

ROM 2.0-08

CON RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO Y EJECUCIÓN EN OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE

CRITERIOS GENERALES Y FACTORES DE PROYECTO

CAPÍTULO 4.

DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS O SITUACIONES DE PROYECTO (HASTA EL APARTADO 4.6.4.3)

*(APROBADO EN SU REUNIÓN DE 11 DE JUNIO DEL 2008, POR LA COMISIÓN REDACTORA,
SÓLO COMO UN ANTICIPO PARCIAL A SIGUIENTE VERSIÓN ACTUALIZADA: ROM 2.0-11)*



**LAS VERSIONES PREDEFINITIVAS CON RESPECTO A LOS
CAPÍTULOS PREVIOS DE LA “ROM 2.0. - RECOMENDACIONES
PARA EL PROYECTO Y EJECUCIÓN EN OBRAS DE ATRAQUE Y
AMARRE. - Criterios generales y Factores del proyecto”**

[- 2. TIPOS Y FUNCIONES EN OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE

y

- 3. CRITERIOS DE PROYECTO]

**HAN SIDO APROBADAS POR LA COMISIÓN REDACTORA EN
JULIO DE 2006, ESTANDO PUBLICADAS EN LA “E /ROM - 02”:
PUEDEN DESCARGARSE LIBREMENTE DESDE LA SECCIÓN
DEDICADA AL ‘PROGRAMA ROM’ EN LA PÁGINA WEB DE
PUERTOS DEL ESTADO (www.puertos.es)**

**En el momento en que cada uno de los Capítulos de las “ROM 2.0.”
son aprobados por la Comisión Redactora, se ha considerado conve-
niente su publicación y difusión general para que puedan aplicarse
con carácter inmediato en vistas a una doble finalidad.**

**El primer objetivo es favorecer y facilitar la implantación práctica de
procesos metodológicos para el proyecto y ejecución de obras de atra-
que y amarre basados en la valoración y verificación de los niveles
adecuados de seguridad y operatividad de las mismas en cada momen-
to y en las consecuencias que de ello se derivan para la optimización
económica de las obras, en desarrollo de lo dispuesto por el procedi-
miento general y bases de cálculo para el proyecto de obras marítimas
y portuarias incluido en la nueva generación de Recomendaciones del
‘Programa ROM’ a partir de la “ROM 0.0”.**

**El segundo objetivo es proceder a la urgente actualización de datos in-
cluidos con las “Recomendaciones” actualmente vigentes, en algunos
casos completamente desfasados o superados por los avances tecnoló-
gicos que se han producido en los últimos 20 años para el conocimien-
to general y en particular sobre los buques, equipos para manipula-
ción de mercancías así como criterios y prácticas de la explotación
portuaria. El Capítulo 4. para esta “ROM 2.0.” actualiza en particular
las tablas de acciones incluidas por “ROM 0.2-90”.**

**Con el objeto de favorecer su aplicación práctica correcta, así como
perfeccionar los textos aprobados por la Comisión redactora, solici-
tamos a los usuarios nos comuniquen cuantas dudas y reflexiones de
aplicación se les presenten y los resultados obtenidos a través de la Se-
cretaría del ‘Programa ROM’ en la dirección de correo electrónico
(programarom@puertos.es)**

PRESENTACIÓN

Tal como se señaló en la presentación de la publicación EROM 01, esta nueva etapa del Foro EROM se abría también a la publicación de capítulos de documentos ROM en fase de elaboración una vez consensuados en el seno de la correspondiente Comisión redactora, previamente a la aprobación definitiva y completa de la Recomendación de la que forman parte. Esta iniciativa se justificaba con el objetivo de dar a conocer al sector portuario lo antes posible los trabajos consolidados, favoreciendo un más amplio debate público, así como de avanzar su aplicación práctica, con el fin último de poder alcanzar documentos definitivos (para más Recomendaciones de Obras Marítimas y Portuarias) de la máxima calidad técnica, más completos, más contrastados y, por tanto, más representativos.

De esta forma se ha acordado que la publicación EROM 02 incluya completos, por su gran interés, el Capítulo 2 de la ROM 1.1. (*Recomendaciones para el proyecto y construcción de obras de abrigo*) y los Capítulos 2 y 3 de la ROM 2.1. (*Recomendaciones para el proyecto y construcción de obras de atraque*), cuya discusión y aprobación predefinitiva ha tenido lugar por la Comisión redactora en el mes de julio de 2006.

Estas dos Recomendaciones tienen en este momento asignada la máxima prioridad de elaboración por parte de Puertos del Estado, ya que se considera que este tipo de obras son las más importantes y específicas de las obras portuarias, representando conjuntamente más del 80 % del total de inversiones portuarias de los últimos años.

Además, una vez iniciada la nueva etapa del Programa ROM con la publicación de la ROM 0.0 (*Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias*), se ha considerado que, tras la actualización de la ROM 0.5-05 (*Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias*) en consonancia con la citada Recomendación, ya publicada recientemente, era muy conveniente y prioritario desarrollar conjuntamente las Recomendaciones sobre obras de abrigo y atraque con el objeto de profundizar en la clarificación de contenidos y facilitar a los usuarios la comprensión y aplicación práctica de los procedimientos metodológicos y requerimientos de seguridad, aptitud para el servicio y operatividad incluidos en la ROM 0.0. a las más relevantes infraestructuras portuarias.

A su vez, para favorecer los objetivos perseguidos, se ha acordado también hacer confluir en las citadas dos Recomendaciones, contenidos de otras ROM en fase de elaboración o actualización, con el objeto de conseguir dos

textos completos y autosuficientes que contemplen en su totalidad todo el proceso asociado al proyecto y construcción tanto de las obras de abrigo como de las obras de atraque. Para ello ha sido imprescindible unificar en una única Comisión redactora las Comisiones nombradas para elaborar o actualizar dichos documentos ROM, con el objetivo de no duplicar en esta etapa las discusiones interpretativas, asegurando la máxima coordinación de criterios y contenidos. Los miembros de la citada Comisión unificada han sido los siguientes:

Dirección del Programa ROM:

José Llorca Ortega, *Puertos del Estado*

Ponentes:

de la **ROM 1.1:** Miguel Ángel Losada Rodríguez, *Universidad de Granada*

de la **ROM 2.1:** José Manuel González Herrero, *IBERINSA*

Expertos participantes en ambas Comisiones Técnicas redactoras:

Sergi Ametller Malfaz, *SENER*

Manuel Arana Burgos, *Puertos del Estado*

José M^a Berenguer Pérez, *BERENGUER INGENIEROS*

Antonio Berruete Navarro, *INTECSA*

Pedro Canalejo Rodríguez, *ALATEC*

Alfredo Carrasco Jiménez, *Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras*

Juan Carlos Carretero Albiach, *Puertos del Estado*

Beatriz Colunga Fidalgo, *Autoridad Portuaria de Vigo*

J. Luis Díaz Rato, *Autoridad Portuaria de Gijón*

Javier Escartín García, *PROINTEC*

Francisco Esteban Lefler, *FCC*

Enrique de Faragó Botella, *PROES*

Jorge Flores Guillén, *KV CONSULTORES*

Xavier Gesé Aperte, *Puertos del Estado*

Gonzalo Gómez Barquín, *Puertos del Estado*

Miguel Ángel Gómez Caldito, *ALATEC*

Marta Gómez Lahoz, *Puertos del Estado*

Gregorio Gómez Pina, *Dirección Gral. de Costas en Ministerio del Medio Ambiente*

Braulio González Madrigal [† 2.003], *CEPYC-CEDEX del Ministerio de Fomento*

José María Grassa Garrido, *CEDEX*

Juan Ignacio Grau Albert, *Puertos del Estado*

José Manuel Guinea Pérez, *NECSO*

Ana de Lope Carvajal, *Puertos del Estado*

Cristina López Arias, *Autoridad Portuaria de Avilés*

Enrique Maciñeira Alonso, *Autoridad Portuaria de Coruña*

María Luisa Magallanes Fernández, *IBERINSA*

Javier Martín Santodomingo, *Puertos del Estado*

Josep Ramon Medina Folgado, *Universidad Politécnica de Valencia*

Mario de Miguel Riestra, *Autoridad Portuaria de Gijón*

Pablo Molinero Guillén, *DRAGADOS-ACS*

José Luis Monsó de Prat, *Laboratorio del Instituto de Hidrodinámica Aplicada, INHA*

José Moyano Retamero, *Autoridad Portuaria de Gijón*

Vicente Negro Valdecantos, *Universidad Politécnica de Madrid*

Begoña Pérez Gómez, *Puertos del Estado*

Carlos Pérez Quintero, *Puertos de Andalucía*

Carlos Pita [† 2.002], *WW ENGENHEIROS CONSULT. HIDRAÚLICA E O. MARÍTIMA*

Eloy Pita Olalla, *TÉCNICAS REUNIDAS*

Jesús Poncela Pardo, *Puertos del Estado*

Ignacio Rodríguez Sánchez-Arévalo, *Puertos del Estado*

Fco. Esteban Rodríguez-Sedano [† 2.006], *Puertos del Estado*

Antonio Marcos Ruíz Vega, *Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz*

M^a Eugenia Sánchez Rivas, *Autoridad Portuaria de Avilés*

Carlos Sanchidrián Fernández, *PROES*

Obdulio Serrano Hidalgo, *Puertos del Estado*

Eduardo Serrano Sanz, *SENER*

Antonio Soriano de la Peña, *INGENIERÍA DEL SUELO*

Javier Uzcanga Salas, *Autoridad Portuaria de Barcelona*

José M^a Valdés Fdez. de Alarcón, *Laboratorio de Puertos en el CEPYC del CEDEX*

César Vidal Pascual, *Universidad de Cantabria*

José Luis Zatarain Madrazo, *Autoridad Portuaria de Santander*

Coordinación general del Programa ROM:

Francisco J. González Portal, *Puertos del Estado*

Si bien, al ampliar los contenidos previamente establecidos de estas dos Recomendaciones y la confluencia del proceso de elaboración de ambas podría pensarse inicialmente que ello daría lugar a un aumento de los plazos, la experiencia está demostrando que los acuerdos que se van alcanzando con este nuevo método de trabajo están permitiendo avances sólidos en la elaboración de dichas futuras ROM, citadas, que de otra forma no se estaban alcanzando por diversas razones. Simultáneamente, la decisión de publicar en el Foro EROM los capítulos que se vayan consensuando va a posibilitar en términos prácticos la reducción efectiva de los plazos en la medida que se avanza su aplicación práctica inmediata.

Los contenidos de los capítulos aprobados de la ROM 1.1. y 2.1. que se publican en la EROM 02 son de gran interés ya que se corresponden con aspectos esenciales para el proyecto de obras de abrigo y de atraque, como la descripción del comportamiento de estas infraestructuras frente a los agentes predominantes y las consecuencias que ello tiene en el establecimiento de las diferentes configuraciones físicas y tipologías estructurales y en la selección de las más convenientes, así como la definición de los criterios y requerimientos de proyecto, clarificando el esquema propuesto en la ROM 0.0. En particular, se concretan aspectos que estaban ocasionado divergencias interpretativas como cuál debe ser la seguridad y operatividad de este tipo de instalaciones en cada fase de proyecto, así como, una vez fijadas éstas, cuáles deben ser los criterios para el reparto de las probabilidades conjuntas de fallo o de parada operativa entre los modos de fallo o parada identificados y para la selección de los procedimientos de verificación, los cuales tienen una gran incidencia en la obra final y en su optimización en términos técnicos y económicos.

En el caso de la ROM 2.1. se incluyen también los apartados correspondientes a la definición de las disposiciones en planta y alzado de las obras de atraque, necesarias para que se satisfagan los requerimientos funcionales con los niveles de calidad del servicio exigidos. En este sentido, aspectos como la

dependencia de la planta y el alzado de la obra de atraque de la capacidad exigida para la misma considerando las condiciones locales del emplazamiento, que muchas veces no se han estado tomando en consideración para el proyecto integral de este tipo de obras, toman un renovado protagonismo, con utilidad también tanto para obtener la correlación oferta-demanda (por ejemplo para planes directores) como para la mejora de las condiciones de explotación.

En resumen, los capítulos de las Recomendaciones 1.1 y 2.1. aprobados con carácter predefinitivo por la correspondiente Comisión que se publican como EROM 02 suponen un avance importante para la consolidación y aplicación práctica de esta nueva etapa del Programa ROM, y confiamos que ayudarán a clarificar algunas de las dudas interpretativas más importantes que las nuevas metodologías introducidas han producido en los usuarios. Esta es una de las principales razones para avanzar su publicación en el Foro EROM.

Únicamente queda animar a los usuarios a su aplicación crítica y a comunicar las dudas y los resultados obtenidos directamente a la Secretaría del Programa ROM (programarom@puertos.es) o a remitir los análisis y reflexiones para su publicación en el Foro EROM (jrmedina@tra.upv.es). Este es un buen camino para facilitar el desarrollo tecnológico y la implantación y consolidación de nuevos métodos en el sector portuario que nos permita estar permanentemente alineados con los avances del conocimiento que se vayan produciendo. Mantener la competitividad de nuestros puertos y de nuestra ingeniería portuaria así lo exige.

José Llorca

Director del Programa ROM

ROM 2.0-08

Cap. 2.-

Tipos y Funciones de las Obras de Atraque y Amarre

Sustituido por su versión actual revisada de la posterior **ROM 2.0-11**

(Ver anterior en el Foro E/ROM: cap. 2 de la publicación E/ROM-02)

ROM 2.0-08

Cap. 3.-

Criterios de Proyecto

Sustituido por su versión actual revisada de la posterior **ROM 2.0-11**

(Ver anterior en el Foro E/ROM: cap. 3 de la publicación E/ROM-02)

ROM 2.0-08

Cap. 4.-

Definición de los Estados o Situaciones del Proyecto *(hasta el apartado 4.6.4.3)*

Sustituido por versión actual revisada, del cap.4 [0], en posterior **ROM 2.0-11**

ROM 2.0. RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO Y EJECUCIÓN EN OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE

CRITERIOS GENERALES Y FACTORES DE PROYECTO

CAPÍTULO 4. (hasta el apartado 4.6.4.3)

ÍNDICE

4 DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS O SITUACIONES DEL PROYECTO

4.1 SELECCIÓN DE LOS ESTADOS A CONSIDERAR	4.6
4.1.1 Para métodos de Nivel I	4.8
4.1.1.1 Verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos	4.11
4.1.1.1.1 Simultaneidad y valores compatibles de los agentes que definen los estados límite últimos de proyecto	4.13
4.1.1.2 Verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio.	4.24
4.1.1.3 Verificación de modos de parada operativa	4.25
4.1.2 Para métodos de Nivel II y III	4.30
4.2 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	4.32
4.2.1 Geometría de la obra de atraque y amarre	4.32
4.2.2 Geometría del terreno	4.32
4.2.3 Niveles de las aguas	4.34
4.3 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL TERRENO	4.34
4.3.1 Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas	4.35
4.3.2 Para formulaciones probabilistas	4.35
4.4 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	4.36
4.5 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL MEDIO FÍSICO	4.37
4.6 DEFINICIÓN DE LOS AGENTES Y SUS ACCIONES	4.38
4.6.1 Agente gravitatorio (q_g)	4.39
4.6.1.1 Peso propio ($Q_{g,1}$)	4.39
4.6.1.2 Pesos muertos ($Q_{g,2}$)	4.43

4.6.2 Agentes del medio físico (q_f)	4.44
4.6.2.1 Agentes climáticos marinos y atmosféricos básicos	4.45
4.6.2.1.1 Formulación de las acciones debidas a los agentes climáticos	4.61
4.6.2.2 Otros agentes climáticos atmosféricos ($q_{fc,3}$)	4.89
4.6.2.3 Agente térmico (q_{ft})	4.92
4.6.2.3.1 Formulación de las acciones debidas a los agentes térmicos (Q_{ft})	4.93
4.6.2.4 Agente sísmico (q_{fs3})	4.96
4.6.2.4.1 Formulación de las acciones debidas al sismo ($Q_{fs,1}$)	4.103
4.6.2.4.2 Formulación de las acciones debidas al maremoto ($Q_{fs,2}$).	4.108
4.6.3. Agentes del terreno (q_t)	4.112
4.6.3.1 Formulación de las acciones debidas o transmitidas por el terreno	4.115
4.6.4. Agentes de uso y explotación (q_v)	4.121
4.6.4.1 Estacionamiento y almacenamiento de mercancías ($q_{v,1}$)	4.121
4.6.4.1.1 Formulación de las acciones debidas a los agentes de estacionamiento y almacenamiento ($Q_{v,1}$)	4.132
4.6.4.2 Manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros	4.132
4.6.4.2.1 Manipulación de mercancías en áreas de operación ...	4.132
4.6.4.2.1.1 Cargas transmitidas por sistemas discontinuos de carga y descarga del buque ($q_{v,21}$)	4.135
4.6.4.2.1.1.1 Cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación ($q_{v,211}$)	4.135
4.6.4.2.1.1.2 Cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación ($q_{v,212}$).....	4.154
4.6.4.2.1.1.3 Cargas transmitidas por equipos auxiliares sobre neumáticos, de movilidad no restringida, utilizados para el transporte horizontal y depósito ($q_{v,213}$)	4.165
4.6.4.2.1.2 Cargas transmitidas por sistemas discontinuos de carga y descarga del buque por medios rodantes ($q_{v,22}$)	4.177
4.6.4.2.1.2.1 Cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes ($q_{v,221}$)	4.177
4.6.4.2.1.3 Cargas transmitidas por sistemas continuos de carga y descarga del buque ($q_{v,23}$)	4.183
4.6.4.2.1.3.1 Cargas transmitidas por sistemas de carga y descarga de graneles líquidos ($q_{v,231}$)	4.183
4.6.4.2.1.3.2 Cargas transmitidas por sistemas continuos de carga y descarga de graneles sólidos ($q_{v,232}$)	4.190
4.6.4.2.2 Manipulación de mercancías en áreas de almacenamiento ($q_{v,24}$)	4.199

4.6.4.2.3 Embarque y desembarque de pasajeros ($q_{v,25}$)	4.205
4.6.4.2.4 Manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo ($q_{v,26}$)	4.212
4.6.4.2.5 Formulación de las acciones debidas a los agentes de manipulación de mercancías y embarque y desembar- que de pasajeros ($Q_{v,2}$)	4.217
4.6.4.3 Tráfico terrestre ($q_{v,3}$)	4.220
4.6.4.3.1 Tráfico viario ($q_{v,31}$)	4.220
4.6.4.3.2 Tráfico ferroviario ($q_{v,32}$)	4.226
4.6.4.3.3 Formulación de las acciones debidas a los agentes del tráfico terrestre ($Q_{v,3}$)	4.234
4.6.4.4. Operaciones de los buques ($q_{v,4}$)	

4. DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS O SITUACIONES DE PROYECTO

4.1 SELECCIÓN DE LOS ESTADOS A CONSIDERAR

Para analizar un determinado modo de fallo adscrito a un estado límite es preciso plantear para la obra o tramo de la misma una geometría, unas propiedades de los materiales, del medio físico y del terreno, y unos agentes y acciones que, en general, serán una simplificación de la realidad válida durante un cierto intervalo de tiempo durante el cual los factores de proyecto y la respuesta estructural, funcional u operativa de la obra pueden suponerse estacionarios estadísticamente. Estas simplificaciones se denominan estados o situaciones de proyecto.

La duración del estado cuantifica el tiempo que debe transcurrir para que se produzca un cambio significativo en la manifestación del proceso y, en consecuencia, el tiempo durante el cual se admite que se cumple la hipótesis de estacionariedad. Por tanto, en todos los casos la descripción de los diferentes factores de proyecto de actuación simultánea que definen un estado debe fundamentarse en la compatibilidad de sus escalas temporales de variabilidad con la duración del estado. En general, el agente predominante es el que selecciona la duración del estado, debiendo utilizarse, para los restantes agentes, descriptores que caractericen su variabilidad en el plazo temporal del estado en el cual se realiza la verificación.

En función de su variabilidad temporal en el estado de proyecto considerado, los factores de proyecto se clasifican en:

- Permanentes, cuando la probabilidad de ocurrencia del valor representativo adoptado para el factor de proyecto es aproximadamente igual a la unidad en el estado de proyecto considerado y el tiempo medio de actuación o de excedencia de dicho valor sea aproximadamente igual a la duración de dicho estado.
- No permanentes o variables, cuando la probabilidad de ocurrencia del valor representativo adoptado para el factor de proyecto esté próxima a la unidad en el estado de proyecto considerado y cuyo tiempo medio de actuación o de excedencia sea menor que la duración de dicho estado.
- Extraordinarios o insólitos, cuando la probabilidad de ocurrencia del valor representativo adoptado para el factor de proyecto sea considerablemente menor que la unidad en el estado de proyecto considerado y cuyo tiempo medio de actuación sea mucho menor que la duración de dicho estado.

Por tanto, un factor de proyecto no tiene el carácter de permanente, variable o extraordinario de forma intrínseca, sino que depende del estado de proyecto que se considere.

Para cada modo de fallo, la selección de estados de proyecto a considerar en los procesos de verificación se realizará analizando todas las posibles condiciones en las que se encontrará la obra de atraque durante cada una de las fases de proyecto, considerando

cuando pueden adoptarse valores estacionarios en sentido estadístico de los diferentes factores de proyecto: geometría, propiedades y agentes y acciones.

La selección de estados de proyecto que, como mínimo, se debe considerar en el proyecto de obras de atraque y amarre se ajustará a los siguientes criterios:

Para cada fase de proyecto (construcción, servicio, reparación y desmantelamiento) se seleccionarán estados de proyecto que tomen en consideración:

- Las modificaciones en la geometría de la obra.
- Las variaciones en el comportamiento de los materiales de construcción.
- Los cambios en el comportamiento del terreno.
- Los ciclos de solicitud¹ a los que se encuentra sometida la instalación de atraque, los cuales se definen para cada modo de fallo o parada a partir de la excedencia (para los modos de parada y para los modos de fallo en condiciones de trabajo extremas y excepcionales) o no excedencia (para modos de fallo en condiciones operativas) de niveles umbral de los agentes predominantes o agentes que desencadenan respectivamente la ocurrencia de cada modo de fallo (último o de servicio) o de parada en cada caso. A estos efectos, para una obra de atraque y amarre los agentes predominantes para la definición de los diferentes ciclos de solicitud a los que está sometida la instalación son los climáticos, los de uso y explotación y, en su caso, el sismo u otras acciones extraordinarias o accidentales, en función de las condiciones de trabajo consideradas.

Respecto al comportamiento del terreno se analizará su variación, simultáneamente a la de las presiones intersticiales, durante todas las fases de proyecto, tanto en relación con su evolución en el tiempo (p.e. debido a procesos de consolidación naturales o artificiales) como en relación con las cargas actuantes (p.e. durante la actuación del sismo o el oleaje) con el objeto de tomar en consideración y analizar todos los estados límites que a estos efectos pueden presentarse durante cada una de las fases de proyecto o establecer la compatibilidad entre el comportamiento del terreno y las cargas actuantes. Como mínimo, se analizarán las posibilidades de que puedan presentarse los siguientes tipos de estados:

- a) *Situaciones sin drenaje*: el terreno se comporta en condiciones no drenadas y, por tanto, durante un cierto intervalo de tiempo se producen aumentos o disminuciones de las presiones intersticiales por la actuación de los diferentes agentes.

¹ La ROM 0.0 y la ROM 1.0 utilizan la denominación “ciclos de operatividad” refiriéndose a los “ciclos de calmas” o ciclos de carencia o de reducida solicitud. Esta denominación es clara en aquellos casos en los que la excedencia de valores umbrales de los agentes climáticos define todos los ciclos de solicitud a los que está sometida la obra portuaria, lo que es totalmente aplicable a obras de abrigo. No obstante, en obras de atraque hay ciclos de solicitud asociados a la situación de normal uso y explotación de la instalación (p.e. atraque operativo con buque en el atraque o atracando), definidos por la no excedencia de determinados valores de los agentes de uso y explotación o climáticos, utilizándose también la denominación “ciclos de operatividad” para estos casos. Por dichas razones y con el objetivo de evitar que aspectos semánticos puedan dar lugar a confusiones técnicas, se recomienda utilizar únicamente la denominación “ciclos de operatividad” para definir los ciclos de solicitud asociados a condiciones normales de operación, usando “ciclos de calma” para cuando se emplee en el sentido conceptual de la ROM 0.0 y ROM 1.0.

- b) *Situaciones con drenaje*: el terreno se comporta en condiciones drenadas, no produciéndose en consecuencia aumentos o reducciones transitorios de las presiones intersticiales por la actuación de los diferentes agentes.

Sin perjuicio de que en algunos casos deban analizarse situaciones intermedias, en particular cuando se presentan acciones oscilatorias.

En la ROM 0.5 y en los apartados de esta Recomendación correspondientes a los agentes y acciones cuya actuación puede modificar el comportamiento del terreno se analizan las condiciones del terreno y de los agentes actuantes en las que pueden presentarse cada una de estas situaciones.

A los efectos de organizar los cálculos de verificación de cada modo de fallo o parada, se recomienda que la definición de los estados de proyecto se realice considerando los ciclos de sollicitación y calmas a que está sometida la obra en cada diferente configuración geométrica, así como en cada tipo de comportamiento de los materiales y del terreno que puedan darse durante la fase de proyecto considerada. Esta ordenación da lugar a la división de la fase de proyecto en diversas subfases, en cada una de las cuales puede considerarse que la configuración geométrica y el comportamiento de los materiales y del terreno tienen un carácter permanente.

La selección de los estados límite de proyecto que en cada fase y subfase de proyecto se deben considerar en el proyecto de obras de atraque y amarre se ajustará a los siguientes criterios en función del método adoptado para la formulación y resolución de la ecuación de verificación:

4.1.1 Para métodos de Nivel I

Para formulaciones deterministas y determinista-probabilista de las ecuaciones de verificación se considerará siempre que los agentes están definidos por sus variables de estado.

Para la verificación de modos de fallo o parada, los estados de proyecto en cada fase o subfase diferenciada se agrupan en condiciones de trabajo, en función de los diferentes ciclos de sollicitación en los que se presentan los agentes predominantes. Para las obras de atraque y amarre se considerarán, como mínimo las siguientes condiciones de trabajo:

- Condiciones operativas
- Condiciones extremas
- Condiciones excepcionales

Las condiciones de trabajo permiten definir las diferentes condiciones de simultaneidad y los valores compatibles de los agentes a los que está sometida la obra de atraque, las cuales caracterizan los estados límite que deben considerarse en las verificaciones mediante métodos de Nivel I. En definitiva, las diferentes combinaciones de agentes y acciones que deben considerarse en cada fase o subfase de proyecto para la verificación de cada uno de los modos de fallo y parada.

Las condiciones de trabajo se definen en función del agente predominante de acuerdo con los siguientes criterios:

a) *Estados representativos de los diferentes ciclos de solicitud asociados a la explotación de la instalación de atraque: Condiciones de trabajo operativas (CTI)*: En estas condiciones los agentes predominantes son los de uso y explotación, los cuales, una vez definidos, pueden en general correlacionarse con los agentes climáticos (viento, oleaje, corriente, nivel del mar y otras perturbaciones del medio físico). En las obras de atraque y amarre se distinguirán, como mínimo, los siguientes modos de parada generales que dan lugar a las condiciones de trabajo operativas:

- Accesibilidad marítima.
- Operaciones de atraque del buque.
- Permanencia de los buques en el atraque sin realizar operaciones de carga y descarga.
- Realización de las operaciones de carga y descarga de mercancías o embarque y desembarque de pasajeros con buque atracado.

Sin perjuicio de que deban distinguirse otros modos de parada que afecten a operaciones en las que no intervenga el buque o la interacción buque-estructura (p.e. operaciones de depósito, apilamiento, recogida y transporte en el área de almacenamiento).

Cada uno de estos modos de parada puede ser debido a una o a varias causas de paralización, dando lugar a los diferentes límites de operatividad de los agentes de uso y explotación que pueden afectar a la operación considerada en el emplazamiento.

Los estados límite en las condiciones de trabajo correspondientes a cada modo de parada dependen de las causas de paralización, definiéndose para cada una de ellas a partir de los valores límite de operatividad del o de los agentes de uso y explotación que afectan a la operación considerada, establecidos, bien por criterios de explotación, ambientales, legales o de seguridad (p.e. máximos movimientos admisibles del buque en el atraque) o bien a partir de ventanas de operatividad asociadas a la probabilidad de no excedencia de los agentes de uso y explotación correspondientes al valor establecido como requisito de proyecto para la causa de paralización considerada, en los casos en que los agentes de uso y explotación no tengan establecidos límites absolutos de operatividad (p.e. los asociados con los niveles del agua) o, cuando los tengan, se considere que la instalación de atraque por cualquier razón debe limitar su operatividad por debajo de dichos valores límite. En estos casos dicha probabilidad se definirá por medio de los regímenes medios conjuntos y de persistencias de los agentes de uso y explotación. En ausencia de regímenes conjuntos podrá admitirse la utilización de regímenes marginales del agente predominante y de los agentes independientes de él, así como de regímenes medios condicionados y funciones de correlación para los agentes dependientes de los mismos.

No obstante, dado que los agentes de uso y explotación tienen una gran dependencia de los agentes climáticos y debido a una menor complejidad en el tratamiento, habitualmente se definen estos estados límite a partir de los valores umbrales de los agentes climáticos que provocan los diferentes modos de parada operativa para los buques, los equipos y los medios de explotación considerados, establecidos igualmente,

bien por criterios de explotación, ambientales, legales o de seguridad, bien a partir de ventanas operativas definidas por medio de los regímenes medios conjuntos o marginales de dichos agentes, considerando la probabilidad de no excedencia definida como requisito de proyecto para el modo de parada y causa de paralización considerados. En ausencia de regímenes conjuntos también podrá admitirse la utilización de regímenes marginales de los agentes independientes así como de regímenes medios condicionados y funciones de correlación para los agentes dependientes de los mismos de acuerdo con lo definido a estos efectos en esta Recomendación. Si los valores límite de los agentes climáticos establecidos para definir una parada operativa no son alcanzables en el emplazamiento con una probabilidad anual de presentación mayor de 10^{-3} en el régimen medio, se considerarán los valores asociados a dicha probabilidad para definir el estado límite de proyecto en condiciones operativas.

En los casos en los que el promotor de la instalación de atraque considere que ésta no debe tener limitada su operatividad para una determinada operativa (p.e. quiere asegurar la permanencia del buque en el atraque en cualquier circunstancia), bien por criterios de explotación, bien porque los valores límites de operatividad de los agentes climáticos no son alcanzables en el emplazamiento con probabilidades relevantes, los estados límites en esta condición de trabajo se tratarán como estados asociados a condiciones extremas. También se tratarán como estados asociados a condiciones extremas cuando no se dispongan sistemas y protocolos de parada automática de la instalación y de no operatividad cuando se superen los valores umbral establecidos.

- b) *Estados representativos de los ciclos de solicitud asociados a la actuación de agentes climáticos y térmicos de carácter extremo: Condiciones de trabajo extremas (CT2)*: estados representativos de los ciclos de solicitud de los agentes climáticos y térmicos (viento, oleaje, corriente, nivel del mar, ...), que son considerados los agentes predominantes. En estas condiciones se considera que la obra de atraque y amarre no está operativa, salvo cuando el agente climático o térmico predominante no incida en la operatividad o cuando el promotor establezca específicamente que la instalación no tenga limitada alguna operativa independientemente de la circunstancia climática. Los estados límite en estas condiciones se definirán a partir de los regímenes extremales conjuntos de los agentes climáticos con un mismo origen, considerando la probabilidad de excedencia igual o menor correspondiente al cumplimiento de los requerimientos de seguridad o de servicio definidos como requisito de proyecto para el modo de fallo considerado en estas condiciones. En ausencia de regímenes conjuntos podrá admitirse la utilización de regímenes marginales del agente predominante y de los agentes independientes de él, así como de regímenes condicionados y funciones de correlación para los agentes dependientes de los mismos de acuerdo con lo establecido a estos efectos en esta Recomendación.

c) *Estados representativos de los ciclos de solicitud de una instalación cuando actúa un agente extraordinario o insólito: Condiciones de trabajo excepcionales (CT3)*: estados representativos de los ciclos de solicitud asociados a la actuación de un agente climático de carácter extraordinario (CT3,1), de una acción accidental o insólita (CT3,2) y del agente sísmico (CT3,31 para el sismo extremal y CT3,32 para el sismo extraordinario). Los estados límites se definirán a partir de valores nominales o, en su caso, de los regímenes extremales de dichos agentes y de los regímenes medios del resto de agentes.

4.1.1.1 Verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos

Para las obras de atraque y amarre se verificará que la probabilidad de ocurrencia de cada modo de fallo (i) adscrito a estados límites últimos en la fase de proyecto considerada es menor o igual que la probabilidad de fallo asignada a dicho modo en el correspondiente diagrama de fallo ($p_{f, \text{modo } i}$) (Ver apartados 2.5.3 y 2.5.4. de la ROM 1.0 y 3.4.4. de la ROM 2.0) (Ver figura 4.1.1.1).

Considerando que las condiciones de trabajo a las que se encuentra sometida la obra de atraque en cada fase de proyecto (operativas, extremas y excepcionales) son mutuamente excluyentes, la probabilidad de que se produzca un modo de fallo en la fase considerada será igual a la suma de las probabilidades de que se produzca dicho modo de fallo en cada una de las condiciones de trabajo que puedan diferenciarse (Ver figura 4.1.1.1). Es decir, deberá cumplirse:

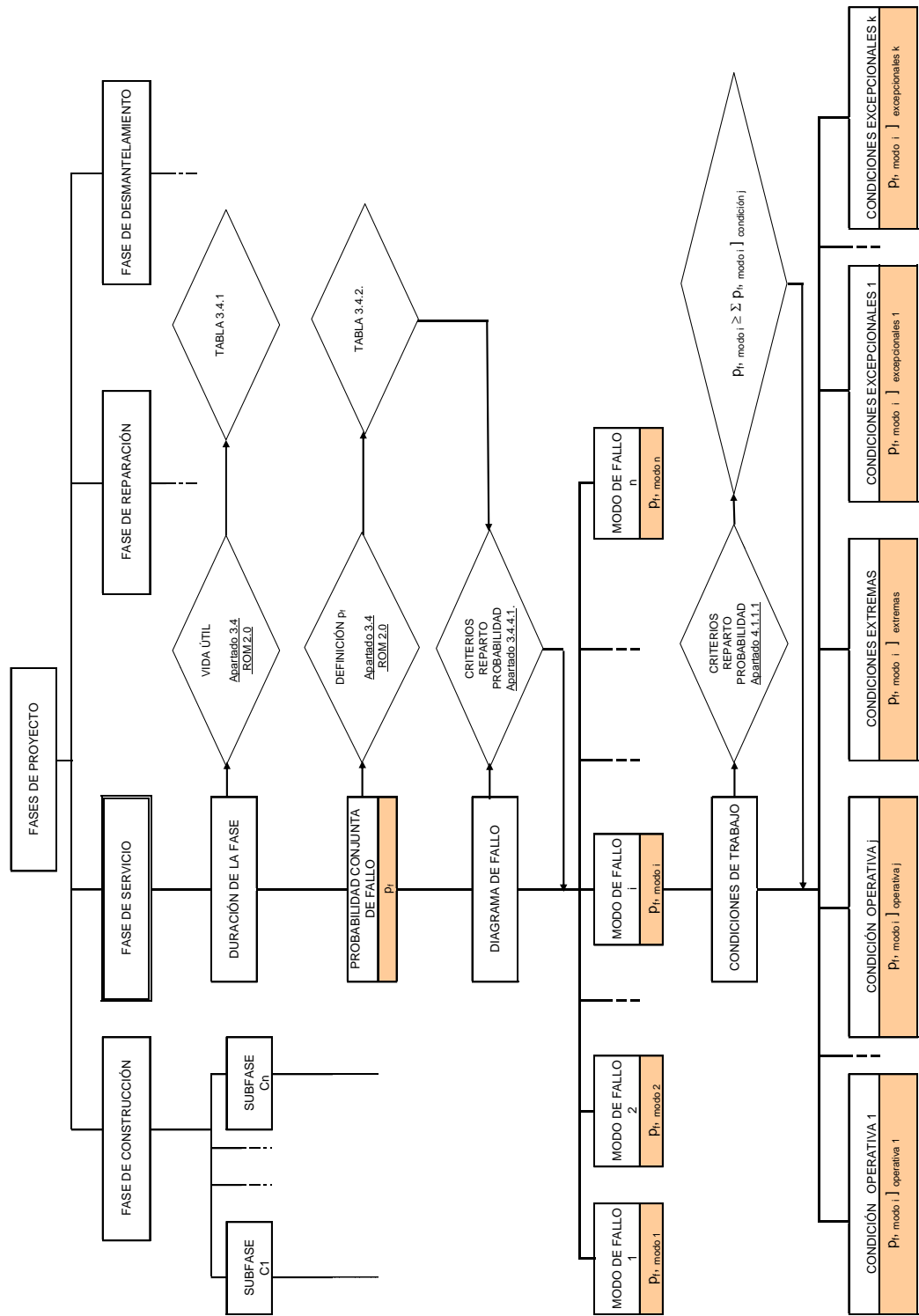
$$p_{f, \text{modo } i} \geq p_{f, \text{modo } i} \text{]condiciones operativas } 1 + \dots + p_{f, \text{modo } i} \text{]condiciones operativas } j + \dots + p_{f, \text{modo } i} \text{]condiciones extremas} + p_{f, \text{modo } i} \text{]condiciones excepcionales } 1 + \dots + p_{f, \text{modo } i} \text{]condiciones excepcionales } k$$

La distribución de probabilidades entre las distintas condiciones de trabajo se realizará por criterios de optimización económica, asignando prácticamente toda la probabilidad de fallo a la condición de trabajo que es más crítica para el dimensionamiento de la obra y verificando que en el resto de condiciones de trabajo se cumpla el criterio incondicional de no fallo ($p_f < 10^{-4}$). Dicha condición de trabajo crítica suele estar asociada al agente predominante para el modo de fallo analizado en el emplazamiento. Es decir, la condición de trabajo crítica será una condición operativa si el agente predominante para el modo de fallo es de uso y explotación, la condición extrema si el agente predominante es climático y una condición excepcional si el agente predominante es extraordinario o accidental. En el caso de que no esté claramente definido cuál es el agente predominante para el modo de fallo analizado en el emplazamiento, deberá repetirse la verificación del modo considerando que el fallo puede producirse sucesivamente en cada una de las condiciones de trabajo y, por tanto, asignando toda la probabilidad de ocurrencia del modo a dicha condición, con el objeto de alcanzar el dimensionamiento óptimo de la obra.

