la realización de un análisis del riesgo asociado al cambio climático en el sistema portuario a nivel global. Para lograrlo ha sido necesario:

- Selección global de puertos de manera homogénea y representativa.
- Correcta caracterización de las terminales.
- Uso y validación de una herramienta que permita cuantificar el riesgo climático en los puertos.

La metodología de riesgo aplicada en este estudio es la utilizada por el IPCC en la que el riesgo se define mediante la integración de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

$$\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$

La herramienta empleada para el análisis integra la anterior metodología de cálculo del riesgo en las terminales seleccionadas. Esta herramienta ha sido diseñada y creada por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) dentro del marco del proyecto “Climate Risk Management: Ports and Water Transport” desarrollado para International Finance Corporation (WB).

El riesgo debido al cambio climático se obtendrá en términos de consecuencias financieras en base a dos indicadores del riesgo: Pérdidas monetarias e Inversión Adicional. Los escenarios analizados son los mostrados en esta tabla.

ESCENARIOS	MEDIO PLAZO (2050)	LARGO PLAZO (2100)
RCP	4.5	4.5
	8.5	8.5

Una vez obtenidos los resultados por medio de la herramienta se hará un análisis de los mismos en base a la situación geográfica, la categoría de riesgo y el tipo de terminal.

Finalmente se analizan los resultados extrayendo una serie de conclusiones acerca de los mismos y sobre el uso de la herramienta de análisis, planteándose medidas a considerar para aumentar la fiabilidad de los resultados.

Palabras clave: IPCC, riesgo, peligrosidad, exposición, vulnerabilidad, sistema portuario, activo, adaptación, driver climático, impacto, RCP y Aumento del Nivel del Mar.

ABSTRACT:

Climate change and climate variability at different time scales are relevant, widely confirmed and documented issues, as shown in the Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The coasts and low-lands are very exposed to future climate change, therefore, the assets and infrastructures that are in them will probably be affected by future impacts. The ports, being located in these areas are potentially sensitive to climate change.

The present Master Final Work (TFM) has as main objective the realization of a global risk analysis associated with climate change in the port system. To achieve this has been necessary:

- Global port selection in a homogeneous and representative way.
- Correct characterization of the terminals.
- Use and validation of a tool to quantify the climatic risk in ports.

The risk methodology applied in this study is the one used by the IPCC in which risk is defined by the integration of hazard, exposure and vulnerability.

$$\text{Risk} = \text{Hazard} * \text{Exposure} * \text{Vulnerability}$$

The tool used for the analysis integrates the previous methodology to calculate the risk in the selected terminals. This tool was designed and created by the Environmental Hydraulics Institute of Cantabria (IH Cantabria) within the framework of the project "Climate Risk Management: Ports and Water Transport" developed for International Finance Corporation (WB).

The risk due to climate change will be obtained in terms of financial consequences based on two risk indicators: Monetary losses and Additional Investment. The scenarios analyzed are shown in this table.

SCENARIOS	MID TERM (2050)	LONG TERM (2100)
RCP	4.5	4.5
	8.5	8.5

Once the results are obtained by means of the tool, an analysis will be made based on the geographical location, risk category and type of terminal.

Finally, the results are analyzed by extracting a series of conclusions about them and about the use of the analysis tool, considering measures to be taken to increase the reliability of the results.

Keywords: IPCC, risk, hazard, exposure, vulnerability, port system, asset, adaptation, climate driver, impact, RCP and Sea Level Rise (SLR).