Sin perjuicio de lo anterior, simplificada como criterio general podrá adoptarse que en condiciones operativas² así como en condiciones excepcionales cuando están asociadas a la actuación de un agente extraordinario definido mediante un valor nominal no se debe producir el fallo (se debe verificar el criterio incondicional de no fallo), asignando toda la probabilidad de fallo bien a condiciones extremas bien a excepcionales, siempre que el agente extraordinario que defina esta última condición de trabajo tenga una función de distribución conocida, dependiendo de cual de estas condiciones sea más crítica para el dimensionamiento.

² Esta simplificación es razonable, dado que en las obras portuarias en general las condiciones de operación están definidas considerando que no se superan valores límite de operatividad de los agentes de uso y explotación y, por tanto, que no hay incertidumbre en la excedencia de los mismos, por lo que debe exigirse que quede garantizado el criterio incondicional de no fallo en dichas condiciones de trabajo ($p_f < 10^{-4}$). El mismo razonamiento es válido para condiciones excepcionales cuando están asociadas a la actuación de un agente extraordinario definido a través de un valor nominal.

FIGURA 4.1.1.1. DIAGRAMA METODOLÓGICO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA PROBABILIDAD DE QUE SE PRODUZCA UN MODO DE FALLO i, ADSCRITO A ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS, ENTRE LAS DIFERENTES CONDICIONES DE TRABAJO



4.1.1.1.1 *Simultaneidad y valores compatibles de los agentes que definen los estados límite últimos de proyecto*

a) En condiciones de trabajo extremas

En la verificación de un modo de fallo en condiciones de trabajo extremas debidas a la actuación del agente climático considerado predominante para dicho modo de fallo se aplicarán los siguientes criterios de simultaneidad y compatibilidad para la definición de los valores representativos de los agentes que actúan en dicha condición de trabajo, los cuales definen el estado límite de proyecto:

a₁) Se excluirán los agentes climáticos que por razones físicas no pueden ocurrir o porque los valores del agente asociado a la probabilidad de fallo del modo en estas condiciones no son relevantes en el emplazamiento. Además se excluirán los agentes climáticos que no pueden ser simultáneos, bien por razones físicas en el emplazamiento o bien por ser la probabilidad conjunta prácticamente nula para todo el intervalo de valores posibles.

a₂) Para cada conjunto de agentes climáticos simultáneos se determinarán los valores compatibles de los diferentes agentes, teniendo en cuenta su origen y dependencia y la probabilidad de ocurrencia adjudicada al modo de fallo en condiciones extremas de acuerdo con lo dispuesto en este apartado. Para formulaciones determinista-probabilistas de las ecuaciones de verificación de los modos de fallo, simplificada-mente se considerará que el fallo en estas condiciones está inducido principalmente por el agente climático que se considere predominante en el emplazamiento para el modo de fallo analizado³. En el caso de que no esté claramente definido el agente climático que

³ En el caso general, la probabilidad de ocurrencia, al menos una vez durante la fase analizada, de un modo de fallo causado por el conjunto de los ciclos de sollicitación de los agentes climáticos que pueden considerarse como no excluyentes e independientes entre sí [(A ciclo atmosférico global), B (ciclo atmosférico local), C (ciclo astronómico), ...] es:

$$1 - \Pi(1 - p_i) = [p_A + p_B + p_C] - [p_A p_B + p_A p_C + p_B p_C] + [p_A p_B p_C] \cong p_A + p_B + p_C$$

Siendo p_A , p_B y p_C , respectivamente la probabilidad de ocurrencia del modo de fallo considerando que es producido por un único agente climático. Esta formulación es válida si consideramos que el fallo puede ser inducido únicamente por el ciclo de sollicitación de un agente, tanto actuando sólo como simultáneamente con otros agentes, sin considerar la posibilidad de que el fallo pueda ser debido a la contribución de efectos de los agentes de diferentes ciclos actuando conjuntamente, los cuales por separado no llegarían a producir el fallo. Es decir, sin considerar que la actuación de un agente de un ciclo con un determinado valor puede no dar lugar al fallo (p.e. oleaje), pero sí este mismo valor conjuntamente con la actuación simultánea del agente de otro ciclo (p.e. oleaje+marea astronómica). En la expresión no interviene la probabilidad de presentación conjunta de los ciclos, sino la probabilidad de que se produzcan fallos debidos a cada ciclo tanto aislada como simultáneamente.

Dada en la práctica la inviabilidad en cálculos de nivel I de tomar en consideración todas y cada una de las variables que inciden y de las posibilidades existentes que dan lugar al fallo (que sí se consideran cuando la verificación se realiza en niveles II y III), simplificada-mente en esta Recomendación es admisible para las formulaciones semiprobabilistas de las ecuaciones de verificación cumplir la anterior expresión realizando la hipótesis de que la ocurrencia del modo de fallo en condiciones extremas es causado únicamente por el ciclo de sollicitación del agente climático predominante para dicho modo y, por tanto el valor representativo que se adopta para la variable principal del mismo es el correspondiente a una proba-

puede ser predominante en la inducción del modo de fallo considerado se repetirá el proceso de verificación sucesivamente para cada uno de los agentes que pudieran ser predominantes. En función de dicha probabilidad, se adoptará como valor representativo de la variable principal que define al agente climático predominante el siguiente:

- Para probabilidades de fallo $> 5 \%$
 - o El correspondiente a una probabilidad de excedencia en la fase de proyecto igual a la probabilidad adjudicada al modo de fallo, tomado en la función de distribución de extremos marginal de dicha variable. La relación entre la probabilidad de excedencia de una variable, n , durante una fase de proyecto de duración L ($p_{n,L}$) y su periodo de retorno (T_R) viene dada por la expresión:
$$p_{n,L} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^L$$
- Para probabilidades de fallo $\leq 5 \%$, siempre que se disponga de ecuaciones de verificación del modo de fallo taradas con coeficientes de mayoración y seguridad que lleven a las citadas probabilidades de fallo con los siguientes valores representativos⁴

bilidad de excedencia en la fase de proyecto igual a la probabilidad asignada al modo de fallo analizado en dichas condiciones. A estos efectos es equivalente a considerar que los otros ciclos no pueden producir el fallo y que, por tanto, cuando se produce un fallo debido a la actuación del ciclo de solicitud climática predominante, no es relevante para el fallo la situación en que se encuentran el resto de agentes climáticos independientes. Por dicha razón, del lado de la seguridad y por homogeneidad con el planteamiento utilizado para las verificaciones probabilistas (Niveles II y III) en las que trabajamos con la función de distribución extremal conjunta (todos los agentes están actuando en ciclo de solicitud), para las variables principales asociadas a los agentes que definen los otros ciclos climáticos de solicitud se adoptarán como valores representativos compatibles aquéllos cuya probabilidad conjunta de presentación de los ciclos de solicitud sea sustancialmente la misma que la adoptada para definir el valor representativo de la variable principal del agente predominante. Es decir:

$$P_{v, \text{modo } i | \text{condiciones extremas}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^V > \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T_{R1}}\right)^V\right] \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T_{R2}}\right)^V\right] \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T_{R3}}\right)^V\right]$$

Del lado de la seguridad, a falta de mejor criterio se recomienda adoptar como valores representativos compatibles de las variables principales de los agentes climáticos independientes del predominante los correspondientes a un periodo de retorno mínimo de 5 años en fase de servicio. Para fases transitorias, se adoptará el correspondiente a un periodo de retorno de 1 año.

⁴ En los métodos de Nivel I, para la verificación de modos de fallo con criterio incondicional de no fallo o probabilidades de fallo pequeñas ($< 5 \%$), el valor representativo de la variable principal del agente predominante adoptado no suele coincidir con el correspondiente a una probabilidad de excedencia igual a la probabilidad adjudicada al modo de fallo. En general para estas probabilidades de fallo se adoptan otros valores representativos por las siguientes razones:

- Los valores correspondientes a probabilidades de presentación bajas de los agentes climáticos (Periodos de retorno altos > 1000 años), obtenidos de las funciones de distribución extremales, suelen tener bandas de confianza muy grandes asociadas al nivel de confianza normalmente exigido del 90 %, por lo que aplicar el método general definido para probabilidades de fallo > 0.05 con dicha incertidumbre estadística podría dar lugar a importantes sobredimensionamientos de las obras.
- En formulaciones deterministas o deterministas-probabilistas, muchas de las ecuaciones de verificación correspondientes a los distintos modos de fallo de pérdida de equilibrio estático, estructurales y geotécnicos normalmente utilizadas en la ingeniería civil están generalmente asociadas a condiciones nominales de no fallo ($p_f < 10^{-4}$) o a muy bajas probabilidades de fallo ($p_{f, \text{modo } i} < 10^{-2}$). Dichas ecuaciones están normalmente definidas con coeficientes de mayoración y/o seguridad considerando que los valores representativos de la variable climática predominante están asociados a probabilidades de presentación del orden de 0.5-0.6 durante la fase de proyecto analizada, lo que equivale a periodos de retorno del orden de magnitud de la duración de la fase de proyecto analizada (valores extremales

- Para fase de servicio, el cuantil del 98 % de la función de distribución de extremos marginal de dicha variable ($T_R = 50$ años).
- Para fases transitorias (construcción, reparación, fases transitorias de comportamiento del terreno,...), el correspondiente a un periodo de retorno del mismo orden de magnitud que la duración de dicha fase para las fases transitorias prolongadas en relación con la duración de la fase de servicio y el doble de dicho valor para los casos de transitoriedad menos prolongada, con un valor mínimo de 2 años.

a₃) Los valores representativos compatibles de las variables principales del resto de los agentes climáticos que sean independientes del predominante serán, independientemente de la probabilidad de fallo:

- Para fase de servicio, el correspondiente a un periodo de retorno de 5 años, tomado en la función de distribución de extremos marginal de la variable.
- Para fases transitorias, el correspondiente a un periodo de retorno de 1 año, tomado en la función de distribución de extremos.

a₄) Los valores representativos compatibles del resto de variables del agente climático predominante o de los otros agentes climáticos independientes se obtendrán a partir de los valores representativos adoptados para la variable principal del agente con el que están correlacionados, adoptando el cuantil del 85 % o del 15 % de la función de distribución de la variable correlacionada condicionada a dicho valor de la variable principal, en función de que sean más desfavorables los valores superiores o inferiores de la variable correlacionada.

a₅) Los valores representativos del resto de agentes de actuación simultánea serán los valores característicos o de combinación definidos para cada uno de ellos en la ROM 2.0.

- Para los agentes considerados de carácter permanente en el estado definido por el agente climático predominante se adoptará:
 - El valor característico en el caso de agentes no dependientes de los agentes climáticos
 - El valor de combinación en el caso de agentes en los que algún agente climático tenga incidencia en la definición del mismo. En este último caso para la definición del valor de combinación se considerará que la variable del agente climático que tiene incidencia en el mismo actúa con el valor representativo compati-

medios en dicho periodo) (como criterio general, se adopta 50 años para fase de servicio de duración igual o menor a 50 años).

En aquellos modos de fallo, normalmente específicos de la ingeniería marítima y portuaria (p.e. modos de fallo de inestabilidad hidráulica), en los que no estén disponibles con validez reconocida ecuaciones de verificación definidas con coeficientes de mayoración y seguridad que lleven a probabilidades nominales de no fallo o bajas utilizando los citados valores representativos, deberá procederse a su obtención mediante la aplicación de métodos de Nivel II o III (Ver ROM 0.0). En tanto no se disponga de dichos coeficientes, es más fiable aplicar en estos casos a las ecuaciones de verificación disponibles los valores representativos de las variables climáticas obtenidos por medio de los procedimientos y la metodología establecidos para la definición de los valores representativos cuando las probabilidades de presentación del modo de fallo en estas condiciones de trabajo es mayor del 5 %.

ble con el adoptado para el agente climático predominante, de acuerdo con lo definido en este apartado.

- Para los agentes de carácter variable en el estado definido por el agente climático predominante, se adoptará:
 - o El valor característico en el caso de agentes desfavorables para el modo de fallo considerado en los que el agente climático predominante tenga incidencia en la definición del mismo.
 - o El valor de combinación en los casos de agentes, desfavorables para el modo de fallo considerado, en que ningún agente climático tenga incidencia en su definición o que el agente climático que tiene incidencia no sea el predominante. En este último caso para la definición del valor de combinación se considerará que la variable del agente climático que tiene incidencia en el mismo actúa con el valor representativo compatible con el adoptado para el agente climático predominante, de acuerdo con lo definido en este apartado.⁵

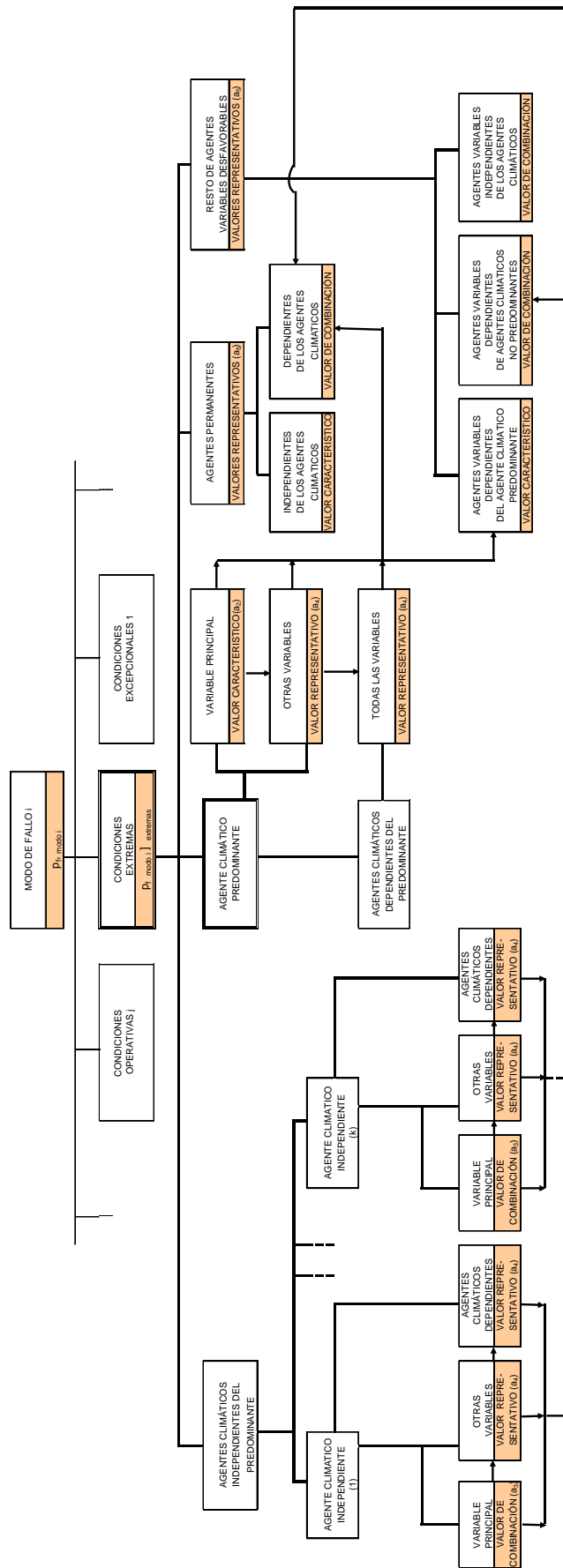
Los valores característicos y de combinación de estos agentes se detallan en el apartado correspondiente a su definición (apartado 4.6 de la ROM 2.0).

Los valores representativos compatibles de los agentes de actuación simultánea que se deben considerar en condiciones extremas se resumen en la figura 4.1.1.2. La combinación de los valores representativos compatibles de los agentes de actuación simultánea correspondientes a condiciones extremas constituye la combinación denominada poco frecuente o fundamental para condiciones extremas.

Para la verificación de modos de fallo en obras de atraque y amarre, el agente climático predominante en condiciones extremas en función del emplazamiento de la obra, así como las correlaciones existentes en esa área entre los agentes climáticos en el estado meteorológico definido por el agente climático predominante, se analizan en el apartado 4.6.2.1 de esta Recomendación.

⁵ Por ejemplo en el caso de una obra de atraque situada en una zona no abrigada, en la que el agente climático predominante que define la condición extremal es el oleaje, el valor representativo de las cargas transmitidas por equipos de manipulación de mercancías fijos o de movilidad restringida será el valor de combinación definido para condiciones extremas y no el característico, ya que el viento no es el agente climático predominante para el modo de fallo analizado.

FIGURA 4.1.1.2. VALORES REPRESENTATIVOS COMPATIBLES DE LOS AGENTES DE ACTUACIÓN SIMULTÁNEA EN CONDICIONES EXTREMAS (Combinación fundamental para modos de fallo adscritos a estados límites últimos)



NOTAS

- La definición de los diferentes valores representativos indicados en la tabla con las denominaciones a₂, a₃, a₄, a₅ se incluye en los subapartados de este apartado bajo idéntica denominación.

b) En condiciones de trabajo excepcionales

En la verificación de un modo de fallo en condiciones de trabajo excepcionales se considera que el agente predominante que define estas condiciones de trabajo es un agente climático extraordinario, un agente accidental o el agente sísmico (sismo o maremoto), aplicándose los siguientes criterios de simultaneidad y compatibilidad para la definición de los valores representativos de los agentes que actúan en dicha condición de trabajo, en función del agente extraordinario predominante.

b₁) En condiciones de trabajo excepcionales debidas a la actuación de un agente climático extraordinario

Esta condición de trabajo únicamente se tomará en consideración para el agente climático predominante para el modo de fallo, cuando la probabilidad de ocurrencia adjudicada al modo de fallo analizado tanto en estas condiciones excepcionales como en condiciones extremas durante la fase de servicio sea igual o menor a 0.05 y se utilice como valor representativo para la variable principal de dicho agente en condiciones extremas el correspondiente a un periodo de retorno de 50 años.⁶

Para la verificación de esta condición se adoptarán los siguientes valores representativos:

b₁₁) Para la variable principal del agente climático predominante en condiciones excepcionales, el correspondiente al cuantil del 99.8 % de la función de distribución de extremos marginal de dicha variable ($T_R=500$ años).

b₁₂) Para las variables principales de los agentes climáticos de actuación simultánea independientes del predominante, el correspondiente a una probabilidad de no excedencia del 85 % tomada en el régimen medio.

b₁₃) Los valores representativos compatibles del resto de variables del agente climático predominante o de los otros agentes climáticos independientes se obtendrán a partir de los valores representativos adoptados para la variable principal del agente con el que están correlacionados, adoptando el cuantil del 85 % o del 15 % de la función de distribución de la variable correlacionada condicionada a dicho valor de la variable principal,

⁶ Esta condición de trabajo se establece con el objeto de tomar en consideración que las acciones debidas al agente climático predominante para el modo de fallo responda a coeficientes de variación significativamente mayores de 0.2. Este coeficiente de variación, conjuntamente con considerar que la fiabilidad parcial de las acciones se corresponde con el 70 % del total, son las hipótesis que normalmente se consideran implícitamente para la definición de los coeficientes de mayoración de las acciones debidas a dicho agente, incluidos en las fórmulas de verificación de los distintos modos de fallo mediante formulaciones semi-probabilistas, cuando se utiliza como valor representativo del mismo el definido en esta Recomendación para probabilidades de ocurrencia del modo < 0.05 ($T_R=50$ años) (valores medios durante la vida útil). En los casos en que el coeficiente de variación de las acciones debidas al agente climático predominante sea mayor que 0.2, no incluir esta nueva condición de trabajo no nos garantizaría quedar del lado de la seguridad.

en función de que sean más desfavorables los valores superiores o inferiores de la variable correlacionada.

b₁₄) Los valores representativos del resto de agentes de actuación simultánea que sean relevantes en el emplazamiento serán:

- El valor característico para los agentes considerados de carácter permanente en el estado definido por el agente climático predominante en los que ningún agente climático tenga incidencia en su definición, así como para los agentes, desfavorables para el modo de fallo considerado, de carácter variable en dicho estado en los que el agente climático predominante tenga incidencia en la definición del mismo.
- El valor frecuente para los agentes considerados de carácter permanente o variable en dicho estado, desfavorables para el modo de fallo considerado, en los que algún agente climático distinto al predominante tiene incidencia en la definición de los mismos. Este valor frecuente se obtendrá considerando que la variable del agente climático que tiene incidencia en la definición del agente actúa con el valor representativo compatible con el adoptado para el agente climático predominante, de acuerdo con lo definido en este apartado.
- El valor cuasi-permanente para los agentes considerados de carácter variable en dicho estado que sean desfavorables para el modo de fallo considerado, en los que ningún agente climático tiene incidencia en la definición de los mismos.

Los valores característicos, frecuentes y cuasi-permanentes de estos agentes para estas condiciones excepcionales se detallan en el apartado correspondiente a su definición (apartado 4.6. de la ROM 2.0).

b₂) En condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea un agente climático extraordinario o sísmico

Esta condición de trabajo únicamente se tomará en consideración para la verificación de la obra durante la fase de servicio, no considerándose de aplicación a fases transitorias, excepto que lo requiera expresamente el promotor de la instalación.

Para la verificación de esta condición se adoptarán los siguientes valores representativos:

b₂₁) Para la acción accidental:

- Si la acción accidental está definida mediante un valor nominal, se considerará este valor como su valor representativo.
- Si la acción accidental está definida mediante una función de distribución extremal:
 - El correspondiente al cuantil del 99.8 % de la función de distribución extremal ($T_R=500$ años), cuando la probabilidad de ocurrencia adjudicada al modo de fallo analizado en estas condiciones excepcionales durante la fase

de servicio sea igual o menor a 0.05 y se disponga de ecuaciones de verificación del modo de fallo taradas con coeficientes de mayoración y seguridad que lleven a las citadas probabilidades de fallo utilizando este valor representativo.

- El correspondiente a una probabilidad de excedencia en la fase de servicio igual a la probabilidad adjudicada al modo de fallo en estas condiciones excepcionales, cuando dicha probabilidad sea mayor de 0.05 o, siendo menor, no se disponga de una ecuación de verificación del modo de fallo tarada con los coeficientes de mayoración y seguridad que lleven a la probabilidad de fallo utilizando como valor representativo de la acción el correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

b₂₂) Para el resto de agentes de actuación simultánea que sean relevantes en el emplazamiento serán:

- El valor característico para los agentes considerados de carácter permanente en el estado definido por la acción accidental, en los que ningún agente climático tenga incidencia en su definición.
- Cuando se considere que el agente variable predominante en esta condición de trabajo para el modo de fallo analizado es un agente climático, se adoptará el valor frecuente para la variable principal de dicho agente, así como para los agentes considerados de carácter permanente o variable en dicho estado que sean desfavorables para el modo de fallo considerado, en los que el agente climático predominante u otros agentes climáticos dependientes del mismo tienen incidencia en la definición de los mismos. Para el resto de variables del agente climático predominante o para los agentes climáticos dependientes del predominante se adoptará como valor representativo el correspondiente al cuantil del 85 % o del 15 % (en función de cual es el más desfavorable) de la función de distribución de la variable correlacionada condicionada al valor representativo adoptado para la variable climática predominante. Para el resto de agentes variables, desfavorables para el modo de fallo considerado, independientes del agente climático predominante se adoptará el valor cuasi-permanente.
- Cuando se considere que el agente variable predominante en esta condición de trabajo para el modo de fallo analizado no es un agente climático se adoptará para el agente predominante su valor frecuente. Para el resto de agentes se adoptará el valor cuasi-permanente o, en su caso, los valores compatibles con éste para los agentes dependientes entre sí.

Los valores nominales, característicos, frecuentes y cuasi-permanentes de estos agentes para estas condiciones excepcionales se detallan en el apartado correspondiente a su definición (apartado 4.6 de la ROM 2.0).

La combinación de los valores representativos compatibles de los agentes de actuación simultánea correspondientes a condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción climática extraordinaria o de una acción accidental constituye la combinación denominada excepcional o accidental.

b₃) En condiciones de trabajo extremas o excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica

Para la verificación de esta condición se adoptarán los siguientes valores representativos:

b₃₁) Para la acción sísmica (sismo o maremoto):

- Para fase de servicio, cuando la probabilidad de ocurrencia adjudicada al modo de fallo analizado en estas condiciones durante esa fase sea menor o igual que 0.05, se adoptará el correspondiente al cuantil del 98 % de la función de distribución extremal para el caso de condiciones extremas ($T_R=50$ años) y al cuantil del 99.8 % para condiciones excepcionales ($T_R=500$ años), siempre que se disponga de ecuaciones de verificación del modo de fallo taradas con coeficientes de mayoración y seguridad que lleven a las citadas probabilidades de fallo utilizando estos valores representativos. Siempre que se den las condiciones anteriores, para fases transitorias se adoptará el correspondiente a un periodo de retorno del mismo orden de magnitud que la duración de la fase para las fases transitorias prolongadas en relación con la duración de la fase de servicio y el doble de dicho valor para los casos de transitoriedad menos prolongada, con un valor mínimo de 2 años.
- Cuando la probabilidad de ocurrencia adjudicada al modo de fallo analizado en estas condiciones durante la fase considerada sea mayor que 0.05, se adoptará el cuantil correspondiente a una probabilidad de excedencia en la fase igual a la probabilidad adjudicada al modo de fallo en las condiciones analizadas. Aún cuando la probabilidad de ocurrencia adjudicada al modo de fallo analizado en estas condiciones sea igual o menor que 0.05 pero no se disponga de ecuaciones de verificación taradas con los coeficientes de mayoración y seguridad que lleven a la probabilidad de fallo utilizando como valores representativos los correspondientes a periodos de retorno de 50 y 500 años (para fase de servicio) o a periodos de retorno similares a la duración de la fase (para fases transitorias) es más fiable adoptar como valores representativos los asociados con el cuantil correspondiente a la probabilidad de excedencia adjudicada al modo de fallo en las condiciones de trabajo analizadas.

b₃₂) Los valores representativos del resto de agentes de actuación simultánea que sean relevantes en el emplazamiento serán:

- El valor característico para los agentes considerados de carácter permanente en el estado sísmico, en los que ningún agente climático tenga incidencia en su definición.
- Para el resto de los agentes que sean desfavorables para el modo de fallo considerado se adoptará el valor cuasi-permanente o, en su caso, los valores compatibles con éste para los agentes dependientes entre sí.

Los valores característicos y cuasi-permanentes de estos agentes para estas condiciones sísmicas extremas y excepcionales se detallan en el apartado correspondiente a su definición (apartado 4.6 de la ROM 2.0).

Los valores representativos compatibles de los agentes de actuación simultánea que se deben considerar en condiciones extremas o excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica se resumen en la figura 4.1.1.3. La combinación de los valores representativos compatibles de los agentes de actuación simultánea correspondientes a condiciones extremas o excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica constituye la combinación denominada sísmica.

c) En condiciones operativas

En la verificación de un modo de fallo en condiciones de trabajo operativas asociadas a cada modo de parada se considera que el agente predominante en estas condiciones de trabajo es el agente de uso y explotación asociado a la operación considerada, definido directamente a través de su valor límite de operatividad o indirectamente a través de los valores del agente cuando actúan los valores umbrales de los agentes climáticos que provocan la parada operativa.

Las condiciones operativas se consideran generalmente para la verificación de la obra durante la fase de servicio, sin perjuicio de que el promotor de la instalación requiera expresamente la comprobación de condiciones operativas durante fases transitorias como la entrada parcial en servicio, condiciones operativas post-extremas o condiciones operativas post-excepcionales (Ver ROM 0.0), así como durante las fases de construcción y reparación. En particular, si no están previstas en el proyecto condiciones de proyecto durante la fase de construcción, deberán verificarse condiciones operativas en esa fase si el procedimiento constructivo utilizado por el constructor somete a la obra a este tipo de condición.

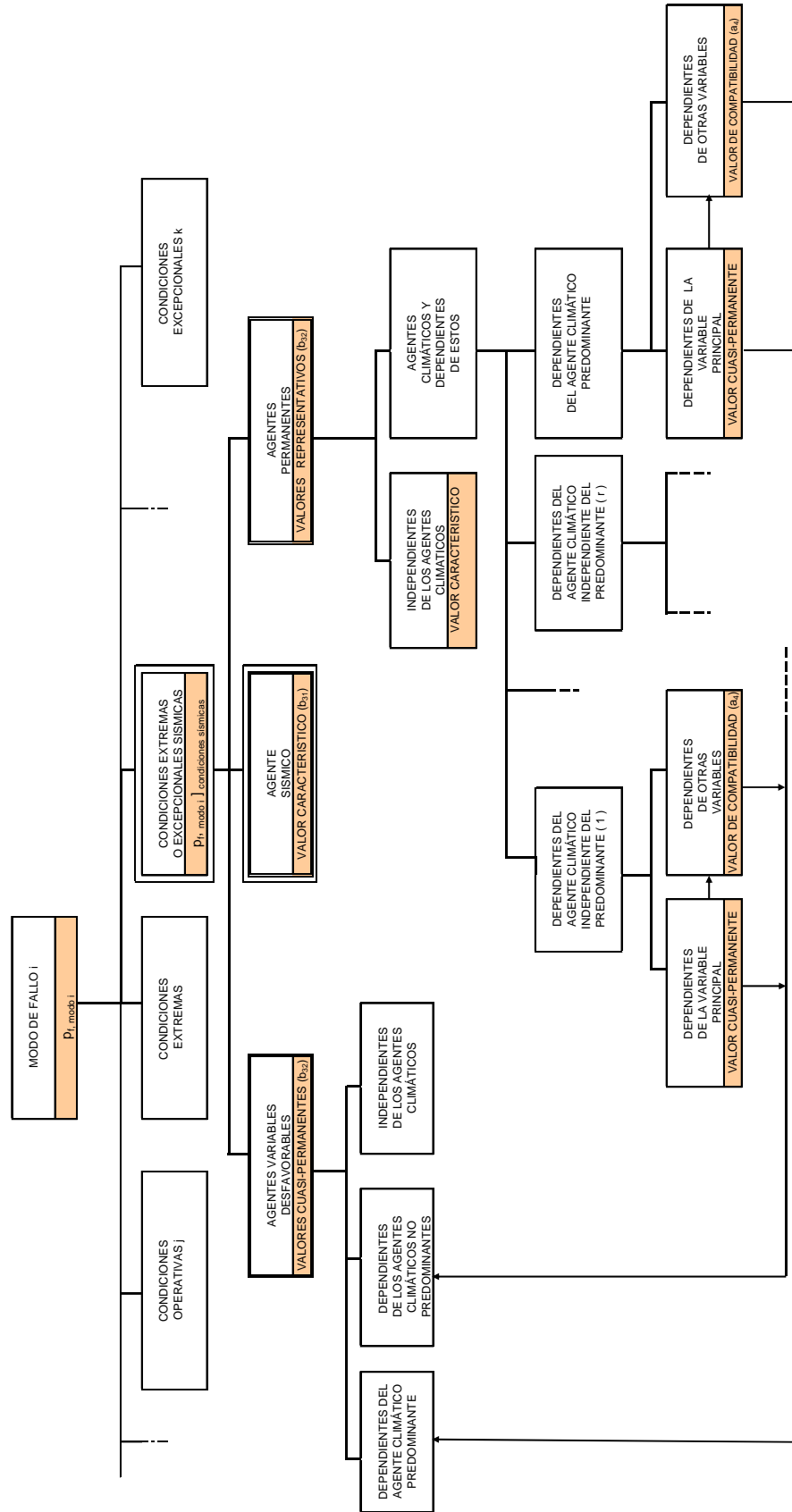
Para la verificación de esta condición con criterio incondicional de no fallo o con probabilidades de fallo menores del 5 % se adoptarán los siguientes valores representativos, siempre que se disponga de ecuaciones de verificación del modo de fallo taradas con coeficientes de mayoración y seguridad que lleven a las citadas probabilidades de fallo utilizando estos valores representativos :

c₁) Para la acción de uso y explotación predominante, la cual define el modo de parada:

- El valor límite de operatividad establecido.
En el caso de que el valor límite de operatividad esté definido a través de la variable climática de la que depende este agente de uso y explotación, se adoptará con carácter general como valor umbral de la misma el más limitativo de entre los correspondientes a dicha variable climática en las diferentes causas de paralización asociadas con el modo de parada considerado en las que es predominante. Si la causa de paralización más desfavorable para el modo de fallo analizado no tiene como variable climática predominante aquella de la que depende el agente de uso y explotación, se adoptará para esta última su valor de compatibilidad con la variable climática predominante de dicha causas de paralización (valores c_2 y c_3) (Ver figura 4.1.1.4).

c₂) Para las variables principales de los agentes climáticos de actuación simultánea independientes de la variable climática predominante de la que depende el agente de uso y explotación que define el modo de parada operativa, que sean relevantes en el emplazamiento:

FIGURA 4.1.1.3. VALORES REPRESENTATIVOS COMPATIBLES DE LOS AGENTES DE ACTUACIÓN SIMULTÁNEA EN CONDICIONES EXTREMAS O EXCEPCIONALES DEBIDAS A LA PRESENTACIÓN DE UNA ACCIÓN SÍSMICA (Combinación sísmica para modos de fallo adscritos a estados límites últimos)



NOTAS

- La definición de los diferentes valores representativos indicados en la tabla con las denominaciones b_{31} , b_{32} y a_4 se incluye en los subapartados de este apartado bajo idéntica denominación.

- El valor de compatibilidad será el valor cuasi-permanente; es decir el correspondiente al cuantil del 50 % tomado del régimen medio, sin superar, en su caso, los límites de operatividad que pudieran estar establecidos individualmente para dichos agentes en el modo de parada considerado.

c₃) Para las variables de los agentes climáticos dependientes de las que provocan la parada operativa o de las variables de los agentes climáticos independientes de éstos:

- El valor de compatibilidad será el correspondiente al cuantil del 85 % o del 15 % de la función de distribución de la variable correlacionada condicionada al valor adoptado para la variable de la que depende, en función de que sean más desfavorables los valores superiores o inferiores de la variable correlacionada.

c₄) Para el resto de agentes de actuación simultánea que sean relevantes en el emplazamiento:

- El valor característico para los agentes considerados de carácter permanente en el estado definido por el agente climático que provoca la parada operativa, en los que ningún agente climático tenga incidencia en su definición.
- Para el resto de agentes desfavorables para el modo de fallo considerado se adoptará el valor de combinación. Para la definición del valor de combinación se considerará, en su caso, que la variable del agente climático que tiene incidencia en el mismo actúa con el valor representativo adoptado para el mismo en estas condiciones, de acuerdo con lo definido en este apartado.

Los agentes de uso y explotación predominantes que definen cada modo de parada, las causas de paralización asociadas al modo, así como los valores límite de operatividad y los valores de combinación de estos agentes se detallan en el apartado correspondiente a su definición (apartado 4.6. de la ROM 2.0).

Los valores representativos compatibles de los agentes de actuación simultánea que se deben considerar en condiciones operativas se resumen en la figura 4.1.1.4. La combinación de los valores compatibles de los agentes de actuación simultánea correspondientes a condiciones operativas constituye la combinación denominada poco frecuente o fundamental operativa.

4.1.1.2 Verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio

Para las obras de atraque y amarre se verificará que la probabilidad de ocurrencia de cada modo de fallo (i) adscrito a estados límite de servicio en la fase de proyecto considerada es menor o igual que la probabilidad de fallo asignada a dicho modo en el correspondiente diagrama de fallo (Ver apartados 2.5.3. y 2.5.4. de la ROM 1.0 y 3.4.4 de la ROM 2.0).

Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación aplicable para dicha verificación en cada condición de trabajo sea ROM 2.0. OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE. CAPITULO 4. (Aprobado en Comisión en JUNIO 2008)

la combinación poco probable o fundamental, la accidental o la sísmica, será de aplicación lo dispuesto en el apartado 4.1.1.1 para los modos de fallo adscritos a estados límite últimos tanto en lo que respecta a la distribución de probabilidades entre las distintas condiciones de trabajo como a la simultaneidad y valores compatibles de los agentes que definen los estados límites de proyecto.

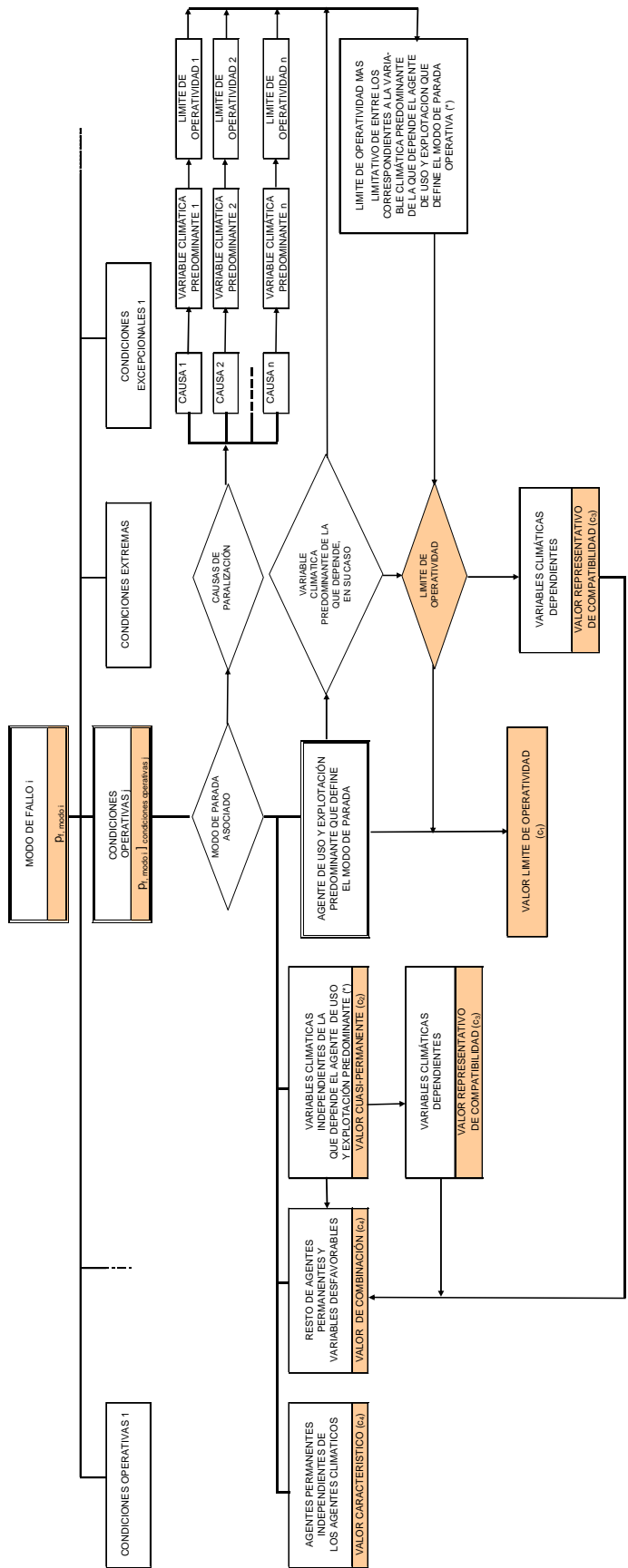
Los modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación aplicable en la ecuación de verificación sea la frecuente o cuasi-permanente (Ver ROM 0.0), en general, salvo que se señale expresamente lo contrario, se considerará que el cumplimiento de la misma está asociado al criterio incondicional de no fallo funcional o de servicio ($p_f < 10^{-4}$). Para estos casos, la simultaneidad y valores representativos compatibles de los agentes que definen los estados límite de proyecto serán equivalentes para la combinación frecuente a los definidos para estados límite últimos en condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental (apartado 4.1.1.1.1. b₂), no considerando la actuación de la acción accidental. Para la combinación cuasi-permanente serán equivalentes a los definidos para estados límite últimos en condiciones de trabajo extremas o excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica (apartado 4.1.1.1. b₃), no considerando la actuación de la acción sísmica.

4.1.1.3 Verificación de modos de parada operativa

Para las obras de atraque y amarre se verificará que la probabilidad de parada conjunta en la fase de proyecto considerada, así como la contribución a la misma de cada modo de parada (i) son, respectivamente, menores o iguales a la probabilidad conjunta de parada exigida en el proyecto (Ver apartado 3.4) y a las asignadas a cada modo en el correspondiente diagrama de paradas, definido en función de los criterios y condiciones de explotación considerados para cumplir los niveles de calidad del servicio establecidos por su promotor. Los criterios y condiciones de explotación considerados para definir el citado diagrama, la contribución de cada modo a la probabilidad de parada conjunta y los valores límite de operatividad de los agentes climáticos para cada causa de paralización que afecta a las obras de atraque y amarre deberán cumplir como mínimo los siguientes requerimientos:

- Las condiciones de parada correspondientes a la accesibilidad de los buques a la instalación de atraque suelen estar asociadas a valores de los agentes climáticos en general menos limitativos (umbrales de operatividad mayores) que los correspondientes a las operaciones de atraque, aunque se recomienda que se consideren para la paralización de las operaciones de atraque los valores que correspondan en el emplazamiento a los que producen la suspensión de la accesibilidad marítima, ya que es conveniente que un buque pueda atracar siempre que pueda acceder a la instalación para no aumentar innecesariamente los tiempos de espera y, por tanto reducir su nivel de servicio. La excepción a esta recomendación se produce cuando las condiciones de parada adoptadas para la permanencia del buque en el atraque dependientes de estos agentes sean por cualquier razón más limitativas que las de accesibilidad marítima. Es decir, excepto que se produzca esta última circunstancia, se considerará que estos dos modos de parada se producen simultáneamente para las causas de paralización dependientes de estos agentes, computándose una única vez su contribución a la probabilidad conjunta.

FIGURA 4.1.1.4. VALORES REPRESENTATIVOS COMPATIBLES DE LOS AGENTES DE ACTUACIÓN SIMULTÁNEA EN CONDICIONES OPERATIVAS (Combinación fundamental operativa para modos de fallo adscritos a estados límites últimos)



NOTAS

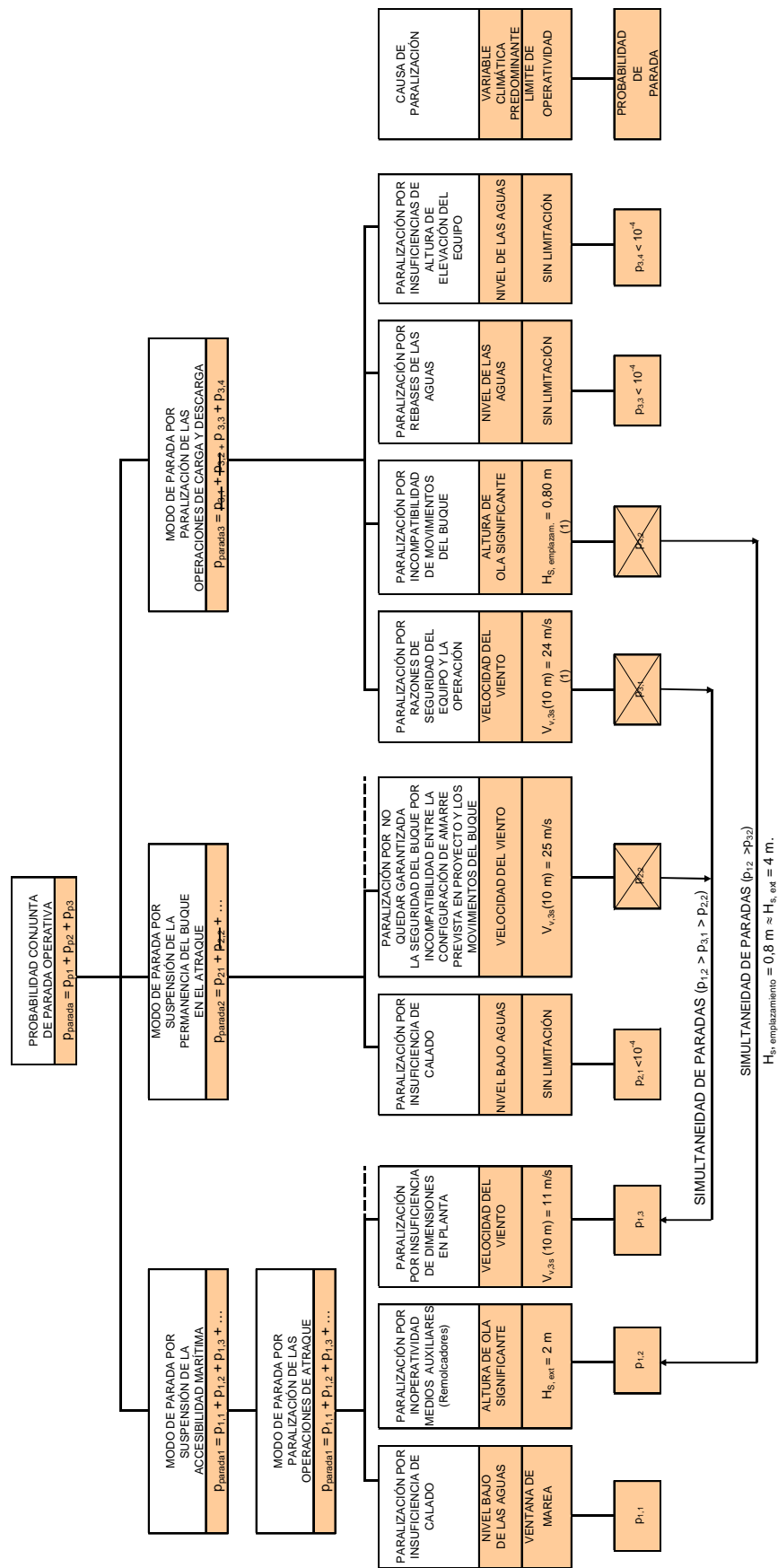
- La definición de los diferentes valores representativos indicados en la tabla con las denominaciones c_1 , c_2 , c_3 , c_4 se incluye en los subapartados de este apartado bajo idéntica denominación.
 - (*) Si la causa de paralización más desfavorable para el modo de fallo analizado no tiene como variable climática predominante aquella de la que depende el agente de uso y explotación, se adoptará para esta última su valor de compatibilidad con la variable climática predominante de la causa de paralización (c_2 y c_3). En el caso de que la variable climática predominante de la causa de paralización más desfavorable para el modo de fallo sea independiente de la que depende el agente de uso y explotación que define el modo de parada, el valor representativo de dicha variable será el correspondiente al límite de operatividad de la misma.

- Las condiciones de parada correspondientes a la permanencia de los buques en el atraque deben ser producidas por valores iguales o menos limitativos de los agentes climáticos que las correspondientes a las operaciones de atraque, ya que un buque debe poder permanecer en el atraque siempre que pueda atracar en el mismo. En el caso de que las condiciones de parada dependientes de estos agentes asociadas a la permanencia del buque en el atraque sean más limitativas que las de accesibilidad marítima, se considerará que los modos de parada operación de atraque y permanencia en el mismo se producen simultáneamente con los mismos valores de los agentes climáticos, computándose una única vez su contribución a la probabilidad conjunta.
- Si, por razones económicas asociadas con el coste de primer establecimiento y/o mantenimiento de los accesos marítimos a la instalación de atraque, se adoptan condiciones de parada para la accesibilidad de los buques a la instalación asociadas a valores de los agentes climáticos más limitativos que los de la permanencia de los buques en el atraque, por condiciones de seguridad deberá verificarse que la permanencia de los buques en el atraque no tiene limitada la operatividad dependiente de esos agentes.⁷
- En el caso de que el atraque sea de uso comercial para mercancías peligrosas, deberá considerarse que las condiciones de parada correspondientes a la accesibilidad del buque a la instalación de atraque son menos limitativas que las de permanencia de los buques en el atraque, ya que un buque que transporta este tipo de mercancías debe poder dejar el atraque en cualquier momento por razones de seguridad. En este caso es recomendable considerar que estos tres modos de parada se producen simultáneamente para los mismos valores de los agentes climáticos, computándose una única vez su contribución a la probabilidad conjunta.
- Las condiciones de parada correspondientes a la permanencia de buques en el atraque deben ser producidas por valores menos limitativos de los agentes climáticos que las correspondientes a la realización de las operaciones de carga y descarga de mercancías o embarque y desembarque de pasajeros con buque atracado, ya que un buque debe poder permanecer en el atraque cuando se paralizan las operaciones de carga y descarga de mercancías o de embarque y desembarque de pasajeros debido a dichos agentes.

De acuerdo con estos criterios mínimos de explotación, para la verificación de la probabilidad de parada operativa de la instalación portuaria de atraque será suficiente considerar como máximo la contribución del modo de parada correspondiente a la accesibilidad de los buques a la instalación de atraque, a la permanencia de los buques en el atraque y a la realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado, ya que el correspondiente a las operaciones de atraque se produce simultáneamente, bien con el modo de parada correspondiente a la accesibilidad o bien con el de permanencia en el atraque. En la figura 4.1.1.5 se incluye un ejemplo de diagrama de parada operativa, aplicando los citados criterios mínimos de explotación a un atraque de uso comercial para mercancía general no peligrosa con manipulación de mercancías mediante sistemas discontinuos por elevación, considerando condiciones de permanencia en el atraque menos limitativas que las condiciones de accesibilidad del buque al puesto de atraque.

⁷ Un ejemplo de esta circunstancia es cuando la accesibilidad a una instalación de atraque está condicionada por limitaciones de calado y las operaciones de acceso y atraque son posibles únicamente mientras el nivel de las aguas se mantiene por encima de un nivel o “ventana” de marea (Ver ROM 3.1-99), pero se garantiza la permanencia del buque en el puesto de atraque por razones de calado en todo momento por medio de una fosa o zanja de dragado con objeto de aumentar la operatividad de la instalación en lo que respecta a la realización de las operaciones de carga y descarga.

FIGURA 4.1.1.5. EJEMPLO DE DIAGRAMA DE PARADA OPERATIVA DE UNA INSTALACIÓN DE ATRAQUE (Atraque de uso comercial para mercancía general no peligrosas con manipulación de mercancías mediante sistemas discontinuos por elevación, emplazado en un área interior o abrigada respecto al oleaje y no adosado a una obra de abrigo. Para condiciones de permanencia en el atraque menos limitativas que las condiciones de accesibilidad del buque al puerto de atraque)



NOTAS

1) Simplificadamente, se ha considerado que la ubicación de la obra de atraque permite admitir que las variables climáticas son independientes entre sí.

La cota inferior del nivel de operatividad de la instalación portuaria, tanto si los modos de parada considerados son mutuamente excluyentes como si no lo son, podrá aproximarse al complementario de la suma de las probabilidades de parada correspondientes a dichos modos de parada para cada una de las causas de paralización (Ver apartado 2.5.3 ROM 1.0 y figura 4.1.1.5). Es decir:

$$1 - [p_1(\text{parada por suspensión de la accesibilidad del buque}) + p_2(\text{parada por suspensión de la permanencia del buque en el atraque}) + p_3(\text{parada por paralización operaciones carga y descarga})] = 1 - [(p_1, \text{causa de paralización 1}) + \dots + (p_1, \text{causa de paralización j}) + \dots + (p_3, \text{causa de paralización 1}) + \dots + (p_3, \text{causa de paralización k})]$$

Una mayor aproximación al nivel real de operatividad se podrá obtener tomando en consideración que algunas causas de paralización pueden ocurrir simultáneamente. En aquellos casos en los que dos o más modos de parada o causas de paralización puedan ocurrir simultáneamente al depender de valores umbral de las mismas variables climáticas o de variables dependientes entre sí, se podrá considerar que la contribución a la operatividad conjunta de cada una de las causas de paralización es la siguiente:

Cuando las variables de los agentes climáticos predominantes asociados a cada una de las causas de paralización puedan considerarse independientes entre sí, se considerará simplificada que no se produce simultaneidad de causas de paralización (causas de paralización mutuamente excluyentes). En ese caso, la contribución de cada causa a la probabilidad de parada se definirá como la probabilidad de excedencia⁸ de los valores umbral establecidos para cada una de las variables, obtenida considerando su régimen medio marginal o, en su caso, conjunto. Si la causa de paralización puede ser debida a varios agentes o variables considerados individualmente, se adoptará como predominante aquél o aquélla que más condiciona la operatividad de la instalación (valor umbral con mayor probabilidad de excedencia).

En el caso de que alguna de las causas de paralización pueda ocurrir simultáneamente (causas no excluyentes) por ser debidas al mismo agente o variable climática o a agentes o variables climáticos dependientes, para el cálculo de las contribuciones de cada modo y causa a la probabilidad de parada conjunta se seguirá el siguiente procedimiento:

- Cuando los modos de parada en alguna de las causas de paralización que los producen estén asociados a las mismas variables climáticas predominantes, a estos efectos se considerará únicamente la contribución a la probabilidad de parada de la causa de paralización asociada con los menores valores umbral absolutos de dichas variables (la que produce una mayor probabilidad de parada); es decir, no tomando en consideración en su caso las transformaciones de las mismas en función del emplazamiento. La probabilidad de parada asociada a esta causa se definirá como la probabilidad de excedencia de dichos valores umbral, obtenida considerando su régimen medio marginal o, en su caso, conjunto (Ver nota 8) (Ver figura 4.1.1.5).
- Si la causa de paralización de un modo puede ser debida a varios agentes o variables climáticas considerando que actúan individualmente se adoptará como predominante aquél o aquélla que más condiciona la operatividad, siempre que no sea el predominante de otra causa de paralización con menores valores umbral. En este último

⁸ La probabilidad será de no excedencia cuando la ventana de operatividad esté definida para valores superiores a un valor umbral en lugar de para valores inferiores (p.e. cuando la variable climática que define la parada operativa es el nivel bajo de las aguas).

- caso, se adoptará como predominante la que condiciona más la operatividad de entre el resto de variables (Ver figura 4.1.1.5).
- Cuando la variable climática predominante asociada a alguna de las causas de paralización sea dependiente de la predominante asociada a otra (variable predominante principal. Ver apartado 4.6.2.1), la contribución de esta causa de paralización a la probabilidad conjunta se definirá como la probabilidad de excedencia del valor umbral adoptado para la variable climática dependiente, obtenida considerando el régimen medio de dicha variable condicionado a la no superación de valor umbral absoluto más limitativo de la variable de la que depende, de entre los adoptados en las diferentes causas de paralización (Ver Nota 8). A estos efectos, se adoptará como variable principal, la predominante correspondiente a la causas de paralización que más condiciona la operatividad de la instalación.

En los casos en los que una o varias causas de paralización puedan ser debidas a diferentes agentes o variables climáticos considerando que actúan individualmente, se evaluarán las consecuencias que tiene en la cuantificación de la operatividad de la instalación el adoptar para cada causa de paralización uno u otro agente o variable climático como predominante, con el objeto de aproximarnos lo más posible a la operatividad real de la instalación de atraque. Se adoptará como agente predominante el que de lugar a una menor operatividad, calculada mediante el procedimiento y criterios descritos en este apartado.

Las causas de paralización asociadas a cada uno de los modos de parada se desarrollan en los apartados de esta Recomendación correspondientes a la definición de los agentes de uso y explotación predominantes en cada modo. Es decir, para el modo de parada “realización de las operaciones de carga y descarga de embarque de mercancías o embarque y desembarque de pasajeros con buque atracado” en el apartado 4.6.4.2, para el modo de parada “operaciones de atraque de buques” en el apartado 4.6.4.4.3 y para el modo de parada “permanencia de buques en el atraque” en el apartado 4.6.4.4.7. Las causas de paralización asociadas al modo de parada “accesibilidad marítima” se desarrollan en la ROM 3.1-99.

4.1.2 Para métodos de Nivel II Y III

Para formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación podrán definirse los agentes por sus variables de estado o bien, dependiendo de la ecuación de verificación utilizada y de forma mucho más precisa, considerando, si es posible, además la variabilidad en cada estado de las variables básicas correspondientes a cada agente.

La verificación de la obra mediante métodos probabilísticos puede realizarse del lado de la seguridad modo a modo, comprobando que la probabilidad de ocurrencia del mismo en la fase de proyecto considerada es menor o igual que la probabilidad de fallo o parada asignada a dicho modo en el correspondiente diagrama de fallo o parada de acuerdo con los criterios establecidos en esta Recomendación sobre el reparto de la probabilidad idóneo para la optimización económica de la obra, o bien de forma conjunta considerando simultáneamente todos los modos principales y comprobando que la probabilidad conjunta de fallo o parada es menor o igual que la asignada al conjunto de la obra. Esta última opción es mucho más precisa al poder tomar en consideración la posibilidad de que varios modos de fallo o parada principales no sean en realidad excluyentes y puedan

producirse simultáneamente. Además tiene la ventaja de no ser necesario establecer previamente los criterios para la distribución de la probabilidad de fallo o parada entre los distintos modos principales a la hora de comprobar una alternativa, aunque por dicha razón se complica más el proceso para la toma de decisiones sobre cual es la más conveniente para el proyecto de inversión. Con este último procedimiento, con objeto de simplificar los cálculos, es recomendable que los modos no principales se verifiquen individualmente a criterio incondicional de no fallo mediante métodos de Nivel I, no considerando su contribución a la probabilidad conjunta de fallo.

Para los métodos de Nivel II y III no se definen específicamente estados límite de proyecto. En este caso los estados límite son un resultado del método.

No obstante, para evitar un número excesivo de comprobaciones, para cada fase o subfase de proyecto, se recomienda diferenciar la verificación de la ocurrencia de cada uno de los modos adscritos a estados límite últimos y de servicio o de la totalidad de los mismos sucesivamente para condiciones de trabajo operativas, para condiciones extremas y para condiciones excepcionales, ya que son excluyentes, y eliminar aquellos estados en los que la probabilidad de producirse el modo es despreciable ($<10^{-4}$).

Comentario: Se recuerda que en los métodos de Nivel II y III no es necesario definir específicamente los estados límites ya que la verificación de cada modo de fallo no se realiza únicamente en estados o situaciones límite asociados con una determinada probabilidad de fallo o parada, sino en todos y cada uno de los estados que se presentan a lo largo de la duración de la fase o subfase de proyecto analizada, obteniéndose la probabilidad de fallo o parada mediante la integración de la función de densidad conjunta de los factores de proyecto que intervienen en cada modo de fallo en el dominio de fallo definido por la ecuación de verificación. Dicha integral puede ser resuelta bien por integración directa (raramente posible), bien por simulación numérica (p.e. simulación de Monte Carlo (Nivel III), bien por transformación del integrando para trabajar con variables gaussianas independientes (Nivel II). Es decir, los métodos II y III son únicamente diferentes procedimientos matemáticos para la resolución de la citada integral (Ver ROM 0.0).

4.2 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

En cada estado de proyecto, los parámetros geométricos se considerarán de carácter permanente y se definirán a través de valores nominales, cualquiera que sea el formato de la ecuación de verificación utilizado.

4.2.1 Geometría de la obra de atraque y amarre

El valor nominal de los parámetros geométricos que definen las dimensiones de la obra y de cada uno de sus tramos en cada fase o subfase de proyecto es el fijado por el proyectista e incluido en los planos y se corresponde con su valor medio.

En el caso de que se admitan desviaciones de los parámetros geométricos (tolerancias) debidas al proceso constructivo o a la fabricación que puedan ser relevantes en el proceso de verificación, el valor nominal de los parámetros geométricos incluirá la tolerancia en más o en menos según sea desfavorable en la verificación. Las tolerancias admisibles deberán consignarse en los planos y en el Pliego de Prescripciones Técnicas. En el caso de que no se consignen se considerará que son nulas. En los apartados de esta Recomendación correspondientes a las distintas tipologías estructurales se incluyen las tolerancias usuales admisibles en las obras de atraque y amarre.

4.2.2 Geometría del terreno

Deberá disponerse de un modelo completo de configuración geométrica del terreno, tanto emergido como sumergido, en el emplazamiento de la obra, extendiéndose espacialmente hasta incluir todas las zonas que pudieran estar afectadas por los distintos modos de fallo o tener incidencia en la definición de los agentes o acciones de proyecto. Dicho modelo quedará definido por:

- Las cotas de la superficie del terreno.
- Las cotas de los niveles estratigráficos que definen los distintos tipos de terreno y sus contactos.

El valor nominal de las cotas de la superficie del terreno se obtendrá a partir de levantamientos topográficos y batimétricos específicos realizados recientemente en el emplazamiento de la obra, que permitan su representación de una forma suficientemente precisa y fiable para los cálculos y para el proceso constructivo. Dicho valor se corresponde, en general, con un valor medio. La descripción de las técnicas y métodos utilizados en este tipo de trabajos excede del ámbito de esta ROM. Con carácter general, se considera suficientemente preciso y fiable para este tipo de obras la realización de los levantamientos batimétricos con ecosondas adaptadas a la profundidad y naturaleza del terreno en conjunción con sistemas electrónicos de posicionamiento, con espaciamientos de perfiles entre 10 y 25 m en el emplazamiento de la obra de atraque (hasta 50 m si el fondo es aplacerado y regular), entre 20 y 50 m en las zonas más próximas y entre 50 y 100 m en las áreas correspondientes a los canales de navegación y áreas de maniobra, dependiendo de la irregularidad del fondo. En aquellas áreas cuya profundidad afecte a

las condiciones de propagación del oleaje hasta la obra ($h < L/2$), cualquier cambio batimétrico ($\Delta h/L$) que tenga unas dimensiones horizontales [$b_x/L \geq 0.1$] o [$b_y/L \geq 0.1$] transforma las características del oleaje, por lo que en esos casos es recomendable espaciamientos de perfiles menores de $L/8$.⁹ Las ecosondas convencionales (monohaz y frecuencia única baja entre 20 y 80 kHz)) pueden dar errores importantes en áreas con suelos blandos, fangos o altas concentraciones de sedimentos en suspensión en superficie al no reflejar en dichas capas. En estas áreas es imprescindible la utilización de ecosondas de doble frecuencia (33 y 210 kHz) que permiten detectar la capa superior y el espesor de este tipo de sedimentos. A su vez en zonas con una alta irregularidad o con la posibilidad de existencia de obstáculos es recomendable utilizar otros sistemas más precisos como ecosondas multihaz. En cualquier caso, deberá indicarse siempre la precisión de los levantamientos.

En España, el nivel de referencia topográfico (NRT) es el nivel medio del mar en Alicante. El nivel de referencia de los levantamientos batimétricos (NRM, nivel de referencia marino), suele ser local, adoptándose el cero del puerto, la bajamar máxima o cualquier otro nivel de referencia. Para evitar confusiones se recomienda que tanto los levantamientos topográficos como los batimétricos se refieran a un mismo plano de referencia, el cual debe materializarse sobre el terreno para permitir replanteos y comprobaciones ulteriores y que dicho nivel de referencia sea el marino (NRM). A estos efectos se recomienda que se incluya en un plano general del proyecto un croquis con la definición relativa de estos niveles.

La cartografía oficial publicada de carácter general tanto topográfica como batimétrica puede ser útil para estudios previos, pero insuficiente para las fases de anteproyecto y proyecto constructivo, debido a escalas no adecuadas y a que puede no ser totalmente fiable por falta de actualización, sin recoger procesos de sedimentación, erosión, vertidos,... que pueden haberse producido de forma reciente. Las escalas de levantamiento recomendadas para el proyecto y construcción de obras de atraque y amarre son 1:500, 1:1000 y 1:2000. No obstante, para la definición de los procesos de transformación de los agentes climáticos marinos son normalmente suficientes escalas del orden de 1:10.000 para las zonas con profundidades reducidas ($h < L/20$) y de hasta 1:50.000 para aquéllas con profundidades intermedias ($L/20 < h < L/2$). No obstante, si dichas zonas tienen una batimetría muy irregular o con presencia de bajos o cauces de dimensiones apreciables a estos efectos [$b/L \geq 0.1$], la escala seleccionada deberá ser capaz de identificarlos.

Los valores de los parámetros geométricos de la superficie del terreno pueden estar sometidos a desviaciones causadas por imprecisiones en los levantamientos, tolerancias en la ejecución de los trabajos de dragado y variaciones en el tiempo debido a la existencia en el área de procesos morfológicos de sedimentación o erosión, bien naturales, bien causados por estructuras próximas o por la explotación portuaria, así como a asientos, los cuales deben ser investigados y cuantificados por el proyectista. En el caso de que estos procesos se puedan producir, el valor nominal de los parámetros geométricos incluirá el valor de dichas alteraciones cuando sean desfavorables para el proceso de verificación (Ver ROM 3.1-99).

⁹ Se adoptará como valor de L el correspondiente a longitud de onda asociada al periodo medio del oleaje en el estado de mar de proyecto más desfavorable a estos efectos.

Como caso particular, para la definición geométrica del calado en el atraque se considerará suficiente la aplicación del calado nominal o del de proyecto respectivamente en función del nivel que sea más desfavorable para la verificación de cada modo de fallo o parada analizado, siempre y cuando no se considere la posibilidad de que se presenten erosiones o socavaciones por debajo del calado de proyecto o sedimentaciones por encima del calado nominal. La definición de estos niveles se recoge en el apartado 3.2.2.2 de esta Recomendación. En el caso de que se considere la posibilidad de erosiones o socavaciones se deberá cuantificar el fenómeno y considerar niveles inferiores al calado de proyecto en función de dicha cuantificación. De igual forma, en el caso de que se considere la posibilidad de sedimentaciones se deberá igualmente cuantificar el fenómeno y considerar niveles superiores al calado nominal en función de dicha cuantificación.

Las cotas de los niveles estratigráficos que definen los distintos tipos de terreno y sus contactos serán las deducidas de los reconocimientos geológico-geotécnicos donde deben quedar claramente establecidos los distintos tipos de terreno y sus contactos. Los criterios de identificación de los diferentes terrenos, así como la intensidad y profundidad del reconocimiento geotécnico necesario para las obras de atraque y amarre para la fiabilidad y precisión de esta definición se recogen en la ROM 0.5-05 (Ver apartados 2.3, 2.7.2 y 2.12 a 2.14).

4.2.3 Niveles de las aguas

Al contrario que en la mayor parte de la ingeniería civil, en la ingeniería marítima y portuaria los niveles tanto de las aguas exteriores como de los niveles de saturación en terrenos naturales y rellenos suelen no considerarse, dada su variabilidad, como factores geométricos sino como un agente climático, no siendo en consecuencia de aplicación a los mismos las recomendaciones generales dadas en este apartado para el tratamiento de los parámetros geométricos. Por dicha razón su definición se desarrolla más ampliamente en el apartado de esta ROM correspondiente a los agentes climáticos (Ver apartado 4.6.2.1).

Por tanto, también a los efectos de la definición geométrica de la obra y del terreno, los niveles de las aguas libres exteriores y de los niveles de saturación en terrenos naturales y rellenos que se adopten serán los compatibles con los distintos ciclos de sollicitación de los agentes predominantes de los estados de proyecto analizados.

4.3 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL TERRENO

Una vez definido el comportamiento del suelo que corresponde a cada estado de proyecto (Ver ROM 0.5-05 y apartado 4.6 de esta Recomendación), las propiedades del terreno, tanto si se trabaja en tensiones totales como efectivas, se considerarán de carácter permanente en dicho estado. En función del tipo de formulación de la ecuación de verificación, las propiedades del terreno se definirán:

4.3.1 Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas

Para las formulaciones determinista y determinista-probabilista de la ecuación de verificación, las propiedades del terreno que intervienen en la misma se definirán a través de valores nominales o representativos de cada capa homogénea del terreno.

Con carácter general se admitirá que el valor representativo de las propiedades del terreno es una *estimación prudente del valor medio* de los resultados obtenidos a través de una investigación geotécnica suficientemente fiable y precisa correspondiente a la zona de afección del modo de fallo considerado, salvo que por algún motivo debidamente justificado, el proyectista decida optar por un valor más conservador. Tales excepciones suelen darse en aquellos casos en los que, por ejemplo, la información disponible no se considere suficiente para su tratamiento estadístico o se observe una gran dispersión de resultados. No obstante, cuando se disponga de una base estadística que permita la determinación de la función de distribución de un determinado parámetro geotécnico, su valor representativo será el valor característico o valor correspondiente al cuantil de la probabilidad de no excedencia del 5 % o del 95 % según resulte más desfavorable para los cálculos.

Para las obras de atraque y amarre, la intensidad y profundidad de la investigación geotécnica necesaria para considerar que ésta es suficientemente fiable y precisa se recoge en la ROM 0.5-05 (apartados 2.3, 2.7.2, 2.12 a 2.14 y 3.3.10).

4.3.2 Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilistas de la ecuación de verificación, las propiedades del terreno que intervienen en la misma, correspondientes a cada capa homogénea, se definirán a través de su función de distribución.

Con carácter general y siempre que no se haya podido identificar expresamente una ley de variación más acorde con la variabilidad observada de cada parámetro geotécnico, se podrá adoptar como función de distribución la función log-normal definida por el valor medio (λ) y la desviación estándar (ζ) del logaritmo del parámetro geotécnico (X). Es decir:

$$\text{Valor medio del logaritmo:} \quad \lambda = \ln X_m - \frac{1}{2} \zeta^2$$

$$\text{Desviación estándar del logaritmo:} \quad \zeta = \sqrt{\ln(1 + v^2)}$$

Donde X_m y v son, respectivamente, el valor medio de X y su coeficiente de variación (Ver ROM 0.5-05).

En aquellos casos en los que la variabilidad del parámetro no se considere significativa; es decir que, en el rango de variación observado, ésta no sea relevante para el modo de fallo, los parámetros del terreno podrán, simplifícadamente, introducirse en la ecuación de verificación a través de su valor representativo.

En la ROM 0.5-05, así como en los apartados de esta Recomendación referidos a cada tipología, se recogen los parámetros del terreno a considerar para la verificación de cada modo de fallo en cada estado de proyecto.

4.4 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En las obras de atraque y amarre, los materiales de construcción más frecuentemente utilizados son: hormigón, acero, materiales de cantera, rellenos naturales, geotextiles, plásticos, aluminio y madera.

En cada estado de proyecto, las propiedades de dichos materiales se considerarán de carácter permanente y, con carácter general, podrán definirse simplificadaamente, a través de valores nominales o representativos tanto si las ecuaciones de verificación se escriben en los formatos determinista o determinista-probabilista como en el probabilista, ya que los procesos constructivos y de fabricación están sometidos normalmente a procesos de control de calidad que limitan enormemente la variabilidad de las propiedades de los materiales.

El valor nominal o representativo de las propiedades de los materiales que compondrán la obra será especificado por el proyectista, así como los límites admisibles del rango de variación, debiendo consignarse en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

Dichos valores se corresponden normalmente con:

- Para las propiedades del hormigón, acero, geotextiles, plásticos, aluminio y madera:
 - Para los pesos específicos y otros parámetros de resistencia, el valor característico o valor correspondiente al cuantil de la probabilidad de no excedencia del 5 % o del 95 %, según sea más desfavorable para los cálculos, correspondiente a la función de distribución de la propiedad considerada.
 - Para los parámetros de deformación, el valor medio.
- Para las propiedades de materiales de cantera y rellenos naturales: con la estimación prudente del valor medio. En el caso de los rellenos naturales deberán tenerse en cuenta las variaciones que experimentan los parámetros del terreno por el sólo hecho de ser removido de su lugar natural, así como el procedimiento de puesta en obra.

En el caso de que sea necesario considerar la variabilidad de las propiedades de los materiales en formulaciones probabilistas por ser relevante para el modo de fallo analizado, las propiedades de los materiales se definirán a través de su función de distribución. La ley de distribución más acorde con cada propiedad de los materiales, en función del nivel de control de calidad adoptado, se recoge en la ROM 0.1.Recomendaciones sobre materiales constructivos.

Durante el proceso constructivo “in situ” o en fábrica deberá quedar garantizado el cumplimiento de los valores nominales o representativos especificados en el proyecto y, en su caso, de los valores límite de los parámetros que caracterizan las funciones de distribución para las propiedades de los materiales a través de la realización de los corres-

pondientes ensayos. El Pliego de Prescripciones Técnicas deberá incluir el tipo, número y condiciones de los ensayos a realizar a estos efectos, así como los criterios que garantizan que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de variabilidad y del intervalo de confianza exigido. Cuando se trate de materiales construidos en un proceso industrial sujeto a procesos de control de calidad debidamente normalizados (Normas UNE, Europeas,...), el valor representativo de las propiedades de los materiales o, en su caso, la función de distribución, estará garantizado por el fabricante.

En los apartados de esta ROM correspondientes a las distintas tipologías estructurales de obras de atraque y amarre, se incluyen las propiedades de los materiales a considerar para la verificación de cada modo de fallo, señalándose los valores representativos y los límites del rango de variación de las mismas que se recomienda en el proyecto, tomando en consideración, entre otras, la estrategia de durabilidad adoptada. De igual forma, en dichos apartados y mucho más detalladamente en la ROM 0.1 se señalan los ensayos que deben exigirse en los Pliegos de Prescripciones Técnicas para que dichos valores queden garantizados.

La variación de las propiedades de los materiales de construcción puede ser significativa para la definición de agentes y acciones asociados al propio comportamiento del material (Ver apartado 4.6.5. Agentes de los materiales (q_m) de esta ROM).

4.5 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL MEDIO FÍSICO

En cada estado de proyecto, las propiedades del aire y del agua (densidad, viscosidad cinemática,...) se considerarán de carácter permanente y, con carácter general, podrán definirse a través de valores nominales tanto si las ecuaciones de verificación se escriben en los formatos determinista o determinista-probabilista como en el probabilista, ya que el rango de variación observado en estos parámetros no es relevante para los distintos modos de fallo.

En ausencia de información más detallada en el emplazamiento, se adoptarán los siguientes valores nominales de las propiedades del aire y del agua que inciden en el proyecto de obras de atraque y amarre, correspondientes a valores medios:

Propiedades del aire:

- Densidad del aire (ρ_a): Es función de la humedad, temperatura y presión atmosférica. Simplificadamente podrá tomarse como valor nominal $1,23 \text{ kg/m}^3$. No obstante, cuando la obra de atraque se encuentre en zonas muy batidas por el oleaje en las que sea previsible o conocido que el viento pueda arrastrar abundante contenido de agua (rociación), deberán tenerse en cuenta aumentos en la densidad del aire compatibles con el oleaje existente. En algunos casos se ha medido hasta un máximo de 15 kg/m^3 . También deberán tenerse en cuenta aumentos en la densidad del aire en aquellos emplazamientos en los que el viento pueda arrastrar un alto contenido de partículas sólidas (p.e. en zonas desérticas).

Propiedades del agua:

- Densidad del agua (ρ_w): Es función de la salinidad y la temperatura. Simplificadamente podrá tomarse como valor nominal 1000 kg/m^3 para agua dulce y 1030 kg/m^3 para agua marina en el Mediterráneo y 1025 kg/m^3 en el Atlántico. No obstante, cuando el agua se encuentre cargada de sedimentos o partículas en suspensión (p.e. rellenos hidráulicos, avenidas fluviales,...) deberán considerarse valores mayores de la densidad del agua entre 1200 y 1600 kg/m^3 hasta que hayan finalizado los procesos de decantación.
- Viscosidad cinemática del agua (ν): Es función de la salinidad y la temperatura. Simplificadamente podrá tomarse como valor nominal $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ en el Atlántico y $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ en el Mediterráneo.

4.6 DEFINICIÓN DE LOS AGENTES Y SUS ACCIONES

Los agentes capaces de provocar acciones significativas en las obras de atraque y amarre son los siguientes:

- Gravitatorio (q_g)
- Del medio físico (q_f)
- Del terreno (q_t)
- De uso y explotación (q_v)
- De los materiales (q_m)
- Del proceso constructivo (q_c)

Los agentes y las acciones resultantes tendrán la consideración de permanentes, no permanentes o variables y extraordinarias en función de su variabilidad temporal en el estado de proyecto, de acuerdo con lo dispuesto a estos efectos para todos los factores de proyecto en el apartado 4.1 de esta Recomendación.

A su vez, las acciones tendrán la consideración de dinámicas si su aplicación induce aceleraciones significativas en la totalidad de la estructura resistente o en partes de la misma. Es decir, en estos casos la condición de equilibrio obliga a tener en cuenta las fuerzas de inercia de las masas involucradas. Por tanto, el carácter dinámico de una acción no es intrínseco a la misma sino que depende de la respuesta de la estructura al ser solicitada por dicha acción. En general, la susceptibilidad de una estructura a experimentar un comportamiento dinámico depende de sus propias características en relación con las de la acción: frecuencias propias, modos de vibración y capacidad de amortiguamiento. En este sentido, el carácter dinámico de la acción será de naturaleza:

- Impulsiva, cuando el tiempo de aplicación de la acción es reducido respecto al periodo propio de oscilación de la obra, produciendo en ésta una respuesta que alcanza un valor máximo en el momento inicial y reduciéndose con posterioridad cíclicamente hasta la posición de reposo.

- Frecuencial o cíclica, cuando la acción varía a lo largo del tiempo con una frecuencia del orden de magnitud de la frecuencia propia o natural de oscilación de la obra (entre $f_n/3$ y $2f_n$).

En los apartados de esta Recomendación correspondientes a la formulación de los distintos agentes y acciones se señalará expresamente la consideración que tienen a los efectos de su variabilidad temporal, así como aquéllos casos en los que el comportamiento dinámico de la acción puede ser significativo y debe ser tomado en consideración en el procedimiento de verificación.

4.6.1 Agente gravitatorio (q_g)

El agente gravitatorio está asociado a la existencia de la gravedad terrestre (g), pudiendo, en general, distinguirse dos tipos de acciones:

- Peso propio ($Q_{g,1}$): carga producida por los pesos de los diferentes elementos estructurales.
- Pesos muertos ($Q_{g,2}$): pesos de los elementos no resistentes en sentido estructural, pero soportados o incluidos en la obra, tales como elementos constructivos, pavimentos, defensas, instalaciones fijas, lastres, rellenos, adherencias marinas, etc.

En cada estado de proyecto, las acciones gravitatorias se considerarán de carácter permanente y, con carácter general, podrán definirse simplificadaamente a través de valores nominales o representativos tanto si las ecuaciones de verificación se escriben en formatos determinista o determinista-probabilista como en formato probabilista, dado que es usual que para las obras de atraque y amarre se exija que estos factores tengan un reducido rango de variación.

Dado su origen, las acciones gravitatorias vendrán caracterizadas por fuerzas verticales, concentradas o repartidas.

4.6.1.1 *Peso propio ($Q_{g,1}$)*

Los valores nominales o representativos de los pesos propios se calcularán a partir de los valores nominales de los factores geométricos consignados en los planos y en el Pliego de Prescripciones Técnicas (Ver apartado 4.2) y de los valores nominales o representativos de los pesos específicos unitarios o aparentes (γ) correspondientes a los distintos elementos y materiales que conforman la obra, especificados en el Pliego de Prescripciones Técnicas, y al terreno. Estos valores se corresponden con valores medios o con valores característicos de acuerdo con lo dispuesto en los apartados 4.3 y 4.4 de esta Recomendación.

Por tanto, el peso propio puede definirse a través de la formulación:

$$Q_{g,1} = \rho \cdot g \cdot V = \gamma \cdot V$$

Siendo V el volumen del elemento considerado en el caso de cargas concentradas y el volumen por unidad de superficie en el caso de cargas repartidas.

En el caso de que se admitan desviaciones admisibles de los parámetros geométricos (tolerancias) de acuerdo con lo previsto en el apartado 4.2.1, éstas se tomarán en consideración para la definición de los valores nominales de los pesos propios siempre que sean desfavorables para la verificación.

Cuando no se disponga de información detallada en el emplazamiento o el proyecto no contemple la definición específica de los valores nominales o representativos de los pesos específicos de los materiales, se podrán tomar los consignados en la tabla 4.6.1.1 para los más habituales. Para los pesos específicos de los terrenos y de los rellenos ver respectivamente las tablas 2.4.3., 4.9.8. y 4.9.9 de la ROM 0.5-05.

Para el cálculo de los pesos propios de las partes de la obra que se encuentren total o parcialmente sumergidos se recomienda calcular el peso propio a través de los pesos específicos saturados, considerando adicionalmente los empujes ascensionales del agua equivalentes al peso del agua desplazada (empuje de Arquímedes) como una acción independiente. En el caso de los pesos específicos del terreno natural y rellenos de aportación se considerarán con su valor saturado o sumergido ($\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$), dependiendo de la ecuación de verificación adoptada, según se plantee ésta en tensiones totales o en tensiones efectivas. En el caso de que existan gradientes hidráulicos significativos, cuando la ecuación de verificación se plantee en tensiones efectivas, la utilización de pesos específicos sumergidos exigirá la consideración simultánea de las correspondientes fuerzas de arrastre (ver apartado 3.4.5. de la ROM 0.5-05). En los apartados correspondientes a cada tipología de obra de atraque y amarre se indica expresamente cuándo estos gradientes hidráulicos son significativos para los cálculos del peso propio. Los niveles de las aguas libres exteriores y de los niveles de saturación que se adopten para estos cálculos serán los compatibles con los distintos ciclos de sollicitación de los agentes predominantes de los estados de proyecto analizados (ver apartado 4.6.2.1).

El peso propio de un elemento resistente cuyas dimensiones finales van a verificarse en el proceso de cálculo se estimará inicialmente en la fase de predimensionamiento. Si las sollicitaciones finales de cálculo conducen a unas dimensiones de los elementos resistentes cuyos pesos no difieren de los obtenidos en el predimensionamiento en más de un 3% podrá prescindirse de un nuevo cálculo, excepto en aquellos casos en que el peso propio sea determinante para el elemento o estructura que se analiza.

Cuando el peso propio sea determinante para la verificación de un modo de fallo deberán incluirse en el Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto las cláusulas correspondientes que impongan la obligatoriedad de que los referidos pesos sean alcanzados o no se superen durante la ejecución de la obra, así como los distintos métodos de control en obra de dichos valores y, en su caso, las tolerancias correspondientes.

TABLA 4.6.1.1. PESOS ESPECÍFICOS UNITARIOS O APARENTES Y POROSIDADES USUALES DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y ESTRUCTURALES.

A - Elementos Básicos	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso específico saturado (kN/m ³)	Porosidad (%)
A1 – AGUA			
Dulce	9,8	-	-
Marina	10,1	-	-
A2 – LIGANTES BITUMINOSOS (a 25°)			
Alquitrán	12,8	-	-
Betunes y Emulsiones	10,8	-	-
A3 – MADERAS			
Seca blanda	5,9	-	-
Seca dura	8,8	-	-
Mojada	10,8	-	-
A4 – MATERIALES CERÁMICOS Y AFINES			
Baldosa de cemento	20,6	-	-
Baldosa de gres	16,7	-	-
Baldosa de cerámica	17,7	-	-
Fibrocemento	19,6	-	-
Ladrillo cerámico hueco	10,8	-	-
Ladrillo cerámico perforado	13,7	-	-
Ladrillo cerámico macizo	17,7	-	-
Ladrillo silicocalcáreo macizo	18,6	-	-
A5 – METALES			
Acero	77,0	-	-
Aluminio	26,5	-	-
Bronce	83,4	-	-
Cobre	87,3	-	-
Estaño	72,6	-	-
Fundición	71,6	-	-
Latón	83,4	-	-
Plomo	111,8	-	-
Zinc	70,6	-	-
A6 – ROCAS			
Arenisca	25,5	-	-
Basalto	27,5	-	-
Caliza	27,5	-	-
Creta o caliza porosa	19,6	-	-
Diorita	27,5	-	-
Gneis	29,4	-	-
Granito	27,5	-	-
Lapillis (picón)	24,5	-	-
Marga	22,6	-	-
Mármol	27,5	-	-
Pizarra	23,5	-	-
B – Fábricas	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso específico saturado (kN/m ³)	Porosidad (%)
B1 - DE BLOQUES (según tipo de bloque)	12,8 – 15,7	-	-
B2 - DE LADRILLO (según tipo de ladrillo)	11,8 - 19,6	-	-
B3 – DE GAVIONES	19,6	22,6	30,0
B4 - HORMIGONES			
Normal en masa	22,5 – 23,5	-	-
Normal armado y pretensado	24 - 25	-	-
Normal con fibras	23 - 24	-	-
Ligeros	17,5 - 18	-	-
Epoxi	22,5 - 23	-	-
Ciclópeo	19 - 20	-	-
Pesados	29 - 30	-	-
B5 - MAMPOSTERIAS CON MORTERO (Careadas, concertadas, descafiladas)	23,5 - 26,5		
(Según peso específico de la roca)			
B6 - MAMPOSTERIAS EN SECO	24,5 - 27,5		
(Según peso específico de la roca)			
B7 - SILLERIAS	25,5 - 29,4		
(Según peso específico de la roca)			

TABLA 4.6.1.1. (continuación)			
C – Pavimentos	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso específico saturado (kN/m ³)	Porosidad (%)
C1 - CAPAS GRANULARES	22,6	-	20
C2 - SUELOS ESTABILIZADOS	20,6	-	-
C3 - MEZCLAS BITUMINOSAS	24,5	-	-
C4 - PAVIMENTOS DE HORMIGON	23,5	-	-
C5 – ADOQUINES DE PIEDRA LABRADA	25,5	-	-
C6 ADOQUINES DE HORMIGON	21,6	-	-
D – Terrenos naturales	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso específico saturado (kN/m ³)	Porosidad (%)
D1 - SUELOS GRANULARES			
Grava densa	18,2	21,5	30
Grava floja	15,6	19,6	40
Grava arenosa densa	20,8	22,8	20
Grava arenosa floja	18,2	21,5	30
Arena densa	17,0	20,4	35
Arena floja	15,6	19,6	40
D2 -SUELOS COHESIVOS			
Limo y arcilla arenolimoso media	16,8	20,6	37,5
Limo y arcilla arenolimoso blanda	14,8	19,0	45
Arcilla consistente (sobreconsolidada)	17,5	21,0	35
Arcilla blanda (normalmente consolidada)	13,5	18,5	50
Sedimento orgánico muy arcilloso	14,0	16,5	60
Sedimento orgánico poco arcilloso	10,0	14,0	75
Turba	12,8	12,8	-
Fango	14,7	14,7	-
E – Rellenos	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso específico saturado (kN/m ³)	Porosidad (%)
E1 - ESCOLLERAS Y PEDRAPLENES (colocación aleatoria)			
De granulometría abierta:			
Escolleras naturales (según peso específico en las rocas)	17,5-16,0	21,5-20,0	37-40
Bloques paralelepípicos	13,2-12,0	17,7-17,0	40 -50
Tetrápodos	12,0 – 11,3	17,5-16,7	50-55
Dolos	11,3 - 10	16,7 -16,0	55-60
Acrópodos, Core-Loc	12,0 - 11,3	17,5-16,7	50-60
Pedraplenes	17,5-16,5	21,0-20,0	40
Balasto	15,7	19,6	40
De granulometría cerrada (todo uno de cantera, detritus de cantera y suelos seleccionados):			
Compacto	20,3	22,8	25
Poco compacto	16,9	20,5	35
E2 - RELLENOS GRANULARES Y COHESIVOS			
Gravas compactas	18,9	21,9	30
Gravas poco compactas	16,5	20,2	40
Arenas compactas	19,0	21,9	30
Arenas poco compactas	16,5	20,0	40
Limos	14,0	14,0	-
Terraplenes	16,5	20,5	40
E3 - RELLENOS ANTROPICOS			
Escombros urbanos y basuras de demolición compactados	12,8	14,7	20
E4 - RELLENOS NO CONVENCIONALES			
Escorias de alto horno granulares compactas	13,5	16,0	30
Escorias de alto horno granulares poco compactas	11,5	15,0	40
Escorias de alto horno troceadas compactas	19,5	21,0	25
Escorias de alto horno troceadas poco compactas	16,0	19,0	40
Lapillis compactos	18,0	21,0	30
Lapillis poco compactos	16,5	20,0	35
Cenizas volantes compactas	13,0	17,0	40
Cenizas volantes poco compactas	8,5	14,5	60
F – Otros	Peso específico Aparente (kN/m ³)	Peso específico saturado (kN/m ³)	Porosidad (%)
F1 - ADHERENCIAS MARINAS	9,8	-	-

NOTAS

- Para materiales compuestos el peso específico aparente emergido puede variar considerablemente según las condiciones locales, y en particular, según el contenido de agua.

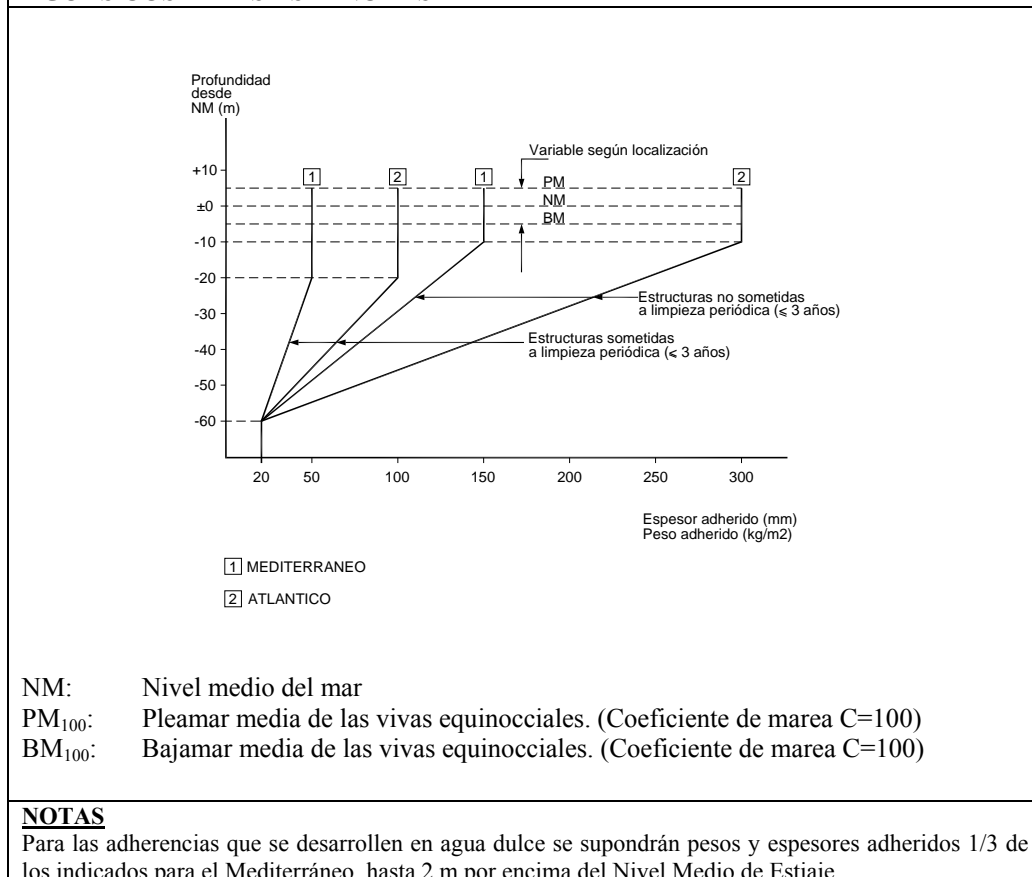
4.6.1.2 Pesos muertos ($Q_{g,2}$)

Para la definición de los valores nominales o representativos de los pesos muertos se tendrán en cuenta todos los criterios contemplados en el apartado 4.6.1.1, con las siguientes consideraciones adicionales:

- Se recomienda que los pesos del equipamiento y de las instalaciones fijas sean obtenidos directamente de fabricantes y proveedores o mediante pesadas directas de los elementos correspondientes.

Dada su poca relevancia en relación con otras imprecisiones de cálculo, la carga muerta debida a adherencias marinas únicamente se tendrá en cuenta en aquellos casos en que el aumento de peso originado por ellas pueda ser significativo para la seguridad o la aptitud para el servicio de la estructura (p.e. en algunas obras de atraque flotantes). No obstante, deberá considerarse la actuación de adherencias marinas en cuanto causantes de importantes sobreespesores y modificaciones de la rugosidad superficial, los cuales deberán ser tenidos en cuenta en la valoración de algunas acciones (p.e. fuerzas de arrastre e inercia causadas por el oleaje sobre obras de atraque y amarre de pilotes). No se considerarán adherencias marinas en fase de construcción, excepto si la duración asignada en proyecto a dicha fase es superior a 3 años. En ausencia de información local detallada, la cuantificación de las adherencias marinas en las aguas costeras españolas podrá aproximarse mediante la tabla 4.6.1.2.

TABLA 4.6.1.2. CUANTIFICACIÓN DE ADHERENCIAS MARINAS EN LAS AGUAS COSTERAS ESPAÑOLAS



4.6.2 Agentes del medio físico (q_f)

Los principales agentes del medio físico que afectan a las obras de atraque y amarre, bien produciendo efectos directos en las mismas (acciones), bien solicitando a otros factores de proyecto (p.e. el buque, las mercancías, los equipos de manipulación de mercancías,...), son los asociados a las manifestaciones de la dinámica atmosférica y marina, a los gradientes térmicos y a los movimientos sísmicos. Se distinguirán los siguientes agentes:

- Climáticos atmosféricos básicos: presión atmosférica y viento ($q_{fc,1}$ y $q_{fc,2}$)
- Otros climáticos atmosféricos: lluvia, nieve y hielo ($q_{fc,3}$)
- Climáticos marinos y fluviales ($q_{fc,4}$ a $q_{fc,6}$)
- Térmicos (q_{ft})
- Sísmicos (q_{fs})

La manifestación conjunta estacionaria de varios agentes del medio físico atmosféricos y marinos con el mismo origen (p.e. presión atmosférica, viento, oleaje, marea meteorológica) define un estado meteorológico, en el que puede considerarse que estos agentes están en mayor o menor medida correlacionados. De igual forma, la manifestación del sismo define un estado sísmico.

Los agentes del medio físico climáticos tienen, en general, un carácter variable en los estados meteorológicos, y en general, salvo en el caso de los otros climáticos atmosféricos, la variabilidad temporal de cada uno de los agentes y de las acciones por ellos generadas tiene un marcado carácter oscilatorio. En estos casos, en cada estado esta variabilidad puede describirse mediante modelos de probabilidad de las variables básicas que los definen en cada estado y sus parámetros estadísticos, o bien mediante un análisis frecuencial obteniendo el espectro y los correspondientes parámetros espectrales. Los parámetros estadísticos o espectrales que definen un agente del medio físico en un determinado estado se denominan variables de estado. El agente sísmico tiene también un carácter variable en el estado sísmico. No obstante, en dicho estado los agentes climáticos tienen el carácter de permanentes. Tanto en los estados meteorológicos como sísmicos el agente térmico tiene un carácter de permanente.

La variabilidad estadística de los agentes del medio físico, en el emplazamiento y en presencia de la obra, durante una fase de proyecto se recomienda, siempre que se disponga de datos, que se describa a partir de la función de distribución conjunta de las variables de estado que caracterizan los agentes con el mismo origen, en el año meteorológico; la cual define conjuntos de valores posibles y concomitantes de los agentes y su probabilidad de presentación. Si se consideran únicamente los valores de las variables de estado pertenecientes a la cola superior, las funciones de distribución se denominan regímenes extremales. Si, por el contrario se consideran los valores centrados de las variables, las funciones de distribución se denominan regímenes medios.

No obstante, en ausencia de regímenes conjuntos y por simplicidad en el tratamiento de muchas variables será admisible utilizar sustitivamente los regímenes marginales de la

variable de estado considerada como principal¹⁰ correspondiente al agente predominante para el modo de fallo o parada analizado, considerándose el resto de variables, tanto del mismo agente como de otros agentes, correlacionadas con ésta. Estas correlaciones pueden definirse a partir de las funciones de distribución conjuntas bivariadas con la variable principal por medio de las funciones de distribución de la variable correlacionada, condicionadas a cada valor de la variable principal. A su vez, para las formulaciones deterministas y semiprobabilistas de las ecuaciones de verificación será suficiente sustituir dichas funciones de distribución por funciones que correlacionan dicha variable con cada una de las otras que caracterizan al mismo u otro agente dependientes de ella. A estos efectos, dichas funciones se obtendrán mediante un ajuste analítico, considerando que a cada valor de la variable principal se le asigna el valor correspondiente a una determinada probabilidad de no excedencia en la función de distribución de la variable correlacionada condicionada a dicho valor de la variable principal. En general dicha probabilidad puede tomarse igual al 85% o al 15%, en función de que sean más desfavorables los valores superiores o los inferiores de la variable correlacionada (Ver figura 4.6.2.1.). En el caso de que por las condiciones del emplazamiento sea admisible considerar que algunos agentes climáticos no están correlacionados o presentan una débil dependencia entre sí es admisible utilizar los regímenes marginales de las variables principales de los agentes que pueden considerarse independientes, conjuntamente con las funciones de distribución conjuntas bivariadas de cada una de dichas variables y las variables que están correlacionadas con las mismas (Ver apartados 4.1.1 y 4.1.2).

4.6.2.1 Agentes atmosféricos básicos y climáticos marinos

Los agentes atmosféricos básicos y climáticos marinos que definen un estado meteorológico que tienen una mayor importancia para las obras de atraque y amarre son:

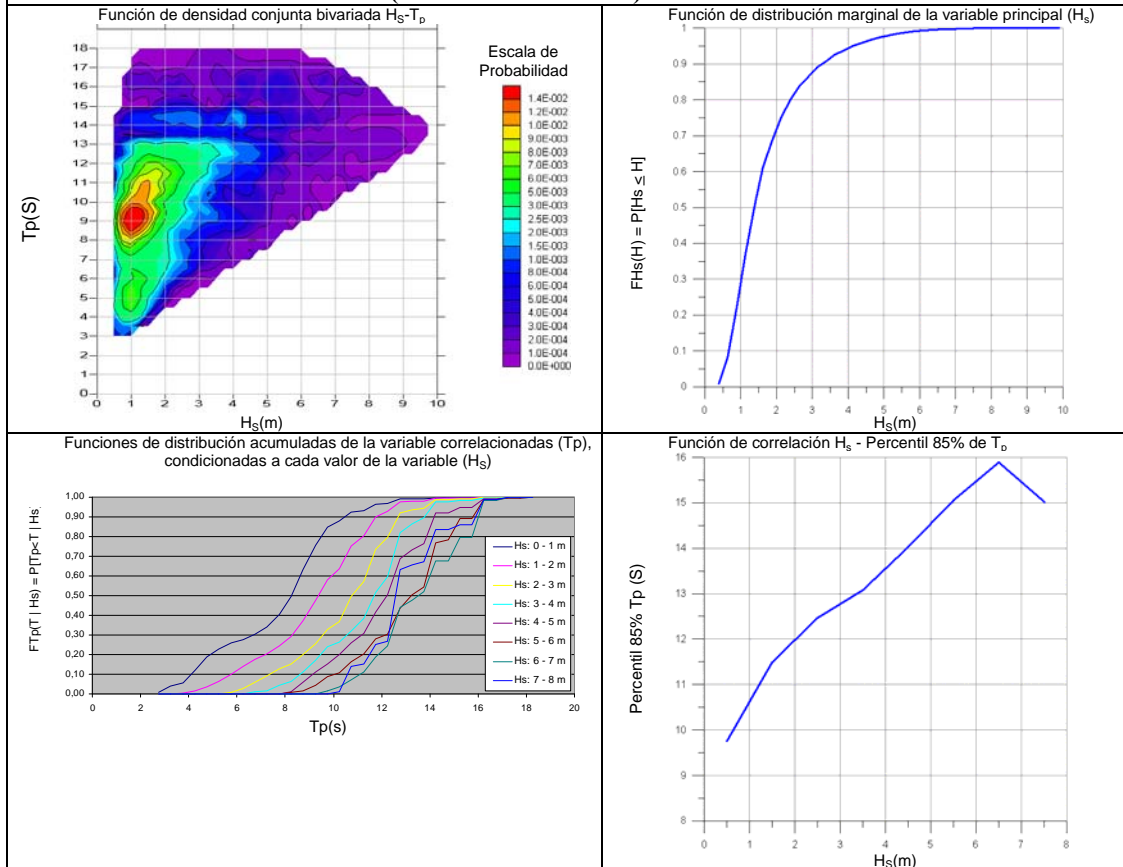
- Viento ($q_{fc,2}$)
- Corrientes permanentes y uniformes ($q_{fc,4}$) y variables ($q_{fc,5}$)
- Oscilaciones marinas y fluviales de periodo largo ($T > 3$ h): niveles de agua asociados a mareas y regímenes fluviales ($q_{fc,61}$)
- Oscilaciones marinas de periodo intermedio ($30 \text{ s} < T < 3 \text{ h}$): ondas largas ($q_{fc,62}$)
- Oscilaciones del mar de periodo corto ($3 \text{ s} < T < 30 \text{ s}$): oleaje ($q_{fc,63}$)

Y en menor escala también lo pueden definir otros agentes atmosféricos no básicos como la lluvia, la niebla, el hielo, la temperatura, etc.

La descripción completa y detallada de estos agentes, de las funciones de distribución de las variables básicas que definen su variabilidad en cada estado, así como de las diferentes variables de estado o parámetros estadísticos o espectrales que los caracterizan en el estado no es objeto de esta ROM, pudiendo a estos efectos consultarse para el agente viento la ROM 0.4-94, y para las oscilaciones marinas y las corrientes la ROM 0.3 y la ROM 1.0. Diques de abrigo. Criterios generales y factores de proyecto.

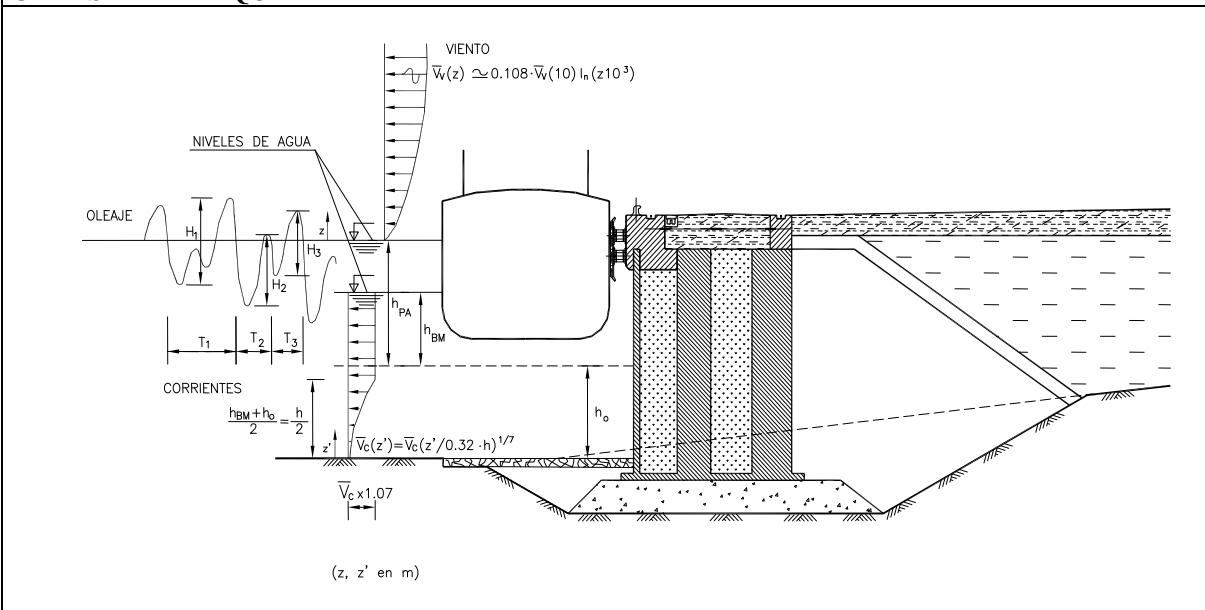
¹⁰ Se define como variable de estado principal de un agente a la variable a la cual es más sensible el comportamiento de la obra frente a cada uno de los modos de fallo o parada.

FIGURA 4.6.2.1. EJEMPLOS DE FUNCIONES DE DENSIDAD CONJUNTAS BIVARIADAS, FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN MARGINALES Y CONDICIONADAS Y FUNCIONES DE CORRELACIÓN ASOCIADAS (AGENTE: OLEAJE)



Los parámetros de cada agente que deben tomarse en consideración para la definición de las acciones y demás factores dependientes del agente que intervienen en una ecuación de verificación están asociados con los fundamentos del modelo de cálculo de las acciones y de la propia ecuación de verificación, y dependen generalmente del tipo de obra, elemento o instalación, de la duración del estado de proyecto y del modo de fallo o parada considerado, así como de si hacemos la evaluación a nivel básico (ej. por ola a ola o componente espectral a componente espectral) o a nivel de estado (utilizando en ese caso variables de estado). En la tabla 4.6.2.1 se incluyen las variables de estado correspondientes a los agentes que, con carácter general, se adoptan para la definición de las acciones que actúan sobre las obras de atraque y amarre, cuando hacemos la evaluación a nivel estado. En los correspondientes apartados de esta ROM se indicarán los parámetros a utilizar en cada caso.

TABLA 4.6.2.1. VARIABLES DE ESTADO DE LOS AGENTES CLIMÁTICOS QUE GENERALMENTE SE ADOPTAN PARA LA DEFINICIÓN DE LAS ACCIONES QUE ACTÚAN SOBRE LAS OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE ^{a)}



AGENTE	PARAMETRO	En instalaciones fijas		En instalaciones flotantes			
		Obras cerradas	Obras abiertas	Pequeñas embarcaciones y elementos flotantes hasta 25 m de eslora	Buques y estructuras flotantes de eslora mayor de 25 m.		
Oleaje	Altura de ola	H_{max}	H_{max}	$H_{1/3}, H_{rms}$ ó H_{max}			
	Periodo	\bar{T} ó T_p					
	Dirección	$\bar{\theta}$ (todas las posibles o bien la más crítica si su identificación es posible)					
Niveles de agua asociados a mareas y regímenes fluviales	Nivel alto	$h_{PM, 10 \min}$					
	Nivel bajo	$h_{BM, 10 \min}$					
Corrientes	Velocidad de la corriente	$V_{C, 10 \min}(z')$					
	Dirección de la corriente	α (todas las posibles o bien la más crítica si su identificación es posible. En cualquier caso la dirección debe ser compatible con el nivel de agua adoptado)					
Viento	Velocidad del viento	En elementos e instalaciones fijas		En elementos e instalaciones móviles			
		Equipamientos y subestructuras	Estructuras o partes de ella cuya mayor dimensión horizontal y vertical no sobrepasa los 50 m.	Estructuras o partes de ella cuya mayor dimensión horizontal o vertical excede los 50 m.	Equipamiento y equipos e instalaciones de manipulación y transporte de mercancías	Pequeñas embarcaciones y elementos flotantes hasta 25 m de eslora	Buques y estructuras flotantes de eslora mayor de 25 m.
Viento	Velocidad del viento	$V_{v,3s}(z)$	$V_{v,5s}(z)$	$V_{v,15s}(z)$	$V_{v,3s}(z)$	$V_{v,15s}(z)$	$V_{v,1min}(z)$
	Dirección del viento	α (todas las posible o bien la más crítica si su identificación es posible)					

NOTAS

*) Las variables de estado a considerar incluidas en esta tabla se recomiendan con carácter general, sin perjuicio de que deban considerarse otras variables para la verificación de algunos modos de fallo específicos adscritos tanto a estados límite últimos (p.e. inestabilidades hidráulicas: socavaciones, erosiones externas e internas,...), como a estados límites de servicio (p.e. durabilidad) y estados límites operativos (p.e. imposibilidad de permanencia de los buques en el atraque: agitación,...). Para estos casos, las variables de estado recomendadas se indicarán expresamente en los apartados de esta Recomendación en los que se definan las correspondientes ecuaciones de verificación de estos modos de fallo.

LEYENDA

- H_{rms} : altura de ola media cuadrática del estado de mar. Puede considerarse equivalente a $0.706 H_{1/3}$.
- $H_{1/3}$: valor medio del tercio de alturas de ola mayores del estado de mar. Puede considerarse equivalente a la altura de ola significativa espectral (H_{m0}), denominándose también altura de ola significativa (H_s)
- $H_{1/10}$: valor medio del décimo de alturas más altas del estado de mar. En ausencia de información más detallada pueden adoptarse con carácter general las siguientes relaciones:
 - $H_{1/10} = 1.27 H_{1/3}$ en aguas profundas
 - $H_{1/10} = (de 1.27 a 1.10) H_{1/3}$ en profundidades relativas ($h/L < 1/10$), en función del porcentaje de olas en rotura. A los efectos de esta tabla se adoptará como L la longitud de onda asociada al periodo medio del oleaje en un estado de mar.
- H_{max} : valor más probable de la máxima altura de ola del estado de mar. En ausencia de información más detallada puede adoptarse con carácter general la siguiente relación:
 - H_{max} : (de 1.60 a 2.00) $H_{1/3}$, en aguas profundas, en función del número de olas del estado de mar
 - H_{max} : (de 1.60 a 1.30 y de 2.00 a 1.60) $H_{1/3}$ en profundidades relativas ($h/L < 1/10$), en función del número de olas del estado de mar y del porcentaje de olas en rotura. En cualquier caso, H_{max} no superará la máxima altura de ola posible [simplificadamente en estos casos puede adoptarse que $H_{max} < 0.9 h$ para fondo plano o pendientes suaves o muy tendidas, $tg\alpha < 1/50$]
- $T_{1/3}$: valor medio de los periodos del tercio de olas más altas del estado de mar. También se denomina periodo significativo (T_s).
- \bar{T} : periodo medio en un estado de mar. Puede considerarse equivalente al periodo medio espectral tipo (0,2). [$T_m = T_{0,2}$]
- T_p : periodo de pico o periodo en el cual el espectro del oleaje tiene su contenido energético máximo.
- $\bar{\theta}$: Dirección media de propagación del oleaje.
- $h_{PM,10 \text{ min}}$: nivel alto de las aguas, obtenido como el valor medio correspondiente a periodos de medición de 10 minutos.
- $h_{BM,10 \text{ min}}$: nivel bajo de las aguas, obtenido como el valor medio correspondiente a periodos de medición de 10 minutos.
- $V_{C, 10 \text{ min}}(z')$: velocidad horizontal de la corriente a una altura z' desde el fondo, obtenida como el valor medio correspondiente a periodos de medición de 10 minutos. ($\overline{v_c}$)
- $\overline{v_v}(z)$: velocidad horizontal media del viento a una altura z sobre el nivel de las aguas exteriores, obtenida como el valor medio correspondiente a periodos de medición de 10 min.
- $V_{v, 3 s}(z)$: velocidad horizontal máxima probable del viento a una altura z sobre el nivel de las aguas exteriores, considerando un periodo de medición de 3 segundos. Simplificadamente, en estos casos puede adoptarse de forma general: $V_{v,3s} = 1.44 \overline{v_v}$.
- $V_{v, 5 s}(z)$: velocidad horizontal máxima probable del viento a una altura z sobre el nivel de las aguas exteriores, considerando un periodo de medición de 5 segundos. Simplificadamente, en estos casos puede adoptarse de forma general: $V_{v,5s} = 1.42 \overline{v_v}$.
- $V_{v, 15 s}(z)$: velocidad horizontal máxima probable del viento a una altura z sobre el nivel de las aguas exteriores, considerando un periodo de medición de 15 segundos. Simplificadamente, en estos casos puede adoptarse de forma general: $V_{v,15s} = 1.38 \overline{v_v}$.
- $V_{v, 1 \text{ min}}(z)$: velocidad horizontal máxima probable del viento a una altura z sobre el nivel de las aguas exteriores, considerando un periodo de medición de 1 minuto. Simplificadamente, en estos casos puede adoptarse de forma general: $V_{v,1 \text{ min}} = 1.31 \overline{v_v}$.
- α : Dirección del viento.

- **Correlaciones entre los agentes climáticos en un estado meteorológico**

En relación con el grado de correlación existente en el emplazamiento entre los distintos agentes climáticos que definen un estado meteorológico, pueden distinguirse las siguientes áreas:

- Áreas restringidas o direcciones en las que el oleaje que afecta a la obra de atraque está generado por el viento local: puede considerarse que en estas áreas el viento, el oleaje y las corrientes de deriva causadas por el viento están completamente correlacionados. Por el contrario, en esta situación, simplificada, podrá considerarse que el viento local y los niveles de agua no presentan ningún tipo de correlación, despreciándose las pequeñas sobreelevaciones del nivel de las aguas que el viento local pudiera causar. Ejemplos de estas áreas pueden ser los interiores de rías y estuarios, las bahías amplias abrigadas,....

En ausencia de datos conjuntos en el emplazamiento, estas correlaciones podrán aproximarse a través de métodos y modelos numéricos o paramétricos de generación y propagación de oleaje de viento (Ver Anejo II. ROM 0.4-95), considerando la velocidad del viento como variable principal. En estos casos, la correlación entre el viento y la corriente de deriva causada por el viento puede aproximarse considerando que la velocidad media de la corriente generada por el viento en superficie es el 2-5 % de la velocidad media del viento a una altura de 10 m sobre el nivel del mar y con una dirección desviada 20-25° respecto a la dirección del viento en sentido horario en el hemisferio norte y antihorario en el hemisferio sur, admitiéndose una reducción lineal de la misma hasta el fondo. En mares con marea astronómica significativa o en áreas sometidas a regímenes fluviales se considerará otro régimen independiente de correlación entre las corrientes y los niveles de agua igualmente a lo señalado para las áreas exteriores o sometidas a oleajes procedentes de alta mar.

- Áreas exteriores o aquéllas sometidas fundamentalmente a oleaje procedente de alta mar: en dichas áreas es admisible considerar que el viento local y el resto de agentes climáticos presentan bajos niveles de correlación, pudiéndose tratar como agentes independientes. Por el contrario, en estos casos, oleaje, niveles de agua, corrientes y, en su caso, ondas largas se considera que pueden presentar niveles importantes de correlación.

Aunque en estas áreas, las corrientes que pueden presentarse son tanto las corrientes oceánicas asociadas a las circulaciones en los mares a nivel global, las corrientes generadas por el oleaje en la zona de rompientes y las debidas al viento local, como las debidas a variaciones de los niveles de agua y a los regímenes fluviales, en los casos generales de obras de atraque y amarre situadas en las proximidades de la costa será suficiente considerar únicamente las corrientes debidas a mareas y, en su caso, a regímenes fluviales. Estas corrientes son altamente dependientes de los niveles de las aguas, estableciéndose las correlaciones entre ambos en zonas abiertas, en los mares con marea, a través de la obtención de la “elipse de corriente” del vector “velocidad de la corriente” en la que se señalan los distintos niveles de marea simultáneos con cada velocidad y dirección de la corriente (Ver ROM 0.3). En áreas portuarias interiores la elipse de corriente se simplifica considerando únicamente corriente entrante y corriente vaciante. El máximo valor de la velocidad de la corriente tanto entrante como vaciante puede considerarse que se produce cuando el nivel de las

aguas coincide con el nivel medio del mar. Cuando se consideren los niveles alto y bajo de las aguas se considerará que la velocidad de la corriente es cero. Como orden de magnitud, incluso en zonas con grandes carreras de marea puede considerarse que la velocidad media de la corriente de marea en áreas portuarias generalmente no supera los 3 m/s. En España, dadas las características de las mareas en su litoral, no supera 1.5 m/s. Si la obra de atraque se encuentra situada en un puerto marítimo-fluvial, deberán considerarse dos regímenes de correlación independientes: uno ligado a la marea y otro a la hidrología. En áreas sin marea astronómica significativa o no afectadas por regímenes fluviales puede desprejarse la acción de este tipo de corrientes.

En estos casos, en ausencia de datos conjuntos en el emplazamiento, los valores de los agentes a pie de obra, así como las correlaciones entre los diferentes agentes dependientes en dicho emplazamiento podrán obtenerse a partir de mediciones obtenidas en sus proximidades, trasladándolos hasta pie de obra mediante la aplicación de modelos hidrodinámicos de generación y/o propagación de validez reconocida para las condiciones locales, considerando las condiciones locales existentes en el emplazamiento de la obra y las debidas a la presencia de la misma (Ver ROM 0.3 y ROM 1.0). En particular, dada la gran influencia que pueden tener los niveles de agua y las corrientes en los parámetros del oleaje, los cuales pueden incidir en la rotura del oleaje y en las transformaciones del mismo en su aproximación a la costa y hasta el emplazamiento de la obra por el efecto, entre otros, de los procesos de refracción, transmisión, difracción y reflexión, las correlaciones existentes entre ambos deberán obtenerse mediante la realización de estudios de propagación del oleaje, considerando, no únicamente los niveles alto y bajo del nivel de las aguas compatibles con dicho oleaje, sino también niveles intermedios siempre y cuando pudieran ser relevantes para el oleaje. Así mismo, cuando sea relevante, deberá tomarse en consideración las correlaciones existentes entre la presencia de ondas largas que pudieran afectar a las obras, el oleaje y los niveles del mar (Ver ROM 0.3 y ROM 1.0).

- Áreas afectadas tanto por oleajes locales de viento significativos como por oleajes provenientes de alta mar: En este caso deberán considerarse dos regímenes de correlación independientes, uno ligado al viento local y otro al oleaje proveniente de alta mar de acuerdo con lo previsto en los apartados anteriores.

A los efectos de simplificar la consideración del conjunto de los agentes de actuación simultánea que definen el estado meteorológico, en cada fase de proyecto las obras de atraque y amarre se diferenciarán en:

- Obras de atraque situadas en áreas interiores o abrigadas frente al oleaje: son aquellas obras ubicadas en un emplazamiento en las que en ningún estado límite de proyecto, tanto representativo de las condiciones de trabajo extremas y excepcionales como operativas, el oleaje es el agente predominante en un modo de fallo o de parada operativa, al mantenerse éste en dicho emplazamiento y estado en niveles muy alejados de los umbrales de operatividad establecidos. En general, en estos casos, no se considerarán los efectos del oleaje en el proceso de verificación, salvo cuando se comprueben modos de parada de la instalación asociados con la accesibilidad marítima.

Para las obras de atraque y amarre fijas, tanto cerradas como abiertas, situadas en estas áreas los agentes climáticos predominantes en condiciones extremas y excepcionales son generalmente los niveles de agua asociados a mareas y regímenes fluviales conjuntamente, en su caso, con las corrientes dependientes. Por el contrario, para obras flotantes, el agente predominante suele ser el viento. En condiciones normales de operación, los límites de operatividad relevantes suelen estar asociados con el viento y, en su caso, con la velocidad de la corriente, no siendo en general los niveles de agua causa de limitación de las condiciones de explotación. No obstante, para rampas ro-ro o atraques en los que no se asegure la permanencia del buque en el atraque por razones de calado en todo momento también se pueden establecer límites de operatividad para los niveles de las aguas. En el caso de que se definan umbrales de operatividad bien para las corrientes, bien para los niveles de agua, los valores del otro agente serán los compatibles con dichos valores en función de su relación de dependencia. La presencia de ondas largas asociadas a pulsaciones barométricas o vinculadas a la estructura de agrupamiento del oleaje también debe analizarse en estas áreas con el objeto de comprobar si pueden causar limitaciones en la operatividad de la instalación; aunque, en general, es recomendable que se establezcan configuraciones de dársenas y se definan disposiciones de amarre que eviten que se produzcan fenómenos de resonancia que afecten a la permanencia u operaciones del buque en el atraque. (Ver ROM 1.1).

- Obras de atraque situadas en áreas exteriores, no abrigadas, total o parcialmente, frente al oleaje: son aquellas obras ubicadas en un emplazamiento en las que en algún estado límite de proyecto el oleaje es el agente predominante en un modo de fallo o parada operativa.

Para obras de atraque y amarre fijas, tanto cerradas como abiertas, situadas en áreas exteriores o no abrigadas frente al oleaje, cuando oleaje y viento se puedan considerar como independientes, el agente climático predominante en condiciones extremas y excepcionales será generalmente el oleaje. En obras de atraque flotantes, en función del grado de abrigo del emplazamiento, el agente predominante puede ser tanto el oleaje como el viento. En condiciones normales de operación, en estas áreas los límites de operación se establecen tanto para el oleaje como para el viento y, eventualmente, para la velocidad de la corriente. Asimismo, para rampas ro-ro o atraques en los que no se considere la permanencia del buque en el atraque en todo momento por razones de calado también se pueden establecer límites de operatividad para los niveles de las aguas. Tanto para condiciones extremas como en condiciones normales de operación, los valores de los niveles de agua y de las corrientes dependientes serán los compatibles con oleaje y viento y viceversa, en función del agente adoptado como predominante y de las relaciones de dependencia existentes entre estos agentes en el emplazamiento. La posible presencia de ondas largas también debe considerarse como causa de limitaciones en la operatividad de una instalación situada en áreas exteriores o no abrigadas.

- **Definición de los agentes climáticos**

En función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación, los agentes climáticos a considerar se definirán:

a) *Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas*

Para formulaciones deterministas y semi-probabilistas se trabaja siempre con variables de estado.

a₁) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos

a₁₁) En condiciones extremas y excepcionales debidas a la actuación de un agente climático de carácter extraordinario

Para la comprobación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos, el estado meteorológico límite de proyecto correspondiente a condiciones de trabajo extremas o excepcionales debidas a un agente climático de carácter extraordinario se definirá a través de los valores representativos compatibles de las variables de estado que caracterizan a los agentes climáticos de actuación simultánea relevantes para el modo de fallo considerado (Ver apartado 4.1.1.1). Para probabilidades de ocurrencia del modo de fallo en estas condiciones de trabajo menores del 5 % dichos valores se consignan en la tabla 4.6.2.2 a partir de los regímenes extremales y medios marginales, y en su caso direccionales, en el emplazamiento y en presencia de la obra, de las variables de estado consideradas como principales correspondientes a agentes que puedan considerarse como independientes entre sí, así como de las funciones que correlacionan dichas variables y las que caracterizan a los agentes dependientes de ellas. Para probabilidades de ocurrencia del modo de fallo en estas condiciones de trabajo mayores o iguales al 5%, el valor característico de la variable de estado principal del agente predominante en condiciones de trabajo extremas será aquel cuya probabilidad de excedencia en la fase de proyecto analizada es igual a la probabilidad de fallo considerada¹¹. En estos casos, para la variable principal de los agentes independientes se adoptará como valor representativo el correspondiente a un periodo de retorno de 5 años en su régimen extremal marginal. Los valores representativos compatibles del resto de variables del agente predominante, así como de las variables correspondientes a los agentes dependientes del agente predominante o del resto de agentes independientes se obtendrán a partir de los valores representativos adoptados para la variable principal del agente con el que están correlacionados a través de las funciones que correlacionan dichas variables, definidas de acuerdo con lo dispuesto en esta Recomendación¹² (Ver apartado 4.1.1.1.1 a).

¹¹ La relación entre la probabilidad de excedencia de un agente o acción, n , durante una fase de proyecto de duración

L ($p_{n,L}$) y su periodo de retorno, T_R , viene dada por la expresión:
$$p_{n,L} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^L$$

El proyectista evaluará la incertidumbre estadística asociada a los datos disponibles con los que se han estimado las funciones de distribución. Salvo justificación detallada, se tomarán como valores representativos, no los correspondientes a la estima central de las funciones de distribución, sino los valores extremos del intervalo de confianza del 90 %.

¹² La forma de obtener la función de correlación se recoge en el primer subapartado del apartado 4.6.2. En dicho apartado se señala que la función que correlaciona dichas variables puede obtenerse mediante un ajuste analítico, considerando que a cada valor de la variable principal se le asigna el valor correspondiente a una determinada probabilidad de no excedencia en la función de distribución de la variable correlacionada condicionada a dicho valor de la variable principal. En general, es recomendable para formulaciones de la ecuación de verificación deterministas y semi-probabilistas tomar dicha probabilidad igual al 85% o al 15%, en función de que sean más desfavorables los valores superiores o los inferiores de la variable correlacionada (ver figura 4.6.2.1) (Ver apartado 4.1.1.1.1. a).

Dado que la escala temporal de los estados de viento y oleaje es menor que la de los niveles de agua, puede suponerse que en los estados meteorológicos de proyecto el agente nivel de las aguas y corriente dependiente tienen el carácter de permanentes. En general, para los niveles de agua y corrientes dependientes será suficiente considerar los niveles correspondientes a los límites superior e inferior del ciclo de oscilaciones marinas y fluviales de largo periodo que actúan en el estado límite de proyecto, con los valores de los niveles alto y bajo compatibles con dicho estado, salvo que las corrientes de marea sean significativas y relevantes para el modo de fallo. No obstante, debido a la influencia de los niveles de aguas y de las corrientes en las transformaciones del oleaje, no es descartable que puedan presentarse estados más desfavorables asociados a niveles intermedios. El proyectista valorará la posibilidad de esta circunstancia. A su vez, en el caso de que la velocidad de la corriente sea significativa y relevante para el modo de fallo, también deberán considerarse distintos valores de la velocidad/dirección de la corriente en el caso de obras de atraque situadas en antepuertos o áreas exteriores, obtenidos a partir de la elipse de corriente asociada con la variación de niveles de las aguas considerada. En los casos de áreas portuarias cerradas será suficiente considerar los casos de máxima velocidad de corriente entrante y máxima de corriente vaciante. En ambos casos se considerará el nivel de las aguas exteriores compatible en el estado con las velocidades de corriente adoptadas. Los niveles de saturación en el terreno natural y en los rellenos que se consideren, en su caso, en cada estado serán los compatibles con dichos niveles de las aguas exteriores en función de los diferentes tipos de mareas y corrientes fluviales, así como de la permeabilidad de la obra, su cimientado y el relleno (Ver apartado 3.4.4.1 de la ROM 0.5-05).

En ausencia de datos conjuntos en el emplazamiento, así como cuando no se observen niveles claros de correlación, simplificada se podrá considerar que los niveles de agua y corrientes dependientes compatibles con los valores representativos del oleaje pueden obtenerse a partir de los regímenes marginales de los niveles de agua, adoptando como valores representativos los que corresponden de su consideración como un agente independiente del oleaje.

a₁₂) En condiciones operativas

En condiciones operativas, los valores umbrales establecidos para los agentes climáticos, cuando a través de ellos se definan los valores límite de operatividad del agente de uso y explotación predominante en cada estado límite operativo, deben ser considerados de carácter permanente en dichos estados.

Los valores umbrales para cada uno de los agentes climáticos que se establecen habitualmente para obras de atraque y amarre por condiciones de explotación y seguridad se recogen en la tabla 3.2.1.3 de esta ROM para la velocidad del viento, la altura de ola y la velocidad de la corriente, considerando que no actúan simultáneamente o que en el emplazamiento un único agente climático es el predominante para la parada operativa de la instalación, así como en los apartados de esta ROM correspondientes a los agentes de uso y explotación. Lo anterior se establece sin perjuicio de que puedan establecerse otros, mayores o menores, considerando los efectos que puede tener la consideración de más de un agente predominante para la parada ope-

rativa, las condiciones locales del puerto y los requerimientos del promotor. Para su aplicación deberá comprobarse que los valores umbral adoptados son alcanzables en el emplazamiento y en presencia de la obra con una probabilidad anual de presentación en el régimen medio conjunto (más de un valor umbral) o marginal (un único valor umbral) mayor de 10^{-3} , así como que los medios y las condiciones físicas y de explotación del puerto permiten la realización de las operaciones portuarias asociadas con el cumplimiento de dichos límites¹³. En el caso de que en el emplazamiento no se alcancen los límites de operatividad establecidos, como mínimo con la probabilidad señalada, se considerarán como límites operativos efectivos los asociados a dicha probabilidad de presentación a los efectos de la verificación de los modos de fallo adscritos a estados límite últimos en condiciones de operación.

En los casos en que se defina un único agente predominante que condiciona la operatividad de la instalación, para el resto de agentes climáticos se adoptarán los valores compatibles con el adoptado para el agente predominante en el caso de los agentes climáticos de actuación simultánea dependientes de éste, por medio de las funciones que los correlacionan de acuerdo con lo establecido a estos efectos en esta Recomendación. Para probabilidades de ocurrencia del modo de fallo en estas condiciones menores del 5 %, para los agentes climáticos de actuación simultánea independientes del predominante se adoptarán los valores correspondientes a una probabilidad de excedencia del 50 % tomada del régimen medio, siempre que, en su caso, no superen los límites de operatividad que pudieran estar, en su caso, establecidos individualmente para dicho agente (Ver apartado 4.1.1.1.1. c). Por otra parte, cuando los valores del agente climático predominante no estén limitados directamente por condiciones de explotación y el promotor considere que no se debe limitar la operatividad por las condiciones locales del puerto u otras causas, se asimilará esta condición operativa a una condición extrema, adoptándose como valor representativo del agente predominante en condiciones normales de operación el valor extremal correspondiente a un periodo de retorno de 50 años para probabilidades de ocurrencia del modo fallo en estas condiciones menores del 5 % para el agente predominante y de 5 años para el resto de agentes, siempre que este valor no supere el umbral de operatividad establecido, en su caso, para dicho último agente.¹⁴ (Ver tabla 4.6.2.2).

En los casos en que los valores umbral de varios agentes, dependientes o independientes entre sí, sean los que conjuntamente condicionen la operatividad, para el resto de agentes se adoptarán los valores compatibles de acuerdo con lo dispuesto en el párrafo anterior para el caso en que sea un único agente el que condicione la operatividad de la instalación.

Comentario: por ejemplo, cuando se definan y sean posibles o alcanzables en el emplazamiento los límites de operatividad establecidos para las corrientes, los niveles de agua a considerar serán los compatibles con dichos valores. De igual forma,

¹³ Por ejemplo, no puede considerarse la limitación de la permanencia de un buque en el atraque si el puerto no dispone de los medios (p.e. remolcadores con potencia suficiente) o su configuración física impide el desatraque del buque en condiciones seguras cuando se superan dichas condiciones límites de los agentes climáticos. En estos casos deberán preverse por ejemplo dispositivos de amarre o potencia de remolcadores suficiente para mantener en todo momento el buque en el atraque en condiciones seguras.

¹⁴ Para la verificación de modos de fallo con probabilidades de fallo mayores o iguales al 5 %, se tomará como valor representativo del agente predominante aquél cuya probabilidad de excedencia en la fase de proyecto considerada sea igual a la probabilidad de fallo considerada. Para las variables principales de los agentes independientes del predominante se adoptará el correspondiente a un periodo de retorno de 5 años en el régimen extremal marginal.

cuando se establezcan límites de operatividad asociados con los niveles de las aguas, se adoptarán como valores simultáneos de la velocidad de la corriente los compatibles con los mismos. A su vez, cuando los valores de los niveles de agua no estén limitados directamente por condiciones de explotación o indirectamente a través de los límites de explotación establecidos para otro agente con el que estén correlacionado, o no pueda obtenerse su valor de compatibilidad con otro agente por ausencia de datos conjuntos en el emplazamiento, simplícidamente se podrán adoptar como valores representativos de los niveles de agua en condiciones normales de operación los correspondientes al cuantil del 50 % del régimen medio cuando el límite de operatividad sea definido por otro agente. Cuando no se definan o no pueda limitarse la operatividad de la instalación por cualquier circunstancia se adoptarán los correspondientes a un periodo de retorno de 50 o 5 años, respectivamente, en función de que el nivel de las aguas sea predominante o no en el modo de fallo.

a₁₃) En condiciones excepcionales debidas a la actuación de una acción accidental no climática o sísmica

En condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental no climática y en el estado sísmico, los agentes climáticos también tendrán el carácter de permanentes. En la tabla 4.6.2.2 se consignan los valores representativos de los agentes climáticos de actuación simultánea a adoptar en dichos estados a partir de los regímenes medios marginales y, en su caso, direccionales de las variables independientes entre sí, así como de las funciones que correlacionan dichas variables y las que caracterizan a los agentes dependientes de ellas de acuerdo con lo dispuesto con carácter general en este apartado (Ver nota 12) (Ver apartado 4.1.1.1 b).

a₂) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio

Para la comprobación de modos de fallo adscritos a estados límites de servicio, la definición de los estados meteorológicos límite de proyecto se realizará de igual forma que para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos cuando la combinación de agentes y acciones aplicable para la verificación del modo de fallo sea la poco probable o fundamental, la accidental o la sísmica.

Los modos de fallo adscritos estados límite de servicio en los que el tipo de combinación aplicable en la ecuación de verificación sea la frecuente o la cuasi-permanente, la definición del estado meteorológico de proyecto se realizará considerando el valor frecuente de la variable principal del agente climático que, en su caso, sea el predominante para la definición de la acción variable predominante para el modo de fallo analizado. Para el resto de agentes climáticos independientes o en aquellos casos en los que ningún agente climático intervenga en la definición del agente variable predominante para el modo de fallo se adoptarán los valor cuasi-permanentes. Para los agentes climáticos dependientes de éstos se adoptarán los valores de compatibilidad de acuerdo con lo dispuesto en esta Recomendación (Ver Nota 12) (Ver apartado 4.1.1.2).

TABLA 4.6.2.2. VALORES NOMINALES O REPRESENTATIVOS DE LAS VARIABLES DE ESTADO PRINCIPALES DE LOS AGENTES CLIMÁTICOS (Para fase de servicio de obras definitivas)¹⁾ (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos con probabilidades de fallo menores del 5 % en la correspondiente condición de trabajo) (combinaciones fundamentales o poco probables)²⁾

CONDICION DE TRABAJO	AGENTE CLIMATICO PREDOMINANTE ³⁾			AGENTES CLIMATICOS INDEPENDIENTES DEL PREDOMINANTE ⁴⁾	
	Valor Característico	Valor Frecuente	Valor Cuasi-permanente	Valor de Combinación Fundamental	Valor Cuasi-permanente
Condiciones de trabajo Operativas (CT1)	Límites de operatividad establecidos ⁵⁾			-----	Probabilidad de no excedencia del 50 %, tomada del régimen medio ⁵⁾⁶⁾
Condiciones de trabajo Extremas (CT2)	Cuantil del 98 % de la función de distribución de extremos anuales (T _R =50 años) ⁶⁾	-----	-----	Cuantil del 80 % de la función de distribución de extremos anuales (T _R = 5 años) ⁶⁾	-----
Condiciones de trabajo Excepcionales debidas a la presentación de un agente climático de carácter extraordinario (CT3,1)	Cuantil del 99.8 % de la función de distribución de extremos anuales (T _R = 500 años) ⁶⁾	-----	-----	Probabilidad de no excedencia del 85 %, tomada del régimen medio ⁶⁾	-----
Condiciones de trabajo Excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental (CT3,2) ⁷⁾	-----	Probabilidad de no excedencia del 85 %, tomada del régimen medio ⁶⁾	-----	-----	Probabilidad de no excedencia del 50 %, tomada del régimen medio ⁶⁾
Condiciones de trabajo Extremas o Excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica (CT3,31 y CT3,32)	-----	-----	Probabilidad de no excedencia del 50 %, tomada del régimen medio ⁶⁾	-----	Probabilidad de no excedencia del 50 %, tomada del régimen medio ⁶⁾

NOTAS

- 1) Para estados o situaciones de proyecto transitorios, es decir aquellos que tienen corta duración respecto a la vida útil de la obra ya sea, entre otros, por causa de la geometría de la obra (fase de construcción), por las características del terreno (fase de consolidación o comportamiento drenado y no drenado del mismo) o por las acciones actuantes (cargas de uso y explotación diferentes en las fases de reparación y mantenimiento), en condiciones de trabajo extremas se adoptará como valor característico de la acción predominante el correspondiente a un periodo de retorno del mismo orden de magnitud que el de la duración de dicha fase para las situaciones transitorias prolongadas en relación con la duración de la fase de servicio y el doble de dicho valor para los casos de transitoriedad menos prolongada, con un valor mínimo de 2 años. En esos casos, para los agentes independientes se adoptará como valor representativo el correspondiente a un periodo de retorno de 1 año. En estas situaciones transitorias no se considerarán condiciones de trabajo excepcionales.
- 2) Para la verificación de modos de fallo en condiciones de trabajo extremas con probabilidades de fallo mayores o iguales al 5 %, ver texto.
- 3) Los valores nominales o representativos compatibles de los agentes dependientes del agente predominante o del resto de agentes independientes se obtendrán a partir de los valores nominales o representativos de la variable principal del agente con el que están correlacionados a través de las correspondientes funciones de correlación, definidas de acuerdo con lo dispuesto en esta Recomendación.
- 4) La diferenciación entre agente predominante y otro agente climático se realiza únicamente en aquellos casos en que simplícidamente puede considerarse que hay agentes climáticos independientes entre sí de actuación simultánea en el emplazamiento (Ver texto apartado 4.6.2.1).
- 5) Para cada condición de trabajo operativa, valores umbrales de los agentes climáticos adoptados como límites de operatividad que sean alcanzables en el emplazamiento. (probabilidad de presentación mayor 10⁻³). Si no es así, ver texto. Para la definición de los valores representativos de los agentes climáticos dependientes de los predominantes o de los independientes de los predominantes, ver texto.
- 6) El proyectista evaluará la incertidumbre estadística asociada a los datos disponibles con los que se han estimado las funciones de distribución. Salvo justificación detallada, se tomarán como valores representativos, no los correspondientes a la estima central de las funciones de distribución, sino los valores extremos del intervalo de confianza del 90 %.
- 7) Se adoptará como valor frecuente el correspondiente al agente climático que, en su caso, sea el predominante para la definición de la acción variable predominante para el modo de fallo. Para el resto de los agentes climáticos independientes o en los casos en los que ningún agente climático intervenga en la definición de la acción variable predominante para el modo de fallo se adoptará como valor representativo de los mismos el valor cuasi-permanente. Para los agentes climáticos dependientes de estos se adoptarán los valores de compatibilidad de acuerdo con lo dispuesto en esta Recomendación.

En la tabla 4.6.2.2 se consignan los valores representativos frecuentes y cuasi-permanentes de los agentes climáticos de actuación simultánea a partir de los regímenes medios marginales y, en su caso, direccionales de las variables independientes entre sí, así como de las funciones que correlacionan dichas variables y las que caracterizan a los agentes dependientes de ellas de acuerdo con lo dispuesto con carácter general a estos efectos en esta Recomendación.

a₃) Para la verificación de modos de parada operativa

A los efectos de verificar los modos de parada operativa de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.1.1.3 de esta Recomendación, se definirán los valores umbral de las variables de los agentes climáticos asociados a cada causa de paralización de acuerdo con lo establecido para las condiciones de trabajo operativas de los agentes climáticos en el subapartado a₁₂ de este apartado.

b) Para formulaciones probabilistas

Para las formulaciones probabilistas puede trabajarse únicamente con variables de estado o bien, dependiendo de la ecuación de verificación utilizada y de forma mucho más precisa, considerando además la variabilidad en cada estado de las variables básicas correspondientes a cada agente.

En la ecuación de verificación de un modo de fallo tanto adscrito a estados límites últimos como de servicio, los agentes climáticos se definen, siempre que se disponga de datos, a través de las funciones de distribución conjunta de las variables de estado que caracterizan a dichos agentes y que sean relevantes para el modo de fallo o parada considerado en el emplazamiento, durante los diferentes ciclos de solicitud, y, en su caso, además por las funciones de distribución conjunta en cada estado de las variables básicas.

Para los ciclos de solicitud correspondientes a condiciones de trabajo extremas (CT2) y excepcionales (CT3,1) se utilizarán los regímenes extremos conjuntos de las variables de estado. No obstante, en ausencia de datos conjuntos será admisible utilizar los regímenes extremos marginales de la variable de estado considerada como principal correspondiente al agente predominante para el modo de fallo analizado; definiéndose el resto de variables, tanto del mismo agente como de otros agentes, correlacionadas con ésta a través de las funciones de distribución bivariadas con la variable principal durante el ciclo de solicitud por medio de las funciones de distribución de la variable correlacionada condicionada a cada valor de la variable principal (ver figura 4.6.2.1). En el caso de que por las condiciones del emplazamiento sea admisible considerar que algunos agentes climáticos no están correlacionados o presentan una débil dependencia entre sí es admisible utilizar los regímenes extremos marginales de las variables principales de los agentes que puedan considerarse independientes, conjuntamente con las funciones de distribución de las variables correlacionadas con cada uno de ellos condicionadas a cada valor de las mismas.

Para los ciclos de sollicitación correspondientes a condiciones operativas (CT1) se utilizarán las funciones de distribución conjunta de clase centrada de las variables de estado (regímenes medios), truncadas por los límites de operatividad establecidos. En ausencia de datos conjuntos, fijado el valor umbral de la variable principal del agente predominante que condiciona la operatividad de la instalación, será admisible utilizar las funciones de distribución de las variables dependientes de la misma, condicionadas al límite de operatividad establecido; los regímenes medios, en su caso truncados por los correspondiente límite de operación, de las variables principales de los agentes independientes del predominante y las funciones de distribución de las variables dependientes de estas últimas, condicionadas a cada valor de la misma. En el caso de que no se establezcan límites de operación o el promotor considere que en la condición de trabajo considerada no se debe limitar la operatividad de la instalación, se utilizarán funciones de distribuciones extremales de forma equivalente a lo definido para condiciones de trabajo extremas y excepcionales.

Para los ciclos de sollicitación correspondientes a condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental (CT3,2) o sísmica [(CT3,31) y (CT3,32)], se utilizarán los regímenes medios conjuntos de las acciones climáticas. No obstante, en ausencia de datos conjuntos será admisible utilizar los regímenes medios marginales de las variables de estado consideradas como principales de los agentes climáticos considerados independientes entre sí, definiéndose el resto de variables correlacionadas con éstos por medio de sus funciones de distribución condicionadas a cada valor de la variable principal.

Para la verificación probabilista de un modo de parada se utilizarán los diferentes regímenes medios conjuntos de las variables de los agentes climáticos dependientes entre sí cuyos valores umbral definen las diferentes causas de paralización asociadas con el modo, verificándose simultáneamente dichas causas de paralización para la obtención de la probabilidad de parada con el objeto de no duplicar la contribución a dicha probabilidad de causas de parada que ocurren simultáneamente con los mismos valores de los agentes climáticos.

La obtención de las funciones de distribución de los agentes climáticos necesarias tanto para las formulaciones probabilistas como para la definición de los valores representativos en las formulaciones semiprobabilistas podrá realizarse a partir de registros instrumentales en el emplazamiento en número de años suficiente y calidad contrastada. Para la obtención de los regímenes extremales se considerarán bien la serie de máximos anuales o bien los valores estadísticamente independientes que superan el umbral que define el ciclo de sollicitación en condiciones extremas. En general, el ajuste de la muestra se realiza con funciones de Weibull, Gumbel o Frechet. Para la obtención de regímenes medios, el ajuste de la muestra se suele realizar con funciones log-normal o Weibull en función del agente. En las ROM 0.3, 0.4 y 1 se desarrollan más detalladamente las metodologías para la obtención de las funciones de distribución de los agentes climáticos.

En España, a falta de datos específicos en el emplazamiento en número y calidad contrastada, las diferentes funciones de distribución y los valores representativos correspondientes a los parámetros que caracterizan a los agentes climáticos pueden obtenerse a partir de la base de datos climáticos de Puertos del Estado, que incluye tanto datos ins-

trumentales como información de procesos de retroanálisis. Asimismo, están disponibles las siguientes funciones de distribución:

- Regímenes marginales de velocidad del viento: ROM 0.4-95. Anejo I. Atlas de viento en el litoral español, así como en la página Web de Puertos del Estado (www.puertos.es)
- Regímenes marginales de altura de ola y funciones de correlación altura/periodo en aguas abiertas: nueva versión de la ROM 0.3, así como en la página Web de Puertos del Estado (www.puertos.es). Las funciones de distribución correspondientes a la altura de ola en el emplazamiento y en presencia de la obra podrá obtenerse a partir de estos regímenes, transfiriéndolos al emplazamiento por medio de uno o varios modelos numéricos o físicos de propagación del oleaje de validez reconocida para las condiciones físicas del emplazamiento, considerando el periodo del oleaje, los niveles de las aguas alto y bajo asociados a las mareas y corrientes fluviales y las corrientes compatibles (Ver ROM 1.0).
- Regímenes marginales de niveles de mar asociados a mareas: Se incluirán en la nueva versión de la ROM 0.3. Hasta que este documento esté disponible, simplificada, podrán adoptarse los valores representativos estimados de los niveles de agua que se incluyen en la tabla 4.6.2.3. para los puertos españoles en los que hay información instrumental suficiente disponible¹⁵.

¹⁵ En aquellos puertos en que no esté disponible este tipo de información, el proyectista podrá adoptar los valores correspondientes a puertos próximos de la misma fachada, siempre que tengan similar marea astronómica. En los otros casos, los valores representativos de los niveles del mar asociados con mareas podrán estimarse del lado de la seguridad de acuerdo con lo recomendado en la tabla 3.3.1. de la ROM 0.5-05.

TABLA 4.6.2.3. VALORES REPRESENTATIVOS ESTIMADOS DE LOS NIVELES DE AGUA EN PUERTOS ESPAÑOLES RESPECTO AL NIVEL MEDIO DEL MAR (combinada marea astronómica+meteorológica) (en m)¹⁾

PUERTOS	NIVEL DE LAS AGUAS	Valores Extremales			Valores medios		Altura del Nivel Medio del Mar respecto del Cerro del Puerto (m) ²⁾
		T= 500 años	T=50 años	T= 5 años	Probabilidad de no excedencia del 85 %	Probabilidad de no excedencia del 50 %	
BILBAO	Nivel alto	+ 2.95	+ 2.88	+ 2.75	+ 1.92	+1.50	+2,40
	Nivel bajo	- 2.85	- 2.80	- 2.70	- 1.92	-1.50	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	4.94 (UA = 2.09)					
SANTANDER	Nivel alto	+ 2.95	+ 2.82	+ 2.70	+ 1.95	+ 1.52	+2,84
	Nivel bajo	- 2.83	- 2.76	- 2.65	- 1.95	- 1.52	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	4.95 (UA = 2.10)					
GIJÓN	Nivel alto	+ 2.95	+ 2.85	+ 2.72	+ 1.92	+ 1.50	+2,72
	Nivel bajo	- 2.82	- 2.75	- 2.63	- 1.92	- 1.50	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	4.83 (UA = 2.05)					
A CORUÑA	Nivel alto	+ 3.00	+ 2.84	+ 2.70	+ 1.79	+ 1.39	+2,72
	Nivel bajo	- 2.75	- 2.69	- 2.58	- 1.79	-1.39	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	4.47 (UA = 1.89)					
VILLA-GARCÍA	Nivel alto	+ 3.15	+ 2.90	+ 2.70	+ 1.69	+ 1.31	+2,19
	Nivel bajo	- 2.75	- 2.65	- 2.50	- 1.69	- 1.31	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	4.22 (UA = 1.79)					
VIGO	Nivel alto	+ 2.98	+ 2.74	+ 2.55	+ 1.68	+ 1.30	+2,06
	Nivel bajo	- 2.44	- 2.35	- 2.23	- 1.68	- 1.30	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	4.19 (UA = 1.78)					
HUELVA (Mazagón)	Nivel alto	+ 3.50	+ 2.98	+ 2.50	+ 1.60	+ 1.25	+2,02
	Nivel bajo	- 2.32	- 2.25	- 2.13	- 1.60	- 1.25	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	4.02 (UA = 1.70)					
SEVILLA ⁴⁾ (esclusa)	Nivel alto	+ 6.70 ⁵⁾	+ 5.20 ⁵⁾	+ 4.60 ⁵⁾	+ 1.23	+ 0.96	+ 1.14
	Nivel bajo	- 1.80	- 1.75	- 1.70	- 1.23	- 0.96	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	2.80 (UA = 1.19)					
BONANZA (Ría del Guadalquivir)	Nivel alto	+ 3.15	+ 2.75	+ 2.45	+ 1.48	+ 1.15	+1,71 ⁶⁾
	Nivel bajo	- 1.95	- 1.85	- 1.75	- 1.48	- 1.15	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	3.46 (UA = 1.47)					
MÁLAGA	Nivel alto	+ 1.07	+ 0.93	+ 0.80	+ 0.31	+ 0.24	+0,59
	Nivel bajo	- 0.85	- 0.80	- 0.75	- 0.31	- 0.24	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	0.87 (UA = 0.37)					
VALENCIA	Nivel alto	+ 0.96	+ 0.85	+ 0.74	+ 0.16	+ 0.13	+0,07
	Nivel bajo	- 0.78	- 0.74	- 0.70	- 0.16	- 0.13	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	0.41 (UA = 0.18)					
BARCELONA	Nivel alto	+ 1.20	+ 0.99	+ 0.83	+ 0.17	+ 0.13	+0,26 ⁷⁾
	Nivel bajo	- 0.63	- 0.58	- 0.55	- 0.17	- 0.13	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	0.44 (UA = 0.19)					
TENERIFE	Nivel alto	+ 1.85	+ 1.72	+ 1.62	+ 1.14	+ 0.89	+1,48
	Nivel bajo	- 1.70	- 1.61	- 1.52	- 1.14	- 0.89	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	2.9 (UA = 1.23)					
LAS PALMAS	Nivel alto	+ 1.80	+ 1.71	+ 1.63	+ 1.18	+ 0.92	+1,39
	Nivel bajo	- 1.75	- 1.68	- 1.60	- 1.18	- 0.92	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	3.01 (UA = 1.28)					

NOTAS

UA : Unidad de altura. Es la semi-amplitud, en metros, de la media de las mareas astronómicas vivas equinocciales, a la que corresponde un coeficiente de

marea C: 100. A la máxima marea astronómica viva equinoccial le corresponde un coeficiente 118.

- 1) Valores representativos obtenidos considerando el intervalo de confianza del 90 %.
- 2) Nivel medio obtenido de datos registrados por la red de mareógrafos de puertos (REDMAR-Puertos del Estado).
- 3) Amplitud, en metros, de la máxima marea viva equinoccial.
- 4) En este caso, el nivel de referencia es el nivel medio del río con viento en calma. Se puede considerar que, dadas las condiciones de regulación del río Guadalquivir, el caudal medio coincide aproximadamente con el caudal mínimo ecológico establecido ($\approx 10 \text{ m}^3/\text{s}$).
- 5) Dada la gran influencia que el caudal del río tiene en los niveles altos extremos, los valores dependerán principalmente del régimen fluvial extremo en condiciones de régimen regulado. En crecidas extraordinarias ($T=500$ años) el caudal del río en esta zona en condiciones reguladas es de $8,700 \text{ m}^3/\text{s}$. y en crecidas extremas ($T=50$ años y 5 años) es de $6,200$ y $3,600 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Se puede estimar que aproximadamente el caudal fluvial influye aumentando la pleamar en 0.6 mm y en 1 mm la bajamar por cada m^3/s .
- 6) Sobre el 0 del mareógrafo = cero hidrográfico.
- 7) Sobre el 0 del mareógrafo = cero de Alicante.

4.6.2.1.1. *Formulación de las acciones debidas a los agentes climáticos*

En ausencia de datos medidos, y siempre que se disponga de relaciones funcionales o fundamentos teóricos adecuados entre los parámetros representativos del agente a nivel de variables básicas o de estado y la acción debida al mismo, es admisible que los valores nominales o representativos de las acciones debidas directamente o bien generadas por los agentes climáticos, o sus funciones de distribución, puedan obtenerse o derivarse, respectivamente, a partir de los valores representativos de las funciones de distribución de los agentes climáticos que las causan o de sus propias funciones de distribución. En los casos en los que no se disponga de relaciones funcionales apropiadas para la precisión requerida de los cálculos, la acción se deberá obtener a partir del agente causante a través de técnicas numéricas o experimentales, en modelo físico o prototipo, de validez contrastada para la obra considerada.

Las acciones que solicitan a las obras de atraque y amarre debidas a la actuación de los agentes del medio y las relaciones funcionales con éstos que se consideran adecuadas son las siguientes:

a) Acciones debidas al viento ($Q_{f,2}$)

Salvo en las obras de atraque y amarre flotantes, la acción del viento solicita a las estructuras de forma indirecta, actuando bien a través del buque atracado o amarrado, bien a través de las mercancías almacenadas y de los equipos e instalaciones de manipulación y transporte de dichas mercancías, así como de las edificaciones, depósitos o silos que eventualmente se ubiquen sobre su superficie. La acción del viento sobre dichas estructuras se detalla con carácter general en la ROM 0.4-95, así como en el apartado de esta ROM correspondiente a las acciones de uso y explotación, donde se dan criterios para su estimación y consideración a partir del parámetro velocidad del viento.

La acción directa del viento sobre una obra de atraque flotante puede considerarse representada por una fuerza total de arrastre horizontal (R_v) prácticamente estacionaria cuyo valor queda determinado por la siguiente formulación:

$$R_v = \frac{(C_{vx} \cdot \cos^2 \alpha \cdot A_{ex} + C_{vy} \cdot \sin^2 \alpha \cdot A_{ey})}{\cos(\phi - \alpha)} \cdot \frac{1}{2} \rho_a V_{v,t}^2$$

siendo:

- R_v : Fuerza total de arrastre resultante de la acción del viento sobre el flotador. La distancia del centro de gravedad al punto de aplicación (e) y la dirección de la fuerza resultante (ϕ) se determinarán de acuerdo con lo dispuesto en este apartado.
 - e : Excentricidad de la resultante respecto del centro de gravedad del flotador, medida sobre el eje longitudinal del flotador (eje de simetría mayor). Con carácter general y a falta de datos o estudios específicos, para flotadores prácticamente simétricos aunque no con simetría radial puede tomarse como $0.1 \cdot b$, siendo b la dimensión de la sección longitudinal del flotador en la dirección del eje longitudinal. La excentricidad deberá considerarse que puede actuar en ambos sentidos con el objeto de tomar en consideración las diferentes posibilidades de distribución de la superestructura.
 - ϕ : Ángulo formado entre el eje longitudinal del flotador y la dirección de actuación de la fuerza. Podrá aproximarse mediante la formulación siguiente: $\text{tg } \phi = [A_{ey}/A_{ex}] \cdot \text{tg } \alpha$.
- α : Ángulo formado entre el eje longitudinal del flotador y la dirección de actuación del viento.
- C_{vx} : Factor adimensional de arrastre para el viento actuando en la dirección del eje longitudinal del flotador. Los valores de este factor pueden obtenerse en el apartado 3.2.2.8. de la ROM 0.4-95.
- C_{vy} : Factor adimensional de arrastre para el viento actuando en la dirección del eje transversal del flotador. Los valores de este factor pueden obtenerse en el apartado 3.2.2.8 de la ROM 0.4-95.
- A_{ex} : Área expuesta al viento de la proyección del flotador sobre un plano normal al eje longitudinal del flotador.
- A_{ey} : Área expuesta al viento de la proyección del flotador sobre un plano normal al eje transversal del flotador.
- ρ_a : Densidad del aire (Ver apartado 4.5)
- $V_{v,t}$: Velocidad horizontal máxima probable del viento, considerando un periodo de medición t , en función de las características del flotador (Ver tabla 4.6.2.1). Deberá tomarse la correspondiente a la altura del centro de gravedad de la sección expuesta al viento.

En cada estado de proyecto, las acciones debidas al viento tendrán igual consideración que el agente causante. Por tanto, salvo en condiciones de trabajo operativas en las que los valores de la velocidad del viento definan los límites de operatividad de la instalación o en condiciones excepcionales no debidas a viento extraordinario tendrán el carácter de no permanentes o variables. No obstante lo anterior, en algunos casos, dependiendo de su escala de variabilidad, alguna de estas fuerzas puede ser considerada de carácter permanente en el estado meteorológico (p.e. fuerza total de arrastre resultante de la acción del viento sobre el flotador).

La formulación de las acciones debidas al viento incluidas en este apartado es aplicable únicamente a variables de estado.

En general no es esperable que se produzcan efectos dinámicos debidos a la acción del viento en estructuras de atraque y amarre, salvo en estructuras pilotadas situadas a grandes profundidades y con importantes francobordos (p.e. plataformas o celosías espaciales en mar abierto) y en los sistemas de amarre de estructuras flotantes en función de la distribución de las líneas de amarre, de la flexibilidad de la estructura de amarre y de las condiciones del oleaje. A su vez, buques de gran desplazamiento amarrados a estructuras muy flexibles y mediante líneas de amarre muy elásticas suelen presentar frecuencias naturales de oscilación próximas a las frecuencias con valores energéticos significativos presentes en los estados de viento, por lo que son esperables efectos dinámicos significativos en las cargas de amarre transmitidas. La definición de la acción dinámica producida por el viento en estos casos se recoge en el apartado de esta ROM correspondiente a las acciones de uso y explotación.

b) Acciones debidas a las corrientes ($Q_{fc,s}$)

La acción de las corrientes sobre las obras de atraque y amarre se manifiesta de dos formas: una indirecta, actuando a través del buque durante el atraque o amarrado, y otra directa ejerciendo una fuerza sobre la propia estructura. La primera se detalla en el apartado de esta ROM correspondiente a las acciones de uso y explotación, donde se dan criterios para su estimación y consideración.

La acción directa de la corriente sobre una obra de atraque y amarre fija puede descomponerse en dos fuerzas horizontales:

- Fuerza de arrastre (F_D), paralela a la dirección de la corriente.
- Fuerza transversal (F_L), perpendicular a la dirección de la corriente.

siendo:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_w A_L V_C^2$$
$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho_w A_T V_C^2$$

donde:

- C_D : Coeficiente de arrastre (adimensional). Este coeficiente es variable con la forma de la estructura, su rugosidad, la dirección de la corriente y el número de Reynolds ($R_e = V_C \cdot D / \nu$)¹⁶, el cual caracteriza el régimen del movimiento del agua en las proximidades de un obstáculo o de un límite sólido. Sus valores están comprendidos generalmente entre 0.6 y 2 para piezas prismáticas y entre 0.2 y 1.2 para piezas de sección circular, cuando el número de Reynolds está entre 10^3 y 10^5 . Para casos concretos puede consultarse su valor en ábacos y tablas existentes en la bibliografía especializada u obtenerse a través de ensayos en modelo físico. Para los casos más generales en obras de atraque y amarre, simplificadaamente pueden adoptarse los valores de la tabla 4.6.2.4.

¹⁶ D es la dimensión de la obra que mejor caracteriza la perturbación que produce ésta en el movimiento del agua. ν es la viscosidad cinemática (m^2/s) (ver apartado 4.5).

- C_L : Coeficiente de fuerza transversal (adimensional). Este coeficiente depende de la forma de la estructura, la dirección de la corriente y el número de Reynolds.
- ρ_w : Densidad del agua (Ver apartado 4.5.)
- A_L : Área de la estructura proyectada en la dirección de la corriente.
- A_T : Área de la estructura proyectada en la dirección perpendicular a la corriente. Los valores de A_L y A_T deben considerarse teniendo en cuenta el efecto de las posibles adherencias marinas (Ver apartado 4.6.1.2.)
- V_C : Velocidad media del perfil de corriente (\bar{v}_c)

Estas fuerzas tendrán su punto de aplicación en el centro de gravedad del área de la estructura sumergida normal al flujo de corriente, afectada por la acción de la corriente. Es decir, como la fuerza resultante puede no pasar por el centro de gravedad de la estructura sino del área proyectada daría lugar a un momento resultante de torsión.

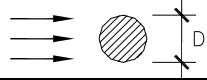
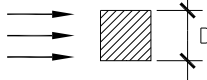
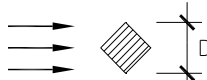
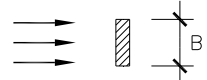
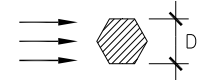
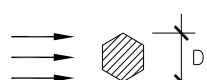
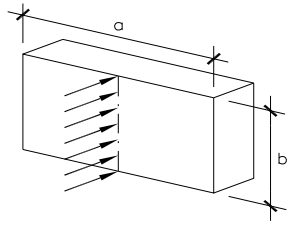
En general, en las obras de atraque y amarre la fuerza transversal debida a la acción de la corriente puede despreciarse. No obstante, en obras de pilotes muy esbeltos estas fuerzas pueden ser importantes cuando la frecuencia natural de la estructura se aproxima a la de los remolinos que se forman en los puntos de despegue de la estela generada por la interposición de la misma al flujo incidente (0.5 a 3.0 Hz), dando lugar a efectos dinámicos significativos. El estado más vulnerable suele ser en estos casos durante la fase constructiva, cuando los pilotes trabajan en voladizo, pudiendo llegar a ser necesario fijar la cabeza de los pilotes inmediatamente después de su hinca o fabricación. En todos los casos, este fenómeno resonante debe evitarse aumentando las condiciones de amortiguamiento de la estructura cuando la velocidad de la corriente supere un valor crítico, que puede aproximarse para pilotes circulares de diámetro D por $1.2f_N D$, siendo f_N la frecuencia natural de oscilación de la estructura. Para secciones no circulares puede, del lado de la seguridad, considerarse la misma fórmula adoptando como valor de D , la dimensión mayor en la dirección transversal a la dirección de la corriente.

La acción directa de la corriente sobre una obra de atraque flotante depende de muchos factores, entre otros, la velocidad y dirección de la corriente, la forma y rugosidad de la estructura, el área sumergida y, especialmente la proximidad al fondo, siendo muy difícil la sistematización de su valoración analítica. En ausencia de ensayos específicos en modelo físico o de resultados tabulados correspondientes a ensayos realizados en estructuras similares, simplificadaamente podrá aproximarse por la formulación recomendada para el cálculo de fuerzas debidas a las corrientes sobre buques equiparables, incluida en el apartado de esta Recomendación correspondiente a las acciones de uso y explotación (cargas de amarre). No obstante, en obras de atraque situadas en áreas exteriores o no abrigadas en las cuales la acción del oleaje es predominante, del lado de la seguridad es admisible calcular la fuerza de arrastre considerando un coeficiente $C_D = 1,00$ siempre que la profundidad sea mayor que 5 veces el calado del flotador. Para valores profundidad/calado < 5 dicho coeficiente puede alcanzar valores de hasta $C_D = 4,00$.

En cada estado de proyecto, esta acción debida a corrientes se considerará de igual carácter que el agente causante. Por tanto, las acciones debidas a corrientes de marea o de regímenes fluviales en condiciones extremas y excepcionales se considerarán siem-

pre de carácter permanente en el estado meteorológico. En condiciones operativas, las acciones debidas a todo tipo de corrientes también se considerarán de carácter permanente cuando los valores de la velocidad de la corriente definan los límites de operatividad de la instalación.

TABLA 4.6.2.4. COEFICIENTES DE ARRASTRE (C_D) PARA EL CÁLCULO DE LAS FUERZAS DE ARRASTRE DEBIDAS A LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE ($10^3 < R_e < 10^5$)

Tipo de estructura		Área de la estructura en la dirección de la corriente (A_L)	Coefficiente de Arrastre (C_D)
OBRAS DE ATRAQUE FIJAS ABIERTAS	Pilas o pilotes de sección circular		$D \cdot L$ $1.00 (L \gg D)^{1)}$
	Pilas o pilotes de secciones cuadradas		$D \cdot L$ $2.00 (L > D)$
			$D \cdot L$ $1.60 (L > D)$
	Pilas o pilotes de sección rectangular		$B \cdot L$ $2.00 (L > D)$
	Pilas o pilotes de secciones hexagonales		$D \cdot L$ $2.00 (L > D)$
			$D \cdot L$ $2.00 (L > D)$
	Pilas o pilotes de sección octogonal		$D \cdot L$ $1.40 (L > D)$
Pilas o pilotes de sección dodecagonal		$D \cdot L$ $1.10 (L > D)$	
OBRAS DE ATRAQUE FIJAS MASIVAS		$a \cdot b$	$a/b=1 \rightarrow 1.12$ $a/b=2 \rightarrow 1.15$ $a/b=4 \rightarrow 1.19$ $a/b=10 \rightarrow 1.29$ $a/b=18 \rightarrow 1.40$ $a/b=\infty \rightarrow 2.00$

NOTAS

L = Longitud de la generatriz

1) Para rugosidades bajas con números de Reynolds $< 10^3$ los valores de C_D pueden oscilar entre 1 y 60.

c) Acciones debidas a los niveles de agua asociados a mareas y niveles fluviales ($Q_{fc,61}$)

Todas las superficies de las obras de atraque y amarre que se encuentren sumergidas estarán sometidos a presiones en la dirección normal a la superficie (u_w) asociados con los niveles de agua debidos a mareas y regímenes fluviales (oscilaciones marinas y fluviales

de periodo largo) (Ver figura 4.6.2.2.). A su vez, los niveles de agua dan lugar en el terreno, en el cimiento y en los rellenos a presiones intersticiales (u_w) y, en su caso, a fuerzas de arrastre cuando existen gradientes de potencial ($I \cdot \gamma_w$), que deben tomarse en consideración para la verificación de la estabilidad del terreno y de la obra en función del método de cálculo utilizado. (Ver ROM 0.5-05).

Dichas presiones vendrán dadas por la expresión:

$$u_w = \gamma_w \cdot z$$

siendo z la altura del nivel piezométrico en el punto de determinación y γ_w el peso específico del agua. Dicho nivel coincidirá con el nivel de las aguas exteriores o el de saturación en terrenos naturales o rellenos (empujes hidrostáticos), salvo en aquellos puntos en que sea relevante el amortiguamiento de la onda de marea (p.e. en cimientos o rellenos poco permeables) o se considere significativa la existencia de procesos de filtración (p.e. por existir desniveles trasdós-intradós) o de procesos de consolidación. En estos casos, las presiones intersticiales podrán obtenerse analizando según cada caso, respectivamente, la forma en que se amortigua la onda de marea a través de modelos que reproduzcan el flujo en el medio poroso (ver apartado 3.4.11 de la ROM 0.5-05), estableciendo la correspondiente red de filtración cuando sea admisible considerar flujo estacionario o cuasi-estacionario o analizando la existencia de un proceso de consolidación (ver apartado 3.4.4. de la ROM 0.5-05). La metodología general para la cuantificación de los procesos de amortiguamiento o penetración de las diferentes oscilaciones del mar en el medio poroso aplicado a las obras de atraque y amarre se desarrolla en la figura 4.6.2.2 y en las tablas 4.6.2.6. y 4.6.2.7. , al ser aplicable la misma metodología tanto a las oscilaciones marinas de periodo corto (oleaje) como a las de periodo largo (mareas) e intermedio (ondas largas). A su vez, en los apartados de esta ROM correspondientes a cada tipología de atraque se desarrollarán las distribuciones de empujes a considerar en condiciones usuales.

Como puede observarse en los ejemplos incluidos en la figura 4.6.2.2, la onda de marea astronómica o meteorológica se amortigua en terrenos naturales, en una banquetta o en un relleno cuando se comportan como total o parcialmente drenados, a una distancia (L_{at}) que depende fundamentalmente de las características de permeabilidad y deformabilidad del mismo; es decir, de su capacidad de drenaje en relación con el periodo de la marea. Por tanto, a partir de una cierta profundidad en el terreno de cimentación o distancia en el caso de las banquetas o rellenos, las presiones intersticiales se estabilizan en la presión hidrostática correspondiente al nivel medio. De acuerdo con la formulación generalmente aceptada (ver fórmulas de la figura 4.6.2.2), en terrenos de cimentación alejados de la obra de atraque, formados por arenas finas ($k \cong 10^{-5}$ m/s y $c_v \cong 10^{-2}$ m²/s) esta profundidad puede ser del orden de 8-10 m, siendo mayor en terrenos más permeables. Cuando estos terrenos se comportan frente a la marea como totalmente drenados puede considerarse que la evolución de las presiones intersticiales se reproduce enteramente y sin desfase.

Por dichas razones, en obras de gravedad (ver ejemplo 1 de la figura 4.6.2.2) puede considerarse que, dadas las dimensiones y las características de las banquetas de cimentación de dichas obras, en general de escollera o todo uno con una alta permeabilidad ($k > 10^{-3}$ m/s) y con coeficientes de consolidación $c_v > 10$ m²/s, el tiempo necesario para su completo drenaje es menor que el periodo de la onda de marea astronómica o meteo-

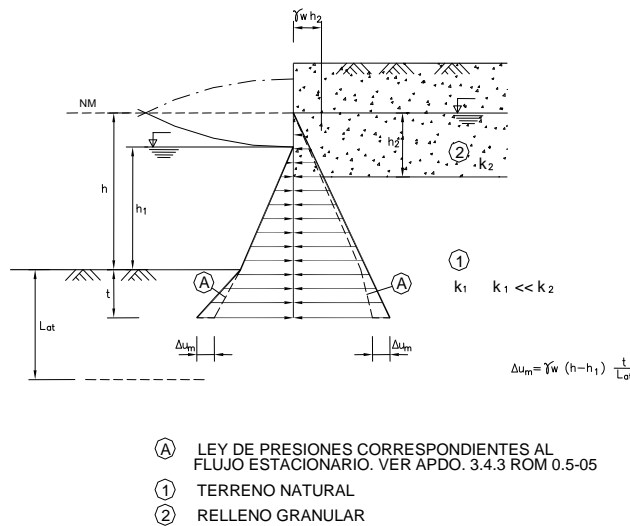
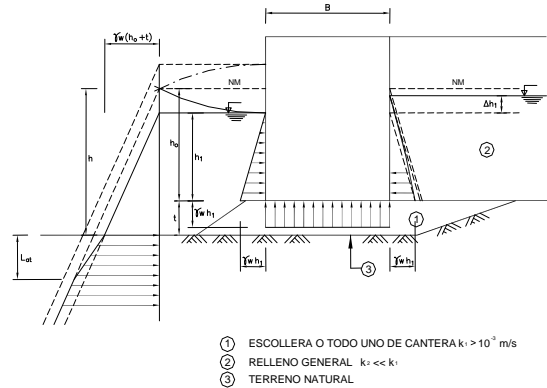
rológica, por lo que es capaz de transmitir completamente los niveles de marea, produciéndose, en su caso, el amortiguamiento de la onda de marea de forma completa o incompleta en el relleno de trasdós dependiendo de la permeabilidad y demás características de dicho relleno. En estos casos la distribución de subpresiones en la base de la obra puede considerarse prácticamente homogénea. A su vez, en el caso de que se produzca amortiguamiento de la onda de marea en el trasdós, la ley de empujes en dicha zona es curva. A medida que avanza la profundidad, la ley se aparta de la hidrostática hasta alcanzar el valor de la subpresión en la base antes mencionado. Esta ley curva puede aproximarse resolviendo el problema de flujo estacionario con los desniveles trasdós-intradós considerados (Ver ROM 0.5-05).

En el caso del muelle de pantallas (ver ejemplo 2 de la figura 4.6.2.2) es un caso concreto en el que el terreno inferior, donde se empotra la pantalla, es prácticamente impermeable cuando se compara con el terreno superior del trasdós. El cálculo de las presiones intersticiales en estas pantallas es complejo y necesita considerar varias situaciones que pueden tener como referencia la situación de flujo estacionario correspondiente (ver figura 3.4.3. de la ROM 0.5-05). Para considerar el efecto del amortiguamiento de la onda de marea se puede añadir a las presiones en el extremo inferior de la pantalla obtenidas a través de la consideración de flujo estacionario, y a ambos lados de la misma, la presión intersticial adicional definida para el “campo libre” (Δu_m). Puede considerarse que este incremento (o decremento) varía linealmente desde el extremo inferior de la pantalla hasta la zona superior de cada lado, donde el nivel piezométrico es constante (Ver figura 4.6.2.2).

Para la determinación de los niveles de saturación compatibles a considerar en los relleños y terrenos naturales en el trasdós de la obra de atraque deberá analizarse la posibilidad de que se produzcan desfases entre dichos niveles y los de las aguas exteriores por la capacidad de la obra en su conjunto de amortiguar o no la onda de marea o los ciclos fluviales, así como de evacuar los flujos de agua que se generan. Estos desfases dependerán fundamentalmente de las características de variabilidad de las mareas y niveles fluviales y de las dimensiones de la obra, así como de las características de permeabilidad, porosidad y deformabilidad del cimientto, del terreno natural, del relleno y de la obra. En el apartado 3.4.4.1 de la ROM 0.5-05 se dan indicaciones simplificadas sobre los desniveles a considerar, a falta de análisis más precisos por medio de modelos adecuados o medidas experimentales. A falta de otros datos y a los efectos de la completa definición de la línea de saturación en relleños y terrenos naturales a partir de los niveles definidos en el trasdós, puede considerarse, en el caso que sea desfavorable para el modo de fallo analizado, que los niveles de agua se estabilizan a distancias muy alejadas del trasdós de la estructura. En ningún caso se considerarán distancias menores de 20 m. El nivel de estabilización puede considerarse igual al nivel medio del mar + 0.3 m en mares con marea astronómica significativa y en el nivel medio del mar en mares sin marea astronómica significativa, siempre y cuando no haya aportaciones freáticas desde el lado tierra.

En cada estado de proyecto, esta acción se considerará de carácter permanente al igual que el agente causante.

FIGURA 4.6.2.2. ACCIONES DEBIDAS A LOS NIVELES DE AGUA ASOCIADOS A MAREAS Y NIVELES FLUVIALES. EJEMPLOS EN OBRAS DE GRAVEDAD Y PANTALLAS^{1) 2) 3)}



NOTAS

- Los ejemplos se corresponden con situaciones de nivel bajo de las aguas, lo que no significa que siempre esta situación sea la más desfavorable para todos los modos de fallo. Debe comprobarse también la situación de niveles altos de las aguas.
- La Ley de presiones intersticiales en el terreno natural incluida en las figuras se corresponde con situación de “campo libre”; es decir, en zonas suficientemente alejadas de la obra de ataque. Esta ley cambia a medida que el plano vertical en consideración se aproxima a la obra de ataque por la influencia de la misma. Simplificadamente, en el terreno bajo el relleno del trasdós se puede considerar que es una continuación de la ley propuesta para el relleno. Asimismo, a los efectos de la verificación de los modos de fallo geotécnicos es admisible considerar en las zonas próximas a la obra que la ley de presiones intersticiales en el terreno de cimentación es igual a la media de la estimada para el suelo bajo el fondo del relleno y bajo el fondo en “campo libre”.
- En ambas figuras puede aceptarse la simplificación de suponer que el amortiguamiento de la onda de marea crea en el terreno de cimentación en “campo libre”, en el momento de la bajar, un gradiente vertical constante de flujo ascendente igual a la semiamplitud de la onda de marea dividida por la profundidad de atenuación de dicha onda de marea [$I_v = (h-h_1)/L_{at}$]. En el caso del muelle de pantalla incluido en esta figura, si el terreno natural es poco permeable ($k < 10^{-6}$ m/s) y con la compresibilidad usual del esqueleto sólido de suelos impermeables, pueden resultar valores de la variable L_{at} menores que la longitud de hinca, t . En estos casos puede tomarse simplificadamente $L_{at} = t$, comprobando además la estabilidad de la obra en condiciones no drenadas.

a) $T_{marea} > \max \left[\frac{\pi D^2}{hk}, \frac{\pi D^2}{c_v} \right]$

Terreno con comportamiento totalmente drenado frente a la marea. La evolución de las presiones intersticiales se reproduce enteramente y sin desfase.

La ley de presiones en el terreno se obtendrá estableciendo la correspondiente red de filtración en condiciones de flujo estacionario.

b) $0.01 \left[\frac{\pi D^2}{hk} \text{ o } \frac{\pi D^2}{c_v} \right] < T_{onda} < \left[\frac{\pi D^2}{hk} \text{ o } \frac{\pi D^2}{c_v} \right]$

Terreno con comportamiento parcialmente drenado frente a la marea

$$L_{at} = \min \left[\sqrt{\frac{T_{onda} \cdot h \cdot k}{\pi \cdot n}}, \sqrt{\frac{T_{onda} \cdot c_v}{\pi}} \right] \leq \frac{L_{onda}}{2\pi}$$

LEYENDA	
<ul style="list-style-type: none"> - L_{at}: profundidad o distancia de atenuación de la onda de marea en un terreno, banquetta o relleno. - T_{onda}: periodo de la onda. - H_{onda}: amplitud de la onda. - L_{onda}: longitud de la onda. - D: distancia más larga hasta el drenaje (en el caso del terreno es la profundidad del punto en cuestión bajo el fondo del mar si el estrato es de gran espesor o tiene un límite inferior impermeable. En el caso de que drene por ambas caras será la distancia más larga hasta el drenaje; es decir no mayor que la mitad del espesor del estrato). En el caso de que la formulación se aplique a oscilaciones del mar de periodo intermedio (ondas largas), esta distancia nunca se adoptará mayor de $L_{onda}/2\pi$. - h: altura del nivel medio del mar sobre el terreno de cimentación. - k: coeficiente de permeabilidad del terreno de cimentación. - n: porosidad del terreno de cimentación. - c_v: coeficiente de consolidación del terreno de cimentación. 	<p>c) $T_{onda} < 0.01 \left[\frac{\pi D^2}{hk} \text{ y } \frac{\pi D^2}{c_v} \right]$</p> <p>Terreno con comportamiento no drenado frente a la marea. La definición de las presiones intersticiales instantáneas está sometida a grandes incertidumbres. En estas zonas se recomienda trabajar en tensiones totales, considerando una presión en el fondo igual a $\gamma_w \left[h \pm \frac{H}{2} \right]$, en función de considerar paso de cresta o paso de seno.</p>

d) Acciones debidas al oleaje ($Q_{fc,63}$)

La acción del oleaje sobre las obras de atraque y amarre se manifiesta de dos formas: una indirecta, actuando a través del buque durante el atraque o amarrado, y otra directa ejerciendo fuerzas sobre la propia estructura. La primera se detalla en el apartado de esta ROM correspondiente a las acciones de uso y explotación, donde se dan criterios para su estimación y consideración.

A su vez, el oleaje puede generar en el terreno o en los rellenos modificaciones en las presiones totales y en las presiones intersticiales que deben analizarse y, en su caso, tomarse en consideración para la verificación de la estabilidad del terreno y de la obra de acuerdo con lo previsto en la ROM 0.5-05 y en esta Recomendación (Tablas 4.6.2.6 y 4.6.2.7).

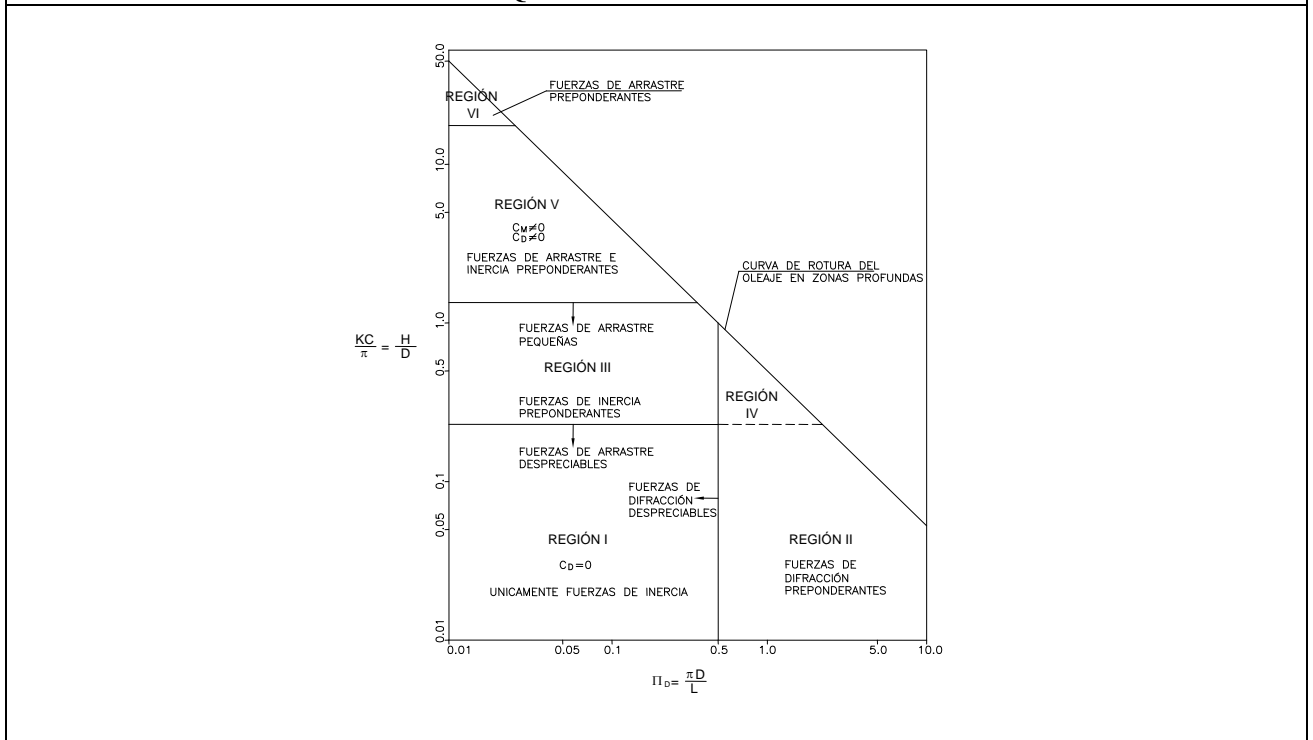
Las acciones y demás efectos directos debidos al oleaje no dependen únicamente de las características propias del oleaje incidente (altura, periodo y dirección) sino también de la tipología y dimensiones de la estructura y del régimen hidráulico en el emplazamiento resultante de la interacción del oleaje con la estructura, así como, en su caso, de las características del terreno. Debido a ello, la definición de las acciones se realiza de forma diferente en función de las condiciones que presenten dichos factores. A estos efectos, se considerará suficientemente válida la aplicación de la teoría lineal del oleaje para obras de atraque y amarre situadas en zonas relativamente protegidas. Cuando se presenten olas muy peraltadas, normalmente asociadas a zonas más expuestas, se aplicarán teorías de orden superior (ver figura 4.6.2.5). La aplicación detallada de estas teorías se desarrolla en la ROM 1.0.

La acción directa del oleaje sobre la obra de atraque y amarre se puede descomponer en tres grupos de fuerzas hidrodinámicas:

- Fuerzas de difracción, debidas a la modificación del tren de ondas por la presencia de la obra.
- Fuerzas de arrastre, inercia y sustentación, debidas a la velocidad y aceleración relativas del movimiento del agua con respecto al movimiento de la estructura.
- Fuerzas debidas, en su caso, al movimiento propio de la estructura (teniendo en cuenta la radiación de ondas por ello).

Las fuerzas predominantes en cada caso dependen principalmente del número de Keulegan-Carpenter [$KC = \frac{uT}{D} \equiv \frac{\pi H}{D}$, si u es el módulo de la velocidad lineal en el nivel medio] y del parámetro de difracción [$\Pi_D = \frac{\pi D}{L}$], siendo D la dimensión horizontal frontal de la estructura perpendicular a la dirección de actuación del oleaje, u una velocidad representativa del flujo hidrodinámico y H , T y L , los parámetros altura, periodo y longitud de onda respectivamente.¹⁷ En la figura 4.6.2.3. se representan los dominios de preponderancia de cada una de las fuerzas en función de los valores de los parámetros KC y Π_D .

FIGURA 4.6.2.3. DOMINIOS DE PREPONDERANCIA DE LAS FUERZAS HIDRODINÁMICAS DEL OLAJE SOBRE LAS OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE



d₁) Obras de atraque fijas en las que las fuerzas de difracción son preponderantes ($\Pi_D > 0.5$. y $KC < 0.8$. Región II figura 4.6.2.3)

d₁₁) Obras de atraque fijas cerradas con $D \gg L$

Se consideran en este apartado las obras opacas a la propagación del oleaje, de dimensión horizontal frontal (D) relativamente importante respecto a la longitud de onda del

¹⁷Cuando se trabaje con variables de estado, se considerará H la altura de ola máxima (H_{max}), T el periodo medio del oleaje (\bar{T}) y L la longitud de onda asociada al periodo medio del oleaje ($L = \frac{g(\bar{T})^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$). En profundidades reducidas [$h < (1/20)L$] \bar{L} puede tomarse aproximadamente: $\bar{L} \approx \sqrt{gh}(\bar{T})$. En aquellos casos en que el terreno natural se comporte como total o parcialmente drenado frente a la acción del oleaje (situaciones 1 y 2 de la tabla 4.6.2.6), para la definición de L mediante la formulación consignada deberá tomarse en consideración cuando sea relevante la profundidad en la que se produce el amortiguamiento del oleaje en el terreno natural (Ver tabla 4.6.2.6), adoptándose como nueva h (h') la distancia entre el nivel medio del mar y la profundidad de amortiguamiento de la onda ($h+L_{at}$)

oleaje (L) (Ver nota 17), sin que exista acoplamiento entre las leyes de presiones a bar-lomar y sotamar. Dichas obras pueden ser total ($C_r=1$) o parcialmente ($C_r<1$) reflejantes. En general, las obras de atraque y amarre que responden a estos parámetros son los muelles y los pantalanes continuos.

Las acciones del oleaje sobre este tipo de obras se definen a continuación, diferenciándose en función de las características del oleaje en el emplazamiento y de su interacción con la estructura.

Dada la magnitud de las acciones resultantes cuando las obras de atraque se sitúan en emplazamientos muy expuestos a la acción del oleaje, en general en estos casos las tipologías fijas cerradas no son recomendables por criterios económicos, al dar lugar a diseños muy robustos capaces de resistir los importantes esfuerzos que se producen sobre las mismas. Para estos casos son más recomendables las tipologías abiertas o flotantes, mucho más permeables a la acción del oleaje.

- Sobre obras de atraque en situación no rebasable, cuando pueda admitirse que se comportan como totalmente reflejantes, con paramentos exteriores verticales o casi verticales para oleaje incidente¹⁸ y oleaje compuesto resultante ambos sin rotura ($H_{max,I} < 0.9 h$ y $H_{max,C} < 1.36h$)

Sobre obras que puedan considerarse como totalmente reflejantes, la acción del oleaje podrá aproximarse a partir de las siguientes presiones, depresiones y subpresiones en dirección normal a la superficie:

- En ausencia de técnicas numéricas o experimentales más precisas, pueden adoptarse las presiones y depresiones sobre los paramentos exteriores que se recogen en la tabla 4.6.2.5. cuando pueda admitirse que la influencia del oleaje no alcanza al trasdós de la obra.¹⁹
- Las presiones y depresiones sobre los paramentos enterrados en las obras de pantallas y recintos dependen de la distribución de presiones intersticiales que se generan en el fondo marino por la acción del oleaje, las cuales son función de la deformabilidad y permeabilidad del terreno y, por tanto, de la capacidad de drenaje del mismo en relación con el periodo del oleaje actuante (Ver apartado 3.4.11 y 3.10.1 de la ROM 0.5-05). A falta de modelos analíticos o numéricos más complejos que analicen el flujo a través de medios porosos o mediante su

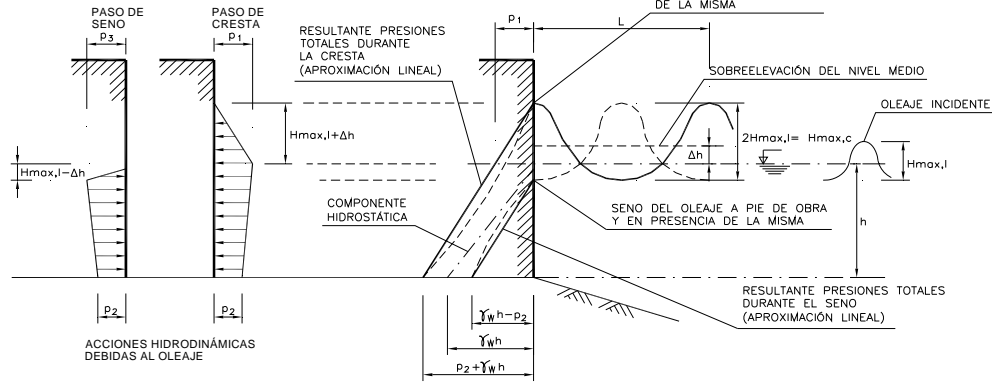
¹⁸ Se considera oleaje incidente el que se produce en el emplazamiento y en presencia de la obra, a una distancia de la misma en la que los efectos debidos a la reflexión producida por dicha obra no son significativos. Simplificadamente, para situaciones totalmente reflejantes puede considerarse que la altura de ola incidente equivalente tiene un valor mitad de la altura de ola a pie de obra (H_C), aunque puede ser mayor cuando el encuentro entre el oleaje incidente y reflejado es oblicuo, ya que en estos casos la amplitud del movimiento vertical del oleaje compuesto decrece con el ángulo entre crestas.

¹⁹ Con las dimensiones usuales de los muelles y pantalanes continuos de gravedad y de sus banquetas de cimentación (de pequeño espesor en relación con la altura sumergida de la estructura), incluso cuando estas últimas tengan una alta permeabilidad (p.e. escolleras o todo uno), puede considerarse que es despreciable la transmisión del oleaje al trasdós de la estructura, comportándose como totalmente reflejante. Así mismo, en los muelles de pantallas puede admitirse que, dadas las longitudes necesarias de hinca y las características de los suelos para los que esta solución está particularmente indicada, generalmente tampoco se produce transmisión del oleaje al trasdós de la estructura. En aquellos casos en los que se considere que las presiones hidrodinámicas en la punta de la pantalla o recinto son significativas, las presiones hidrodinámicas en el trasdós podrán estimarse a partir del análisis de la red de filtración en esa zona considerando condiciones de flujo estacionario desde la punta de la pantalla.

observación en modelo físico o prototipo, de acuerdo con las soluciones simplificadas admitidas en dicha ROM 0.5-05, las presiones y depresiones sobre paramentos enterrados, así como las presiones intersticiales y, en su caso, las fuerzas de arrastre generadas por el oleaje en el terreno, pueden aproximarse para el paramento de intradós en los casos más generales a partir de las formulaciones recogidas en la tabla 4.6.2.6, cuando pueda admitirse que la transmisión del oleaje en el trasdós de la obra no es relevante¹⁷. Como puede obtenerse de la aplicación de dicha tabla, para suelos arenosos limpios la zona en la que se produce el amortiguamiento del oleaje ($T_{oleaje}=10-12$ s) es del orden de 3 metros. Para terrenos limo-arenosos puede reducirse a 0.5 m. Para oleajes con periodos mayores dicha distancia aumenta.

- Las presiones y depresiones que actúan sobre la base de las obras de gravedad dependen directamente de las presiones intersticiales que se generan en la banqueta de cimentación por la propagación a través de la misma del oleaje, pudiéndose desprestigiar en este tipo de obras cuando están trasdosadas la influencia de los movimientos de la estructura. Al igual que se ha señalado en el apartado anterior para presiones o depresiones sobre paramentos enterrados, estas presiones y subpresiones dependen de la permeabilidad y deformabilidad de la banqueta y de sus dimensiones y, por tanto, de su capacidad de drenaje en relación con el periodo del oleaje actuante (Ver apartado 3.4.11 y 3.10.1 de la ROM 0.5-05.). En banquetas de escollera y de todo uno de cantera limpio puede considerarse que el tiempo necesario para el drenaje es menor que los periodos del oleaje (situación 1 de la tabla 4.6.2.6), por lo que las presiones intersticiales podrán obtenerse estableciendo la correspondiente red de filtración en condiciones de flujo estacionario. Por tanto, en estos casos, si consideramos que no se produce o no es relevante la transmisión de oleaje en el relleno de trasdós será admisible considerar leyes triangulares de distribución de las presiones hidrodinámicas sobre la base, extendiéndose a la totalidad de la misma (Ver tabla 4.6.2.7) y una fuerza de arrastre asociada a dicha distribución. Por el contrario, si las banquetas se realizan con materiales menos permeables (p.e. todo uno con alto porcentaje de finos), deberá comprobarse la distancia de penetración de las presiones en la banqueta de acuerdo con la formulación recogida en la tabla 4.6.2.7.
- Para la definición del comportamiento, así como de las presiones intersticiales en el terreno natural y las presiones hidrodinámicas que actúan en el fondo del mar en las proximidades de la obra o en la superficie de las coronaciones o taludes de las banquetas externas a la base de la misma debidas al oleaje se tomará en consideración lo establecido al respecto en los apartados 3.4.11 y 3.10.1 de la ROM 0.5-05, así como en las tablas 4.6.2.6 y 4.6.2.9 de esta Recomendación, respectivamente. Para la obtención de las presiones hidrodinámicas bajo las banquetas de cimentación de obras de gravedad, en el punto de contacto con el terreno natural es admisible considerar una distribución hidrostática en dirección vertical de las subpresiones hidrodinámicas definidas para la base de la obra (ver tabla 4.6.2.7). Bajo el relleno de trasdós se considerará que no se producen presiones intersticiales hidrodinámicas.

TABLA 4.6.2.5. ACCIONES DEL OLEAJE SIN ROTURA SOBRE LOS PARAMENTOS EXTERIORES DE OBRAS LINEALES DE ATRAQUE FIJAS CERRADAS, TOTALMENTE REFLEJANTES Y NO REBASABLES ^{1) 2) 3)}



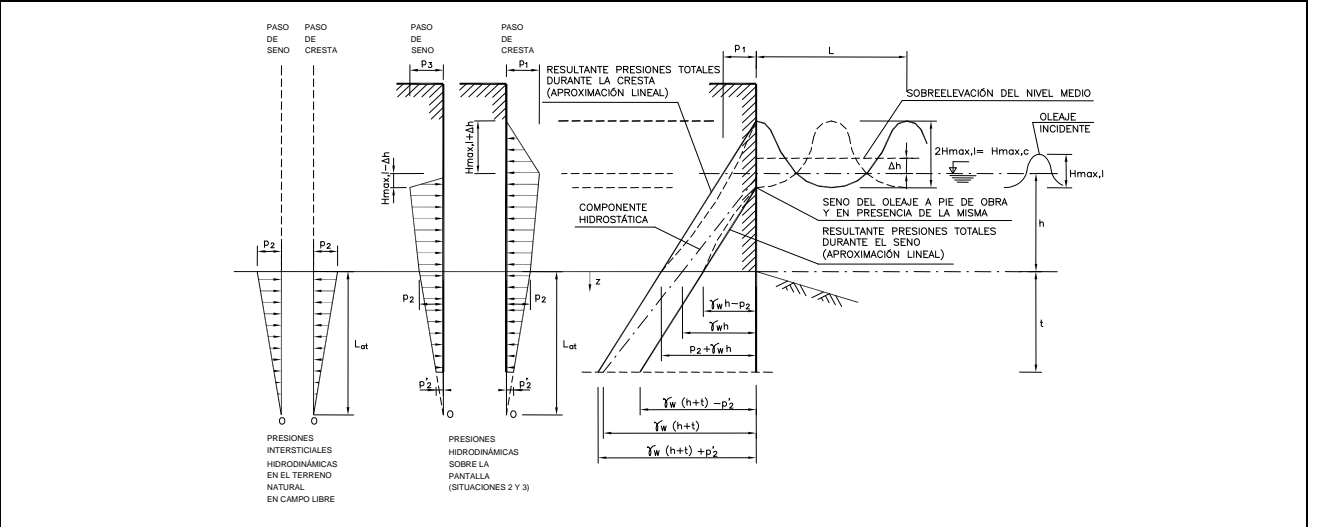
NOTAS

- 1) Cuando pueda considerarse que no se produce transmisión del oleaje en el trasdós de la obra.
- 2) Se recomienda el modelo de Sainflou (1928) por las siguientes razones:
 - En general las obras de atraque y amarre, lineales, fijas y cerradas aunque estén situadas en áreas exteriores o no abrigadas frente al oleaje suelen diseñarse como no rebasables debido a la existencia de rellenos en el trasdós, así como a los requerimientos de explotación (almacenamiento de mercancías, disposición de equipos e instalaciones de manipulación de mercancías fijos o de movilidad restringida no removibles, ...), encontrándose ubicadas normalmente en zonas próximas a la costa, en aguas no muy profundas y sometidas a oleajes muy modificados, en particular por fenómenos de difracción y reflexión producidos por otras infraestructuras portuarias, en los que difícilmente se alcanzan condiciones de rotura, que hacen que el oleaje en el emplazamiento y en presencia de la obra sea un complejo fenómeno de agitación sin una dirección incidente dominante, resultado de varias olas incidentes con diferente orientación. Así mismo dadas las características y dimensiones de las banquetas de cimentación pueden considerarse que estas obras se comportan como totalmente reflejantes. En estas condiciones, otras fórmulas (p.e. Goda) tienen un rango de aplicabilidad mucho más limitado. Por otra parte, la fórmula de Sainflou es la que mejor reproduce las depresiones que se producen durante el paso del seno de la ola, situación que, en la mayor parte de los casos, es la crítica para la estabilidad de obras de atraque fijas cerradas con explanada en el trasdós.
 - La recomendación de este método se establece sin perjuicio de poder utilizar otra formulación recomendada para los diques de abrigo verticales, siempre que la obra de atraque esté muy desabrigada y sometida a oleajes incidentes menos modificados que los anteriormente señalados (Ver ROM 1.0.)
 - Rango de validez recomendado para el Modelo de Sainflou:
 - Fondo horizontal o pendiente muy tendida ($\text{tg } \alpha < 1/50$)
 - Cualquier dirección de incidencia
 - Peralte reducido: $H_{\text{max},I} / L < 0.06$
 - Profundidades relativas reducidas e intermedias con $h/L < 0.25$
- 3) Se recomienda que las acciones resultantes obtenidas directa o indirectamente (p.e. subpresiones) a partir de la integración de las presiones definidas a través del modelo de Sainflou se multipliquen por un factor 1.25 cuando sean desfavorables con el objeto de tener en cuenta las incertidumbres asociadas a este modelo de cálculo.

LEYENDA

- $$\Delta h = \frac{\pi H_{\text{max},I}^2}{L} \coth\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$$
- $$p_1 = \left(p_2 + \gamma_w h\right) \frac{H_{\text{max},I} + \Delta h}{H_{\text{max},I} + \Delta h + h}$$
- $$p_2 = \frac{\gamma_w H_{\text{max},I}}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$$
- $$p_3 = \gamma_w \left(H_{\text{max},I} - \Delta h\right)$$

TABLA 4.6.2.6. ACCIONES DEL OLEAJE SIN ROTURA SOBRE LOS PARAMENTOS DE INTRADÓS ENTERRADOS EN LAS OBRAS LINEALES DE PANTALLAS O RECINTOS TOTALMENTE REFLEJANTES Y NO REBASABLES

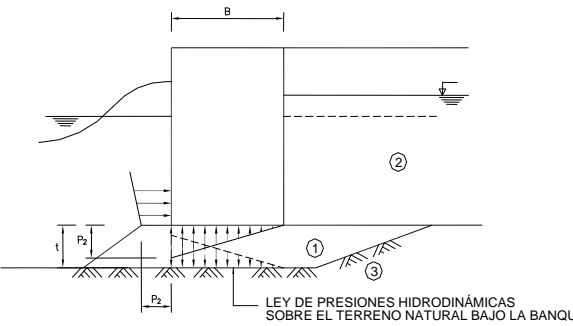
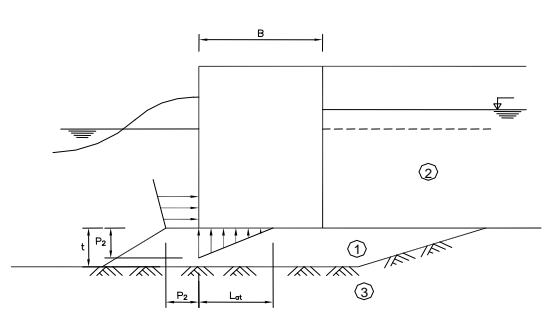
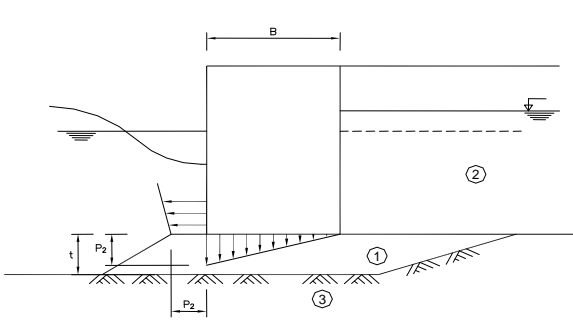
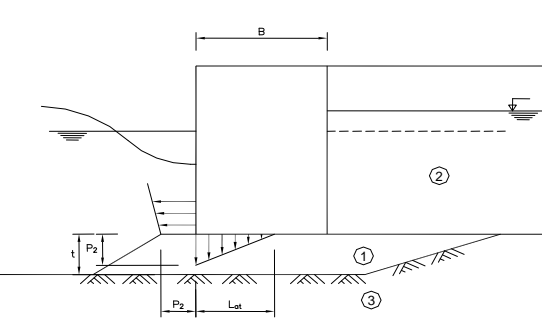


<p>Situación 1:</p> $T_{oleaje} > \max \left[\frac{\pi D^2}{hk}, \frac{\pi D^2}{c_v} \right]$ <p>(terreno con comportamiento totalmente drenado frente al oleaje)</p>	<p>Situación 2:</p> $0.01 \left[\frac{\pi D^2}{hk} \text{ o } \frac{\pi D^2}{c_v} \right] < T_{oleaje} < \left[\frac{\pi D^2}{hk} \text{ o } \frac{\pi D^2}{c_v} \right]$ <p>Situaciones intermedias (terreno con comportamiento parcialmente drenado frente al oleaje)</p>	<p>Situación 3:</p> $T_{oleaje} < 0.01 \left[\frac{\pi D^2}{hk} \text{ y } \frac{\pi D^2}{c_v} \right]$ <p>(terreno con comportamiento no drenado frente al oleaje)</p>
--	---	--

<p>a) Puede suponerse que la evolución de presiones intersticiales hidrodinámicas en el fondo generadas por el oleaje se reproduce enteramente y sin desfase dentro del terreno. En este caso la ley de presiones hidrodinámicas se obtendrá estableciendo la correspondiente red de filtración en condiciones de flujo estacionario. Esta condición no es previsible que ocurra en los suelos para los cuales está indicada la solución pantalla. Simplificadamente, en aquellos casos que esté del lado de la seguridad para la verificación de un modo de fallo es admisible considerar en el paramento enterrado la prolongación de la ley de empujes hidrodinámicos obtenida para el paramento exterior (equivale a admitir no transmisión del oleaje al trasdós de la estructura).</p>	<p>a) Distribución lineal entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $p_2 = \frac{\gamma_w H_{max,I}}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$, en $z=0$ - 0, en $z=L_{at}$ <p>b)</p> $L_{at} = \frac{1}{A} = \min \left[\sqrt{\frac{T_{oleaje} \cdot h \cdot k}{\pi n}}, \sqrt{\frac{T_{oleaje} \cdot c_v}{\pi}} \right] \leq \frac{L_{oleaje}}{2\pi}$ <p>c) En los casos en que L_{at} sea muy pequeña en relación con la longitud de hinca se comprobará adicionalmente la obra en condiciones no drenadas.</p>	<p>a) La definición de las presiones intersticiales hidrodinámicas instantáneas está sometida a grandes incertidumbres. En estos casos, se recomienda particularmente la aplicación de modelos elastoplásticos del terreno, imponiendo el crecimiento de las presiones intersticiales en función del número de ciclos y de su intensidad (Ver apartado 3.10. ROM 0.5-05 y literatura especializada). Por dichas razones, en estas zonas se recomienda trabajar en tensiones totales, considerando que la presión hidrodinámica generada por la onda compuesta actuando sobre el fondo del mar es igual a:</p> $\frac{\gamma_w H_{max,I}}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L_{oleaje}}\right)} \cos\left(\frac{2\pi x}{L_{oleaje}}\right) \cos\left(\frac{2\pi t}{T_{oleaje}}\right)$ <p>Tomando como origen de coordenadas x el paso de cresta o seno por la estructura.</p>
--	---	---

LEYENDA
<ul style="list-style-type: none"> - L_{at}: profundidad o distancia de atenuación de la onda. - c_v: coeficiente de consolidación del terreno - T: periodo medio del oleaje incidente - K: número de onda ($2\pi/L$) del oleaje incidente. - D: Distancia más larga hasta el drenaje (En el caso del terreno es la profundidad del punto en cuestión bajo el fondo del mar si el estrato es de gran espesor o tiene un límite inferior impermeable. En el caso de que drene por ambas caras será la distancia más larga hasta el drenaje; es decir no mayor que la mitad del espesor del estrato) Esta longitud nunca se adoptará mayor de $L_{oleaje}/2\pi$. - γ_w: peso específico del agua - h: profundidad del fondo respecto al nivel medio del agua - t: profundidad del paramento enterrado respecto al fondo del mar - L_{oleaje}: Longitud de onda asociada al periodo medio del oleaje incidente. - $A = \sqrt{\frac{\gamma_w \pi}{k E_m T}} = \sqrt{\frac{\pi}{c_v T}}$ - k: coeficiente de permeabilidad del terreno. - E_m: módulo edométrico del terreno. - n: porosidad del terreno.

TABLA 4.6.2.7. SUBPRESIONES HIDRODINÁMICAS PRODUCIDAS POR EL OLEAJE SIN ROTURA SOBRE LA BASE DE OBRAS LINEALES DE GRAVEDAD TOTALMENTE REFLEJANTES, CIMENTADAS SOBRE BANQUETAS DE ESCOLLERA U OTRO MATERIAL GRANULAR ¹⁾²⁾

<p style="text-align: center;">Banqueta de escollera</p> $T_{oleaje} > \max \left[\frac{\pi m B^2}{t k_1}, \frac{\pi B^2}{c_{v1}} \right]$ <p style="text-align: center;">Banqueta con comportamiento totalmente drenado frente al oleaje</p>	<p style="text-align: center;">Banqueta de todo uno con finos</p> $0.01 \left[\frac{\pi m B^2}{t k_1} \text{ o } \frac{\pi B^2}{c_{v1}} \right] < T_{oleaje} < \left[\frac{\pi m B^2}{h k} \text{ o } \frac{\pi B^2}{c_{v1}} \right]$ <p style="text-align: center;">Banqueta con comportamiento parcialmente drenado frente al oleaje</p>
PASO DE CRESTA	
 <p style="text-align: center;">LEY DE PRESIONES HIDRODINÁMICAS SOBRE EL TERRENO NATURAL BAJO LA BANQUETA</p> <p>① ESCOLLERA ② RELLENO GENERAL ③ TERRENO NATURAL</p>	 <p>① TODO UNO ② RELLENO GENERAL ③ TERRENO NATURAL</p>
PASO DE SENO	
 <p>① ESCOLLERA ② RELLENO GENERAL ③ TERRENO NATURAL</p>	 <p>① TODO UNO ② RELLENO GENERAL ③ TERRENO NATURAL</p>
<p>NOTAS</p> <p>1) Para la definición de los parámetros incluidos en esta tabla, ver la leyenda de la tabla 4.6.2.6.</p> <p>2) La formulación incluida en esta tabla es de aplicación a los casos en los que no se considere relevante la transmisión del oleaje en el relleno de trasdós y, por tanto, la obra se comporte a estos efectos como totalmente reflejante. Será de aplicación con carácter general a las obras de atraque y amarre, salvo cuando las banquetas sean muy permeables de gran espesor en relación con la estructura resistente y con rellenos muy permeables en el trasdós de la misma.</p>	
<p>LEYENDA</p> $L_{at} = \min \left[\sqrt{\frac{T_{oleaje} \cdot t \cdot k_1}{\pi \cdot n}}, \sqrt{\frac{T_{oleaje} \cdot c_{v1}}{\pi}} \right]$	

- En los casos en los que se considere relevante la transmisión de oleaje en el relleno de trasdós por las dimensiones y características de la banquetta de cimenta-

ción, del relleno o del terreno natural, no serán de aplicación las formulaciones anteriores, ya que la obra no se comportaría por dicha causa como totalmente reflejante y se produciría un acoplamiento entre las leyes de presiones a barlomar y sotamar de la obra de atraque que debería tomarse en consideración para la definición de las presiones y subpresiones hidrodinámicas. Para el análisis y definición de estas leyes, ver la ROM 1.0. En general, salvo con banquetas muy permeables de gran espesor en relación con la estructura resistente y con rellenos muy permeables en el trasdós de la obra (pedraplén), estos efectos pueden despreciarse en las obras de atraque y amarre fijas cerradas objeto de este apartado.

- Sobre obras de atraque en situación no rebasable, que se comporten como parcialmente reflejantes, con paramentos exteriores verticales o casi verticales y oleaje incidente y compuesto resultante ambos sin rotura

Las obras fijas cerradas parcialmente reflejantes debido a la existencia de dispositivos absorbentes en su superficie se caracterizan por tener un coeficiente de reflexión $C_r = H_R/H_I < 1$, función del peralte del oleaje incidente, de la dirección del oleaje incidente y de la textura, forma y dimensiones de los dispositivos absorbentes; es decir, la altura de la ola reflejada es, en estos casos, menor que la altura de la ola incidente. El valor de C_r se obtendrá por medio de ensayos en modelo físico o en prototipo. Valores usuales del coeficiente de reflexión en estos casos están en el rango 0.3 ~ 0.6.

Ensayos realizados parecen confirmar que las acciones debidas al oleaje sobre este tipo de obras no son, en general, mucho más pequeñas que las que actúan sobre las obras totalmente reflejantes. En cualquier caso, es conveniente la aplicación de técnicas experimentales para confirmarlo en el caso de considerar dispositivos absorbentes no experimentados o sobre los que no exista una experiencia contrastada²⁰. Por dicha razón y en ausencia de estudios más precisos, las acciones del oleaje sobre este tipo de obras cuando pueda admitirse que no se produce transmisión del oleaje en el trasdós de la misma pueden ser obtenidas utilizando la formulación recomendada en esta Recomendación para las obras totalmente reflejantes, considerando una altura de ola incidente equivalente (H'_I) inferior a la altura de ola incidente real (H_I) e igual a la mitad de la altura de ola a pie de obra y en presencia de la obra (H_C). Es decir:

$$H'_I = \frac{1}{2} H_C = \frac{1}{2} (1 + C_r) H_I$$

No obstante lo anterior, y dado que puede producirse un aumento del peraltamiento de la ola para incidencia muy oblicua del oleaje, del lado de la seguridad en estos casos puede considerarse a los efectos de la definición de las acciones que la obra de atraque es totalmente reflejante ($C_r = 1$) y, por tanto entrando en la formulación con la altura de ola incidente real.

²⁰ Este criterio puede ser válido para el dimensionamiento y verificación global de la obra, pero no para el dimensionamiento y verificación de elementos locales, como por ejemplo las paredes que forman los dispositivos absorbentes, en los que pueden presentarse diferencias de presiones significativas entre las paredes exteriores e interiores.

- Sobre obras de atraque en situación no rebasable y con oleaje incidente en condiciones de rotura

No es conveniente ubicar las obras de atraque y amarre en general, y especialmente cuando las obras son fijas cerradas, en emplazamientos o con disposiciones de banqueta de cimentación en los que se pueda producir la rotura de las olas más altas del estado de mar incidente de proyecto ($H_{\max,I} \approx 0.9 h$) o del oleaje compuesto en el emplazamiento resultado de su interacción con la obra de atraque ($H_{\max,c} \approx \left[1.36 - 0.48 \frac{1-C_r}{1+C_r} \right]$), dado que el oleaje en rotura puede dar lugar a presiones impulsivas muy importantes sobre la estructura, del orden de 10.000 kN/m^2 e incluso valores mayores, así como sobre los elementos que forman la banqueta.

- Sobre obras de atraque en situación rebasable

Como criterio general, por las consecuencias que tiene no sólo para la explotación sino para la estabilidad de las instalaciones y equipos de transporte y manipulación de mercancías y de los rellenos de trasdós, las obras de atraque y amarre fijas cerradas se suelen proyectar como no rebasables o muy ligeramente rebasables en condiciones de nivel alto de marea. En el caso excepcional de que una obra de atraque de este tipo, situada en áreas exteriores o no abrigadas frente al oleaje, se proyecte como rebasable se aplicará a los efectos de la definición de las acciones del oleaje lo dispuesto a estos efectos para los diques de abrigo en la ROM 1.0.

No obstante lo anterior, en obras de atraque con trasdós las situaciones de paso de seno en situación de nivel bajo de marea suelen ser las más críticas para la estabilidad de la obra y en ellas no se suelen producir rebases, para estos casos podrán aplicarse las formulaciones recomendadas para los casos no rebasables.

d₁₂) Sobre obras de atraque fijas con $L/6 < D \cong L$

Se consideran en este apartado las obras fijas exentas, anchas y separadas suficientemente de la costa cuyas dimensiones horizontales frontales opacas a la propagación del oleaje (D) están entre $1/6$ de la longitud de onda del oleaje y valores comparables a misma y que, por tanto, afectan significativamente a las condiciones de propagación del mismo alrededor de la estructura. En general, las obras de atraque y amarre que responden a estas características son grandes duques de alba aislados o pantalanés discontinuos formados por soluciones mixtas.

Al no disponerse de relaciones funcionales contrastadas de aplicación generalizable a todo tipo de dimensiones y secciones, las acciones del oleaje sobre este tipo de obras deberán obtenerse fundamentalmente a través de técnicas numéricas o experimentales en modelo físico o prototipo, particularmente cuando hay posibilidades de que el oleaje incidente esté en condiciones de rotura o la estructura sea rebasable.

En los casos de estructuras fijas no rebasables sometidas a oleajes progresivos con números de Keulegan-Carpenter acotados ($H/D < 0.25$) puede admitirse que el flujo no se despega del perímetro de la obra y que, por tanto es esencialmente potencial. Enton-

ces existe un potencial de velocidades (Φ) y el problema está gobernado por la ecuación de conservación de masa expresada mediante la función del potencial de velocidades:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0 \quad , \quad -h \leq z \leq 0$$

siendo:

- $\Phi = \Phi_I + \Phi_S$
- Φ_I : función potencial de velocidades del oleaje incidente
- Φ_S : función potencial de velocidades del oleaje disperso. Este potencial depende de la forma de la obra y de las condiciones de contorno asociadas al terreno y a la obra.

Para formas y condiciones de contorno simples existen soluciones analíticas conocidas que permiten disponer de las funciones potenciales. Estas soluciones analíticas pueden encontrarse en la literatura especializada. Por ejemplo, cuando la obra es un cilindro circular de eje vertical y de paramento impermeable, está disponible la solución de Mac-Camy y Fuchs. No obstante, para estructuras con formas complejas y otras condiciones de contorno se recomienda resolver el problema aplicando modelos de transformación del oleaje, de validez para las condiciones de contorno existentes en la obra y en el emplazamiento, que tengan en cuenta especialmente los procesos de difracción (Ver ROM 1.0).²¹

Una vez conocidas las funciones potenciales, las presiones hidrodinámicas en cada punto pueden calcularse aplicando la ecuación de Bernouilli linealizada:

$$p(x, y, x, t) = \rho_w \frac{\partial(\Phi_I + \Phi_S)}{\partial t} \quad , \quad -h \leq z \leq 0$$

Las acciones resultantes del oleaje sobre la estructura se calculan por integración de las presiones ejercidas sobre el contorno de la misma. Con carácter general en un estado de mar, estas acciones tienen componentes estacionarias y componentes no permanentes con diferentes escalas de variabilidad temporal.

Para la definición del comportamiento, así como de las presiones intersticiales en el terreno natural y las presiones hidrodinámicas que actúan en el fondo del mar en las proximidades de la obra o en la superficie de las coronaciones o taludes de las banquetas de cimentación deberán conocerse las características del oleaje resultante de la interacción de los trenes de onda incidente y de los dispersos debidos a la presencia de la obra en el emplazamiento por medio de modelos de transformación del oleaje. Una vez definido el oleaje en el emplazamiento será de aplicación lo definido a estos efectos en el subapartado d₁₁) de este apartado considerando dicho oleaje.

d₂) Obras de atraque fijas en las que las fuerzas de inercia y/o arrastre son preponderantes ($\Pi_D < 0.5$. Regiones I, III, V y VI de la figura 4.6.2.3)

²¹ En particular, la aplicación de los modelos numéricos de transformación del oleaje formulados en la aproximación de pendiente suave (MSPE) (Ver ROM 1.0.) proporciona las funciones potenciales total y dispersa en todos los puntos del dominio, incluido el perímetro de la obra.

d₂₁) Sobre obras de atraque fijas abiertas con $D < L/6$

Se consideran en este apartado las obras formadas por elementos estructurales de sustentación (pilotes o pilas) con secciones cuyas dimensiones horizontales perpendiculares a la dirección de propagación del oleaje (D) son mucho menores que la longitud de onda del oleaje y están suficientemente separados entre ellos y de otras estructuras para excluir toda interacción con las condiciones de propagación del mismo. En estas condiciones puede considerarse que esta estructura de la obra es transparente al oleaje, no afectando significativamente a las condiciones de agitación que se presentan en el emplazamiento. En general, las obras de atraque y amarre que responden adecuadamente a estos parámetros pueden ser tanto muelles como pantalanes, duques de alba y soluciones mixtas.

Las acciones del oleaje sobre este tipo de obras se definen a continuación, diferenciándose entre las actuantes sobre los elementos estructurales de sustentación y sobre la plataforma superior.

Este tipo de obras son particularmente recomendables cuando el emplazamiento esté muy expuesto a la acción del oleaje.

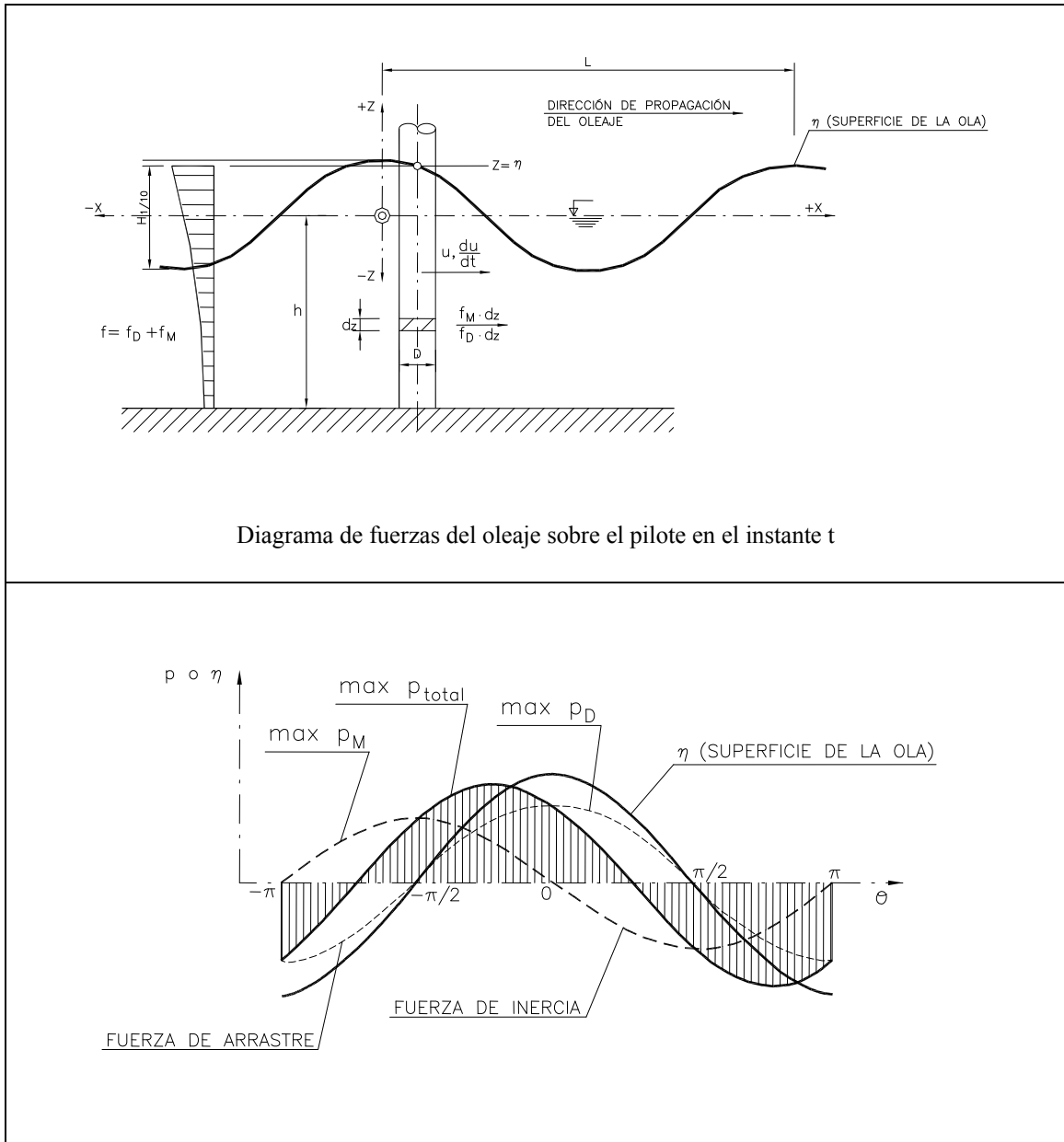
- Sobre los elementos estructurales de sustentación

La acción del oleaje en condiciones sin rotura sobre un pilote o pila aislada vertical puede calcularse por medio de la Teoría de Morison cuando no se produzca de forma significativa la alteración de la progresión o la rotura de la onda por alcanzar o superar la cresta la plataforma superior de la obra de atraque. Esta teoría considera que la acción del oleaje puede descomponerse en dos fuerzas horizontales en la dirección de propagación del oleaje, de igual periodo que el oleaje en el emplazamiento:

- Fuerza de arrastre (F_D)
- Fuerza de inercia (F_M)

las cuales deben ser calculadas separadamente y superponerse tomando en consideración que existe un desfase entre los valores máximos de cada una de dichas fuerzas. Por tanto, para determinar la máxima fuerza actuante debe calcularse cada una de las fuerzas en las diferentes fases. Si se aplica la teoría lineal del oleaje con ondas progresivas puede considerarse que la fuerza de arrastre está en fase con la onda y la fuerza de inercia está desfasada 90° respecto a la fuerza de arrastre (Ver figura 4.6.2.4).

FIGURA 4.6.2.4. ACCIONES DEL OLAJE SOBRE UN PILOTE O PILA AISLADO VERTICAL



De acuerdo con dicha formulación, las fuerzas de arrastre e inercia por unidad de longitud en un pilote o pila vertical se definen (Ver figura 4.6.2.4):

$$f_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot D \cdot u \cdot |u|$$



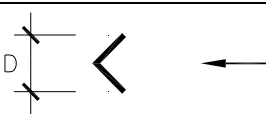
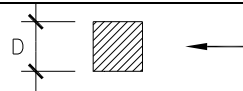
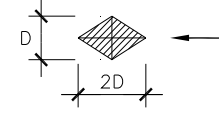

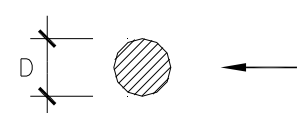
$$f_M = C_M \cdot \rho_w \cdot A \cdot \frac{\partial u}{\partial t}$$

donde:

- C_D : Coeficiente hidrodinámico de arrastre (adimensional). Se supone constante en toda la longitud del elemento estructural. Este coeficiente toma en consideración la resistencia al flujo de presiones. Varía principalmente con la sección de la estructura, la rugosidad de la superficie (considerando, en su caso, adherencias

marinas) (ver apartado 4.6.1.2) y los números de Reynolds (Re) y de Keulegan-Carpenter ($KC \cong \pi H/D$) y se determina experimentalmente. El valor de C_D puede considerarse que prácticamente es constante para secciones no circulares. Por el contrario para secciones circulares el valor es altamente dependiente del número de Reynolds y de la rugosidad de la superficie. En ausencia de información más precisa pueden adoptarse los valores incluidos en la tabla 4.6.2.8.

- ρ_w : Densidad del agua (kg/m^3) (ver apartado 4.5) .
- D : Diámetro o, para elementos de sección no circular, anchura del elemento estructural en la dirección perpendicular a su eje en el plano perpendicular a la dirección del oleaje, incluyendo, en su caso, las adherencias marinas (m).

Sección	Coeficiente de Arrastre (C_D)
	1.98
	1.16
	2.20
	2.05
	1.10
	1.55
	$Re < 2 \cdot 10^5$ 1.20 $2 \cdot 10^5 < Re < 5 \cdot 10^5$ ¹⁾ 0.70 a 1.20 según la rugosidad ²⁾ $Re \geq 5 \cdot 10^5$ ¹⁾ 0.60 a 1.00 según la rugosidad ²⁾
NOTAS	
¹⁾ En los casos más generales, este tipo de estructuras suele dar lugar a números de Reynolds altos (régimen turbulento o de transición)	
²⁾ Los valores menores se corresponden con superficies suaves y lisas.	

- u : Componente horizontal de la velocidad instantánea de las partículas de agua en el eje del pilote o pila (m/s). La definición del campo de velocidades puede determinarse por medio de los distintos modelos de onda progresiva o, en su caso, de onda compuesta, de acuerdo con sus rangos de validez, considerando que el oleaje incidente es equivalente cuando se trabaje con variables de estado a una onda regular con $H=H_{\max}$. La utilización del modelo lineal de Airy es generalmente suficiente para obras de atraque y amarre situadas en zonas relativamente protegidas (ver figura 4.6.2.5). Para obras situadas en zonas más expuestas, en las que pueden presentarse oleajes mucho más peraltados, es recomendable utilizar modelos de orden superior (ver dominios de validez de cada una de las teorías del oleaje en la figura 4.6.2.5). En la tabla 4.6.2.9 se resumen las formulaciones de los distintos parámetros asociados a la teoría lineal del oleaje, tanto para onda progresiva como para onda compuesta. Las formulaciones de dichos parámetros en otras teorías de ondas se incluyen en la ROM 1.0.
- $|u|$: Valor absoluto de la componente horizontal de la velocidad instantánea de las partículas de agua en el emplazamiento del pilote o pila. (m/s).
- C_M : Coeficiente hidrodinámico de inercia (adimensional). Se supone constante en toda la longitud del elemento estructural. Varía principalmente con la sección de la estructura, la rugosidad de la superficie (considerando, en su caso, adherencias marinas) y los números de Reynolds (Re) y de Keulegan-Carpenter (KC). En ausencia de información más precisa de base experimental pueden adoptarse valores de C_M entre 2.0 y 2.5
- A : Sección transversal del elemento estructural en la dirección perpendicular a su eje (m^2).
- $\delta u/\delta t$: Componente horizontal de la aceleración instantánea de las partículas de agua en el eje del pilote o pila. La definición del campo de aceleraciones puede determinarse por medio de los distintos modelos de onda progresiva o, en su caso, de onda compuesta, de acuerdo con sus rangos de validez, considerando que el oleaje incidente es equivalente cuando se trabaje con variables de estado a una onda regular con $H=H_{\max}$. Al igual que lo señalado para el campo de velocidades, la utilización del modelo lineal de Airy es generalmente suficiente para zonas relativamente protegidas (Ver figura 4.6.2.5). Para obras situadas en zonas más expuestas, en las que pueden presentarse oleajes mucho más peraltados, es recomendable utilizar modelos de orden superior (ver dominios de validez de cada una de las teorías del oleaje en la figura 4.6.2.5). En la tabla 4.6.2.9 se resumen las formulaciones de los distintos parámetros asociados a la teoría lineal del oleaje, tanto para onda progresiva como para onda compuesta. Las formulaciones de dichos parámetros en otras teorías de ondas se incluyen en la ROM 1.0. (m/s^2).

En aquellos casos en los que, bien la fuerza de arrastre bien la fuerza de inercia sean muy pequeñas respecto a la predominante, será admisible como aproximación simplificada del lado de la seguridad adoptar que la fuerza resultante es 1.4 veces la correspondiente a la componente predominante. De acuerdo con lo dispuesto en la figura 4.6.2.3, puede considerarse que:

- La fuerza de inercia es preponderante cuando $\frac{H_{\max}}{D} < 2$ (KC < 6)
(Regiones I y III de la figura 4.6.2.3)
- La fuerza de arrastre es preponderante $\frac{H_{\max}}{D} > 20$ (KC > 60)
(Región VI de la figura 4.6.2.3)

Las fuerzas sobre pilotes o pilas individuales pueden extrapolarse a grupos de pilas o pilotes verticales de igual sección situados en una o varias alineaciones en la dirección del oleaje siempre que la separación entre los ejes de los mismos sea superior a 4 veces su diámetro. En estos casos, para determinar la fuerza total sobre el grupo deberá tomarse en consideración los desfases existentes entre las fuerzas actuantes sobre cada uno de los elementos estructurales en función de su emplazamiento. Es decir:

$$F_{total} = \sum_1^N f_i(\theta_i)$$

siendo :

N: número de pilotes o pilas.

$f_i(\theta_i)$: fuerza total sobre el pilote i , teniendo en cuenta el ángulo de fase [$\theta_i = (2\pi x_i/L) - (2\pi t/T)$].

La formulación de Morison también puede aplicarse a pilotes inclinados, considerando que las fuerzas por unidad de longitud son perpendiculares al eje del pilote e introduciendo en la formulación las velocidades y aceleraciones totales que se producen en cada punto simultáneamente, teniendo en cuenta los diferentes ángulos de fase en que se encuentran (Ver figura 4.6.2.6).

Simultáneamente a las fuerzas de arrastre e inercia, en este tipo de estructuras también se presentan fuerzas transversales perpendiculares al plano formado por el eje del elemento estructural y la dirección de propagación del oleaje. Generalmente puede aceptarse que dichas fuerzas no son significativas para elementos verticales, aunque pueden ser importantes en elementos estructurales horizontales (p.e. en celosías espaciales y jackets) y dar lugar a vibraciones en pilotes verticales muy esbeltos cuando la frecuencia natural de la estructura se aproxima a la de dicha fuerza que coincide con la de aparición de los remolinos que se forman en los puntos de despegue de la estela generada por la interposición de la estructura al flujo incidente (\approx frecuencia doble que la del oleaje). En estos casos, así como cuando la frecuencia natural de la estructura esté próxima a la del oleaje (0.05 a 1 Hz) deberá considerarse la realización de análisis dinámicos específicos. Los duques de alba muy flexibles, trabajando en voladizo, son particularmente sensibles a estos fenómenos resonantes. En la literatura técnica especializada pueden encontrarse formulaciones desarrolladas para algunos casos, en particular para elementos estructurales de sección circular.

FIGURA 4.6.2.5. DOMINIO DE VALIDEZ DE LAS DISTINTAS TEORÍAS DEL OLAJE

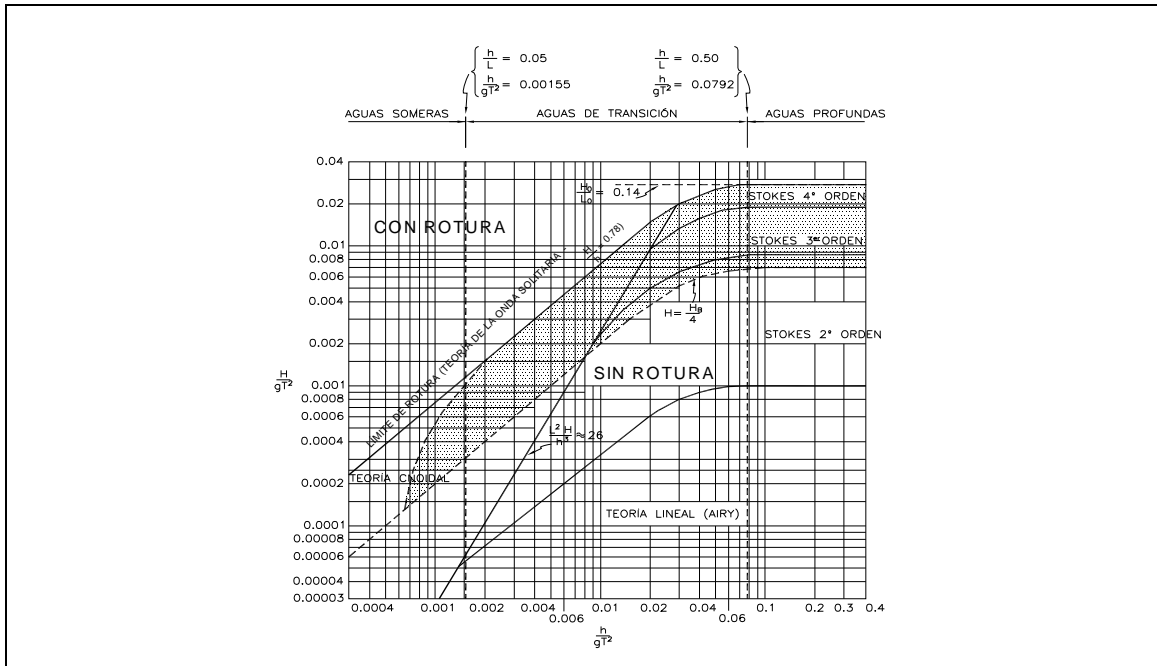
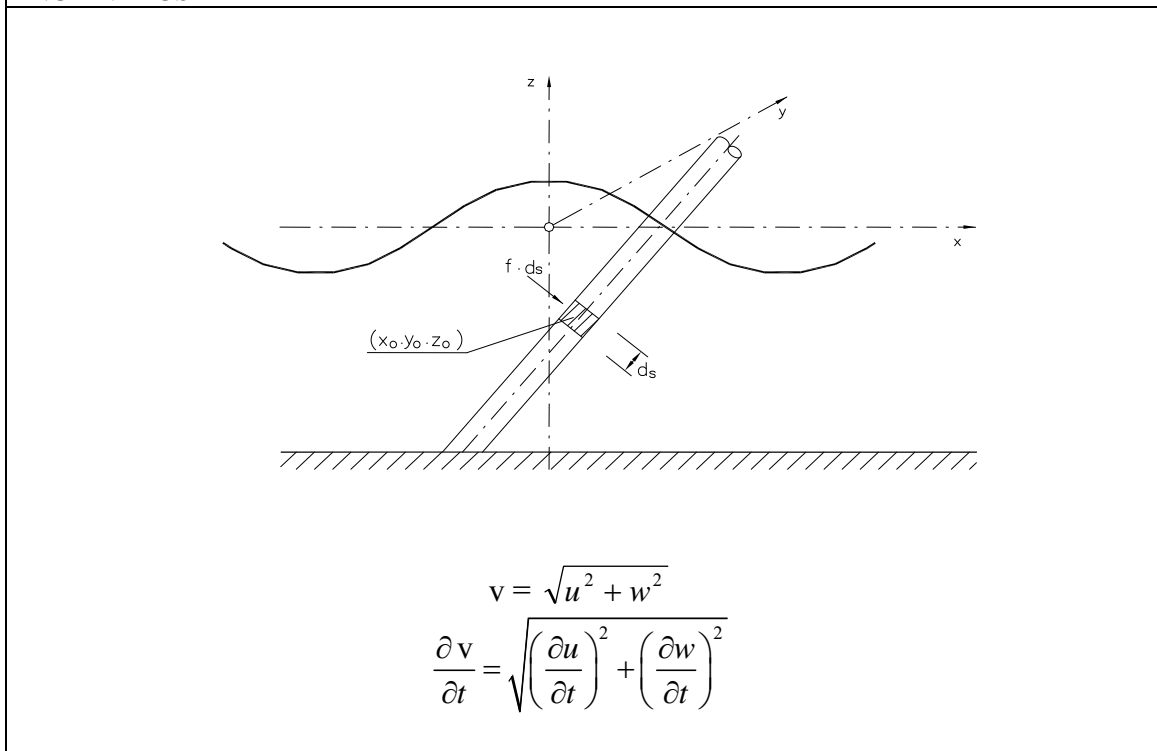


FIGURA 4.6.2.6. ACCIONES DEL OLEAJE SOBRE UNA PILA O UN PILOTE AISLADOS INCLINADOS



- Sobre la plataforma superior

Cuando la plataforma superior de una obra de atraque fija abierta esté situada en las proximidades del nivel del mar, el oleaje puede alcanzar la parte inferior y superior de la misma, debiendo tomarse en consideración la existencia de empujes verticales ascensionales sobre dicha parte de la plataforma causados por las velocidades y ace-

laciones verticales de la masa de agua, así como de otros esfuerzos debidos a la propia inmersión de este elemento estructural, durante el paso de la cresta del oleaje. El valor y la distribución de estos empujes depende de las características del oleaje en el emplazamiento (progresivo o estacionario) y de su posición respecto de la parte inferior de la plataforma, así como de las dimensiones, forma estructural (con vigas o sin vigas) y condiciones de regularidad de la parte inferior de la plataforma. Estos empujes tienen naturaleza impulsiva, actuando con sus valores de pico durante periodos muy cortos de tiempo en diferentes zonas de la plataforma, debiéndose considerar la posibilidad de que se produzca una respuesta dinámica de la estructura. Dada la magnitud de estos empujes y las incertidumbres asociadas a su evaluación y distribución, siempre que sea posible se recomienda elevar la plataforma por encima del nivel más elevado de las aguas para evitar la actuación de este tipo de acciones sobre la misma.

Debido a la gran cantidad de parámetros que influyen en este fenómeno, estos empujes tienen una muy difícil evaluación analítica general por lo que para su cuantificación es recomendable la utilización de técnicas experimentales en modelo físico o en prototipo. En los casos en los que se realice una aproximación analítica, deberá valorarse la posible no linealidad del oleaje en el emplazamiento (olas muy peraltadas) y en ese caso utilizar una teoría no lineal que permita estimar con suficiente precisión las velocidades de la cresta de las olas, que suelen diferir considerablemente de las proporcionadas por la teoría lineal de ondas, válida para ondas de pequeña amplitud. En la literatura especializada puede encontrarse la cuantificación de dichos empujes para algunos casos concretos. Como una primera aproximación general puede considerarse que el empuje estático ascensional equivalente sobre una plataforma por unidad de superficie, considerado uniformemente distribuido a lo largo de la misma, es cuando se trabaja con variables de estado:

$$- p = 2\rho_w gH_{\max,l} \quad , \quad \text{para oleaje progresivo}$$

$$- p = 4\rho_w gH_{\max,l} \quad , \quad \text{para oleaje estacionario}$$

La toma en consideración de estos esfuerzos podrá despreciarse cuando la parte inferior de la plataforma se sitúe al menos 0.5 m por encima del nivel correspondiente a la altura de ola máxima del estado de mar cuya probabilidad de excedencia en la fase de proyecto considerada sea igual a la probabilidad de fallo considerada, adoptando el nivel alto de las aguas compatible con dicho estado de mar y considerando las posibles asimetrías entre la altura de crestas y senos respecto al nivel medio del mar por la no linealidad del oleaje.

Para la definición del comportamiento, así como de las presiones intersticiales en el terreno natural y las presiones hidrodinámicas que actúan en el fondo del mar en las proximidades de la obra deberá considerarse que las características del oleaje en el emplazamiento no se modifican por la presencia de la obra, siendo por tanto de aplicación lo definido a estos efectos en el subapartado d₁₁) de este apartado considerando dicho oleaje.

TABLA 4.6.2.9. PARÁMETROS DE LA ONDA REGULAR ASOCIADOS A LA TEORÍA LINEAL

DEL OLEAJE				
	Profundidades Reducidas $h/L < 1/20$	Profundidades intermedias $1/20 \leq h/L \leq 1/2$	Aguas profundas $h/L > 1/2$	
ONDA PROGRESIVA				
Superficie libre (η)	$\eta = \frac{H}{2} \cos \theta = \frac{H}{2} \cos \left[\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right]$ 1)			
Celeridad de la onda ($c = \frac{L}{T}$)	\sqrt{gh}	$\frac{gT}{2\pi} \operatorname{tanh} \left(\frac{2\pi h}{L} \right)$	$\frac{gT}{2\pi}$	
Longitud de onda (L)	$\sqrt{gh} \cdot T$	$\frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{tanh} \left(\frac{2\pi h}{L} \right)$	$\frac{gT^2}{2\pi}$	
Velocidad de las Partículas	Horizontal (u)	$\frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{h}} \cos \theta$	$\frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} \cos \theta$	$\frac{H}{2} \frac{2\pi}{T} e^{\frac{2\pi}{L}z} \cos \theta$
	Vertical (w)	$\frac{H}{2} \frac{2\pi}{T} \left(1 + \frac{z}{h} \right) \operatorname{sen} \theta$	$\frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\operatorname{senh} \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} \operatorname{sen} \theta$	$\frac{H}{2} \frac{2\pi}{T} e^{\frac{2\pi}{L}z} \operatorname{sen} \theta$
Aceleración de las partículas	Horizontal ($\delta u / \delta t$)	$\frac{H}{2} \frac{2\pi}{T} \sqrt{\frac{g}{h}} \operatorname{sen} \theta$	$\frac{H}{2} \frac{2\pi g}{L} \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} \operatorname{sen} \theta$	$2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi}{L}z} \operatorname{sen} \theta$
	Vertical ($\delta w / \delta t$)	$-2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 \left(1 + \frac{z}{h} \right) \cos \theta$	$-\frac{H}{2} \frac{2\pi g}{L} \frac{\operatorname{senh} \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} \cos \theta$	$-2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi}{L}z} \cos \theta$
Presión (p)	$\rho_w g (\eta - z)$	$\rho_w g \eta \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} - \rho_w g z$	$\rho_w g \eta e^{\frac{2\pi}{L}z} - \rho_w g z$	
ONDA COMPUESTA²⁾				
Superficie libre (η_c)	$\eta_c = \frac{H_I}{2} \left[\cos \left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right) + C_r \cos \left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} + \varepsilon \right) \right] = \frac{H_I}{2} \left[\cos \theta_I + C_r \cos \theta_R \right]$ 3)			
Celeridad de la onda ($c = \frac{L}{T}$)	\sqrt{gh}	$\frac{gT}{2\pi} \operatorname{tanh} \left(\frac{2\pi h}{L} \right)$	$\frac{gT}{2\pi}$	
Longitud de onda (L)	$\sqrt{gh} \cdot T$	$\frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{tanh} \left(\frac{2\pi h}{L} \right)$	$\frac{gT^2}{2\pi}$	
Velocidad de las Partículas	Horizontal (u)	$\frac{H_I}{2} \sqrt{\frac{g}{h}} (\cos \theta_I - C_r \cos \theta_R)$	$\frac{H_I}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} (\cos \theta_I - C_r \cos \theta_R)$	$\frac{H_I}{2} \frac{2\pi}{T} e^{\frac{2\pi}{L}z} (\cos \theta_I - C_r \cos \theta_R)$
	Vertical (w)	$\frac{H_I}{2} \frac{2\pi}{T} \left(1 + \frac{z}{h} \right) (\operatorname{sen} \theta_I - C_r \operatorname{sen} \theta_R)$	$\frac{H_I}{2} \frac{gT}{L} \frac{\operatorname{senh} \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} (\operatorname{sen} \theta_I - C_r \operatorname{sen} \theta_R)$	$\frac{H_I}{2} \frac{2\pi}{T} e^{\frac{2\pi}{L}z} (\operatorname{sen} \theta_I - C_r \operatorname{sen} \theta_R)$
Aceleración de las partículas	Horizontal ($\delta u / \delta t$)	$\frac{H_I}{2} \frac{2\pi}{T} \sqrt{\frac{g}{h}} (\operatorname{sen} \theta_I + C_r \operatorname{sen} \theta_R)$	$\frac{H_I}{2} \frac{2\pi g}{L} \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} (\operatorname{sen} \theta_I + C_r \operatorname{sen} \theta_R)$	$2H_I \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi}{L}z} (\operatorname{sen} \theta_I + C_r \operatorname{sen} \theta_R)$
	Vertical ($\delta w / \delta t$)	$-2H_I \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 \left(1 + \frac{z}{h} \right) (\cos \theta_I + C_r \cos \theta_R)$	$-\frac{H_I}{2} \frac{2\pi g}{L} \frac{\operatorname{senh} \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} (\cos \theta_I + C_r \cos \theta_R)$	$-2H_I \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi}{L}z} (\cos \theta_I + C_r \cos \theta_R)$
Presión (p)	$\rho_w g (\eta_c - z)$	$\rho_w g \eta_c \frac{\cosh \left[\frac{2\pi(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[\frac{2\pi h}{L} \right]} - \rho_w g z$	$\rho_w g \eta_c e^{\frac{2\pi}{L}z} - \rho_w g z$	
NOTAS				
1) θ : Angulo de fase $[(2\pi x/L) - (2\pi t/T)]$.				
2) Se entiende como onda compuesta a la onda estacionaria o cuasi-estacionaria resultado de la superposición de una onda incidente con una reflejada. En teoría lineal, la formulación de dicha onda puede obtenerse considerando la superposición lineal de dos ondas progresivas propagándose en direcciones opuestas.				
3) ε : Desfase entre la onda incidente y reflejada que se produce cuando la reflexión no es perfecta, dando lugar a una onda compuesta cuasi-estacionaria. Por tanto, cuando $\varepsilon=0$ y $C_r=1$ la onda compuesta es la onda estacionaria.				
4) Origen de ordenadas z en el nivel medio del mar.				

d₃) Obras flotantes

Se consideran en este apartado las obras de atraque y amarre flotantes, independientemente de sus dimensiones en relación con la longitud de onda del oleaje y del sistema de amarre empleado. En este sentido, las obras de atraque y amarre que responden a estos parámetros son pantalanes, boyas, campos de boyas y monoboyas.

Las acciones del oleaje sobre este tipo de obras se definen a continuación, siendo altamente dependientes de la respuesta dinámica de la estructura y del sistema de amarre, rígido o flexible, utilizado frente a un oleaje de longitud de onda L y periodo T ; lo que define el tipo y magnitud de los movimientos de la estructura. Las acciones inducidas sobre este tipo de estructuras y sobre sus sistemas de amarre depende, por tanto, del equilibrio que se alcance entre las mismas, las reacciones de los sistemas de amarre y la reacción inercial que tiende a llevar al flotador a su posición de equilibrio cuando se mueve. La complejidad de este sistema de naturaleza dinámica recomienda con carácter general la determinación de estas acciones mediante técnicas experimentales o numéricas.

Las obras de atraque y amarre con sistemas de amarre flexibles son particularmente recomendables cuando el emplazamiento esté muy expuesto a la acción del oleaje.

- Sobre obras de atraque y amarre flotantes con sistemas de amarre rígidos

Son obras dotadas de sistemas de amarre (p.e. pilotes guía, duques de alba, tirantes,...) que impiden o restringen en la práctica los movimientos horizontales de la estructura. Por la gran rigidez que presentan frente a la acción del oleaje, no se recomienda este tipo de obras de atraque y amarre en zonas con oleaje relevante.

Las acciones predominantes inducidas por el oleaje en una estructura flotante de este tipo son de carácter oscilatorio con igual periodo que el oleaje incidente, cuyo valor depende del tamaño de la estructura en relación con la longitud de onda del oleaje, así como de la capacidad de la estructura flotante de transmitir la energía incidente.

Para la determinación de estas acciones no se disponen de formulaciones analíticas de aplicación generalizable, siendo, tal como se ha señalado, recomendable recurrir a técnicas experimentales o numéricas basadas en la teoría de la difracción (Ver apartado 4.6.2.1.1 d₁₂), tomando en consideración, adicionalmente a las fuerzas de difracción, las fuerzas de radiación debidas al movimiento propio de la obra. Para ello se deberá obtener, además de las funciones potenciales del oleaje incidente y del disperso, la función potencial irradiada de las ondas en el medio inducidas o generadas por los movimientos del flotador. Estas ondas son las que producen las fuerzas de radiación en la obra. Para el cálculo de las presiones sobre cada uno de los contornos de la estructura se debe tener en cuenta su velocidad, dando lugar a campos de presiones en la superficie del flotador asociados a cada uno de los grados de libertad de los que disponga. En la actualidad hay modelos numéricos que calculan estos movimientos sobre un cuerpo flotante en el régimen de difracción. No obstante lo anterior, en estructuras flotantes de sección rectangular, con dimensiones perpen-

diculares a la dirección de propagación del oleaje manifiestamente superior a la longitud de onda del oleaje y profundidad relativa $h/L > 0.5$ puede considerarse simplificada que su comportamiento es totalmente reflejante si tiene el suficiente francobordo y no se produce transmisión del oleaje al trasdós, pudiendo estimarse la acción del oleaje de igual forma que para las obras de atraque fijas cerradas con $D \gg L$ (Ver apartado 4.6.2.1.1. d₁₁). De igual forma, para dichas profundidades relativas cuando las dimensiones de la estructura en anchura son pequeñas en relación con la longitud de onda, de forma que no quedan afectadas significativamente las condiciones de propagación del oleaje, las acciones del oleaje pueden estimarse por medio de la formulación de Morison (Ver apartado 4.6.2.1.1. d₂₁).

En este tipo de estructuras no es esperable que se produzcan fenómenos resonantes que den lugar a movimientos de gran amplitud, ya que los periodos propios de oscilación de la estructura amarrada con sistemas de amarre rígidos son mucho menores que los periodos del oleaje incidente.

- Sobre obras de atraque y amarre flotantes con sistemas de amarre flexibles

Son obras dotadas de sistemas de amarre flexibles (p.e. cadenas en catenaria,...) que mantienen la estructura más o menos en la misma posición pero no impiden los movimientos de la misma en los seis grados de libertad. Las acciones del oleaje sobre cada uno de los contornos de la estructura se pueden estimar de igual forma que para obras de atraque y amarre con sistemas de amarre rígidos pero considerando que, en este caso, la estructura dispone de seis grados de libertad. La resultante de estas acciones inducidas por el oleaje en la estructura flotante es la denominada fuerza horizontal de deriva en la dirección de propagación del oleaje, la cual es proporcional al cuadrado de la altura de ola y tiene un periodo mucho mayor que el del oleaje incidente, pudiéndose considerar prácticamente como cuasi-estacionaria en el estado de mar.

La cuantificación de la fuerza de deriva producida por el oleaje sobre la obra de atraque flotante es difícilmente generalizable debido a su dependencia de muchos factores, entre otros, de las características del oleaje en el emplazamiento, de las dimensiones sumergidas de la estructura y de la profundidad de agua existente en el emplazamiento, así como de la configuración del atraque y de la distribución y flexibilidad del sistema de amarre. No obstante, a falta de ensayos específicos en modelo o en prototipo, podrá aproximarse por la formulación recomendada para el cálculo de fuerzas debidas al oleaje sobre buques equiparables, incluida en el apartado de esta Recomendación correspondiente a las acciones de uso y explotación (cargas de amarre). Esta formulación tiene un valor máximo correspondiente a la completa reflexión de oleaje sobre la estructura ($h/L > 0.5$). Por tanto, el valor máximo que puede alcanzar la fuerza de deriva total es:

$$F_w = \frac{\gamma_w \cdot D' \cdot H^2}{8}$$

siendo:

- D' : longitud de la proyección de la estructura flotante en la dirección de propagación del oleaje.

- H: cuando se trabaje con variables básicas es la altura de ola y cuando se trabaje con variables de estado es la altura de ola media cuadrática ($H_{\text{rms}} \cong H_{1/3}/\sqrt{2}$) del oleaje incidente.

En general, en este tipo de estructuras pueden producirse efectos resonantes que den lugar a una amplificación de movimientos, cuando los periodos de oscilación de alguno de ellos (particularmente los de cabeceo, balance y deriva) estén próximos a los del oleaje o sean múltiplos o submúltiplos de éstos. En este caso son esperables efectos dinámicos significativos en las cargas de amarre transmitidas.

Para cada estado de proyecto correspondiente a condiciones de trabajo extremas o excepcionales debidas a la presentación de un oleaje extraordinario, las acciones debidas al oleaje tendrán igual consideración que el agente causante, al presentar en general componentes no permanentes con diferentes escalas de variabilidad temporal que pueden ser distintas a las de dicho oleaje. No obstante lo anterior, en algunos casos, dependiendo de su escala de variabilidad, alguna de estas fuerzas puede ser considerada de carácter permanente en el estado meteorológico (p.e. las fuerzas de deriva en obras de atraque flotantes con sistemas de amarre flexibles). Al igual que el oleaje en dichos estados, en condiciones de operación en las que la altura de ola defina los límites de operatividad de la instalación, en condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea una acción climática extraordinaria o en el estado sísmico las acciones debidas al oleaje tendrán el carácter de permanentes.

En general, la formulación de las presiones hidrodinámicas debidas al oleaje incluidas en este apartado es aplicable tanto a variables básicas (por ola o por componente espectral) como a variables de estado, adoptándose en este último caso normalmente la altura de ola máxima como variable de estado principal cuando la escala de variabilidad de la acción resultante en el estado meteorológico es significativa y otro parámetro representativo de la altura de ola (H_{rms} o $H_{1/3}$) cuando la escala de variabilidad de la acción resultante en dicho estado no es significativa.

4.6.2.2 Otros agentes climáticos atmosféricos ($q_{f,c,3}$)

Otros agentes climáticos atmosféricos como la precipitación, la niebla, la nieve o el hielo también pueden afectar a las obras de atraque y amarre, particularmente para el establecimiento de la operatividad de la instalación, al poder ser estos agentes los predominantes para algunos modos de parada operativa (p.e. las precipitaciones pueden dar lugar a la paralización de las operaciones de carga y descarga en función del tipo de mercancía manipulada, del equipo de manipulación considerado y de las instalaciones de almacenamiento existentes en el puerto o la niebla o el hielo impedir el acceso del buque al atraque), así como para el dimensionamiento de algunos elementos de uso y explotación como los sistemas de drenaje de las explanadas adosadas (Ver apartado 8). También pueden ser relevantes para el establecimiento de la duración de la fase de construcción.

Estos agentes pueden considerarse que no presentan ningún tipo de correlación entre sí y con los otros agentes climáticos, tratándose como agentes independientes, salvo la niebla que puede tener dos regímenes de correlación con la precipitación y la nieve, al

considerarse en sentido amplio que como niebla se incluyen también los fenómenos climáticos que reducen la visibilidad. En general, estos agentes se considerarán de actuación compatible entre sí y con los otros agentes climáticos, con la excepción de entre nieve y viento, entre precipitación y nieve, así como entre hielo y oleaje.

Los parámetros o variables de estado correspondientes a cada agente que, en general, se consideran relevantes para las obras de atraque y amarre, son los siguientes:

- Precipitación: I_t (Intensidad de precipitación en un intervalo de tiempo t , en mm/h).
- Niebla: d_v (distancia máxima de visibilidad, en m).
- Nieve: $Q_{fc,31}$ (sobrecarga de nieve acumulada en un periodo de 12 horas sobre un plano horizontal, en kN/m²).
- Hielo: h_h (espesor de la capa de hielo, en m)

Estos agentes se definen, de igual forma que lo dispuesto en el apartado 4.6.1.1 para los otros agentes climáticos, a partir de los regímenes extremales y medios marginales en el emplazamiento de las variables de estado que caracterizan a dichos agentes. Para la obtención de dichas funciones de distribución son aplicables idénticos criterios que para el resto de agentes climáticos.

Los límites de operación que se establecen para estos agentes para obras de atraque y amarre por condiciones de explotación y seguridad no son generalizables al ser muy dependientes de las condiciones locales del puerto, de los medios e instalaciones de explotación y seguridad disponibles, así como, en su caso, del tipo de mercancía e instalaciones de almacenamiento existentes. No obstante, considerando condiciones estándares de balizamiento y de control de tráfico, puede adoptarse como límite de operatividad para niebla en operaciones de acceso, atraque y desatraque de buques una distancia máxima de visibilidad del orden de 3 veces la eslora del buque, incluyendo en la eslora, en su caso, la longitud del cabo de remolque. Simplificadamente, es admisible considerar para buques mercantes mayores de 10.000 TPM una distancia máxima de visibilidad límite de operatividad de 1.000 m.

En España, a falta de datos en el emplazamiento en número y calidad contrastada, algunas funciones de distribución y/o los valores nominales o representativos correspondientes a los parámetros que caracterizan a estos agentes pueden obtenerse:

- Los regímenes extremales marginales de intensidad de precipitación: en los documentos “Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Ministerio de Fomento (1999) y “Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno”. Ministerio de Medio Ambiente (2001). La relación que puede adoptarse entre el parámetro que suministran, estos documentos, la precipitación diaria máxima (P_d), y la Intensidad de precipitación en un intervalo t (I_t) es:

$$I_t = I_d \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1}}$$

siendo;

I_d : Intensidad de precipitación media diaria = $P_d/24$, en mm/h

I_t : Intensidad de precipitación media horaria = $8I_d$ (fachadas Galicia, Canarias norte y Estrecho).

- $9I_d$ (fachadas Cantábrica, Canarias/sur y Sudatlántica)
 - $10I_d$ (fachadas Canarias/sur y Surmediterránea)
 - $11I_d$ (fachadas Ceuta, Melilla, Levante y Cataluña)
 - $12I_d$ (fachada Baleares)
- t: Intervalo de tiempo para el que se quiere evaluar la intensidad (en h)
- Los valores representativos de la sobrecarga de nieve: en el Eurocódigo 1. UNE-ENV 2003 Acciones generales: cargas de nieve. Acciones en estructuras. Parte 1.3. Carga de Nieve. Simplificadamente, podrán adoptarse los valores incluidos en la tabla 4.6.2.10.

TABLA 4.6.2.10. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS SOBRECARGAS DE NIEVE EN ESPAÑA (en kN/m²)					
FACHADAS	VALORES EXTREMALES			VALORES MEDIOS	
	T=5 años	T=50 años	T=500 años	Probabilidad de no excedencia del 85 %	Probabilidad de no excedencia del 50 %
Norte -Galicia	0.10	0.20	0.30	0.03	0.00
Cataluña-Baleares	0.20	0.40	0.60	0.06	0.00
Levante-Sudatlántica	0.10	0.20	0.30	0.03	0.00
Surmediterránea-Canarias	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En las zonas marítimas españolas no es necesario tomar en consideración la actuación del agente hielo. En aquellas áreas geográficas situadas en latitudes en la que la presencia del agente hielo sea significativa, este agente deberá tomarse en consideración tanto para la verificación de los modos de fallo como para la verificación de los modos de parada operativa. Sobre las obras de atraque y amarre tanto fijas, cerradas o abiertas, como flotantes, la acción del hielo puede considerarse que da lugar a fuerzas horizontales estáticas y dinámicas debidas a la acción de arrastre del viento o las corrientes sobre bloques o campos de hielo que alcanzan y golpean la estructura, así como a la expansión producida por la congelación del agua. Estas fuerzas están limitadas por la resistencia a compresión del hielo. Asimismo da lugar a fuerzas verticales, tanto descendentes como ascendentes, causadas por las variaciones de los niveles de las aguas cuando se ha formado una capa de hielo alrededor de la estructura, las cuales dan lugar a que en cada ciclo dicha capa de hielo se mantenga un periodo elevada (fuerza descendente) y otro sumergida (fuerzas ascendentes). Dada su nula incidencia en España, la valoración detallada de estas acciones no se incluye en esta Recomendación. En la literatura técnica especializada pueden encontrarse formulaciones de aplicación.

Los otros agentes climáticos atmosféricos, así como las acciones por ellos inducidas, tendrán el carácter de no permanentes o variables en el estado meteorológico. En condiciones de operación con operatividad limitada debido a su actuación tendrán el carácter de permanentes y en condiciones excepcionales debido a su actuación de carácter extraordinario tendrán la consideración de extraordinarios, insólitos o accidentales en dicho estado de proyecto. En condiciones excepcionales debidas a la presencia de una acción accidental no climática o en el estado sísmico las acciones debidas a los otros agentes climáticos atmosféricos tendrán la consideración de permanentes.

4.6.2.3 Agente térmico (q_T)

Se consideran agentes térmicos los agentes del medio físico (temperatura del aire, humedad, temperatura del agua, radiación solar, etc.) cuyas variaciones en un intervalo de tiempo pueden ocasionar gradientes térmicos espaciales o temporales en los elementos estructurales que constituyen la obra, los cuales producen la deformación de dichos elementos cuando la estructura puede dilatarse libremente o tensiones adicionales cuando dichas deformaciones están impedidas o limitadas, dando lugar a la aparición en el mismo de las acciones térmicas.

En las obras de atraque y amarre podrá despreciarse la consideración de acciones térmicas, salvo en aquellos elementos que pueden quedar situados por encima de los niveles de agua o expuestos a las radiaciones solares. Por lo tanto, sus efectos se considerarán especialmente en la verificación de las superestructuras (vigas cantil en obras de atraque fijas cerradas y plataformas en obras de atraque fijas abiertas). En estos casos, dichos elementos se comprobarán considerando los efectos de estas acciones tanto en lo que respecta a la verificación de estados límites últimos estructurales como de estados límite de servicio correspondientes a deformaciones excesivas y a durabilidad.

La decisión de disponer o no de juntas de dilatación como mecanismo para reducir los efectos de las acciones térmicas o reológicas dependerá de la capacidad de las juntas de absorber los movimientos de la estructura, de la posibilidad de limitar el área de extensión de las fisuras con armadura suplementaria, así como, principalmente, de las consecuencias de su aparición para el cumplimiento de las exigencias de impermeabilidad y durabilidad de la misma.

En general, simplificada en estos elementos estructurales de las obras de atraque y amarre, las acciones térmicas, conjuntamente con las reológicas, podrán despreciarse en los cálculos siempre que se dispongan juntas de dilatación, con distancias entre juntas entre 20 y 40 metros y aperturas de junta entre 20 y 30 mm; en caso contrario, deberán realizarse el proceso de verificación considerando las acciones mencionadas. Dichas distancias deberán ser menores cuando los movimientos de los elementos estructurales puedan estar impedidos o limitados por diferentes causas.

Estos agentes pueden considerarse que son compatibles con el resto de agentes del medio físico, no presentando una correlación significativa con los mismos, tratándose como agentes independientes. En general, podrán considerarse de carácter permanente en el estado meteorológico definido por los agentes climáticos.

Los parámetros o variables de estado que caracterizan este agente son principalmente la temperatura máxima (T_{\max}) y la temperatura mínima (T_{\min}) del aire a la sombra, medidos a intervalos de una hora, así como la intensidad de la radiación solar.

Estos agentes se definen, tanto para formulaciones de las ecuaciones de verificación en términos deterministas y determinista-probabilista como probabilista, de igual forma que lo dispuesto en el apartado 4.6.2.1 para los otros agentes climáticos y del medio físico a partir de los regímenes extremos y medios marginales de las temperaturas máximas y mínimas del aire en la sombra y de la intensidad de la radiación solar en el emplazamiento. Normalmente no se consideran modos de parada operativa asociados con los agentes térmico. Por tanto, no se definen límites de operatividad asociados con

dichos agentes, sin perjuicio de que deban tomarse en consideración en condiciones de trabajo operativas asociadas con otro agente.

En España, a falta de datos en el emplazamiento en número y calidad contrastada, los valores representativos de estos agentes pueden obtenerse del Eurocódigo UNE-ENV-1-5: 2004. Acciones en Estructuras. Acciones generales. Acciones térmicas. Los mapas de isotermas de temperatura máxima y mínima del aire en la sombra correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, pueden verse en la figura 4.6.2.7. En el Eurocódigo citado, así como en el documento básico SE-AE. Seguridad estructural. Acciones en la Edificación (2003) del Código Técnico de la Edificación, se incluye la formulación simplificada para obtener las correspondientes a otros periodos de retorno.

4.6.2.3.1 Formulación de las acciones debidas a los agentes térmicos (Q_{ft})

Las deformaciones impuestas y consecuentemente cualquier tensión resultante debida a los agentes térmicos sobre un elemento estructural dependen de la geometría y de las condiciones de contorno de dicho elemento, así como de las propiedades térmicas de los materiales empleados en su construcción; en particular el coeficiente de dilatación térmica lineal.

Se define como coeficiente de dilatación térmica lineal de un material (α_T) a la deformación unitaria lineal por unidad de incremento de temperatura efectiva en el mismo. Es decir:

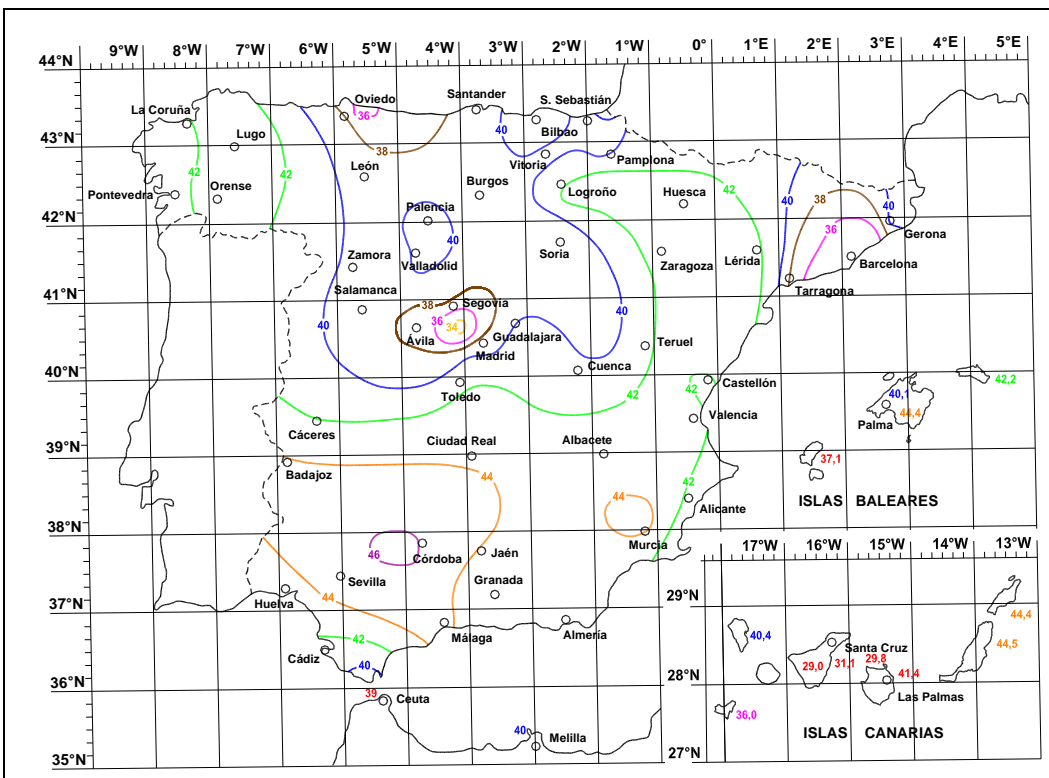
$$\varepsilon = \alpha_T \cdot \Delta T_e$$

Tal como se ha indicado en el apartado 4.4, esta propiedad del material se considerará de carácter permanente, definiéndose a través de valores nominales asociados con valores medios. A falta de otros datos, podrán adoptarse como valores nominales del coeficiente de dilatación lineal los incluidos en la tabla 4.6.2.11.

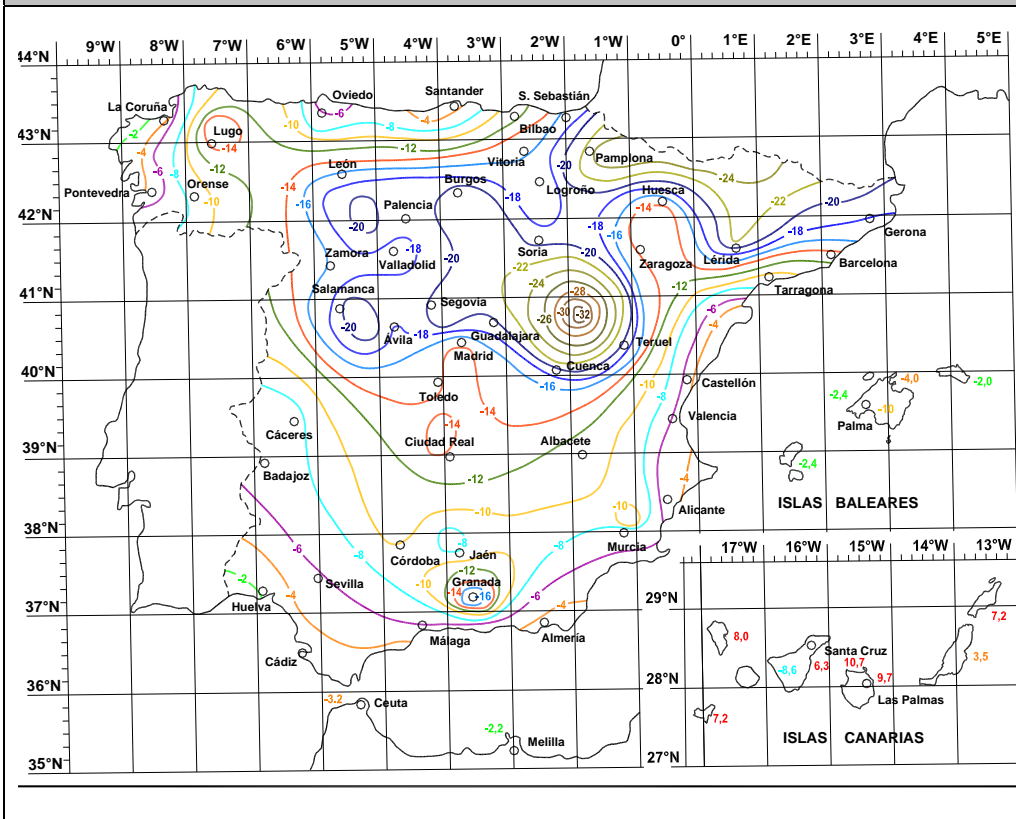
MATERIAL	α_T (x 10⁻⁶/°C)
Acero estructural	12
Acero inoxidable	16
Hormigón (excepto los indicados debajo)	12
Hormigón (árido calizo)	9
Hormigón (árido ligero)	7
Mampostería	6-10 (dependiendo del tipo de fábrica)
Madera (paralela a las fibras longitudinales)	5
Madera (perpendicular a las fibras longitudinales)	30-70 (dependiendo del tipo de madera)

FIGURA 4.6.2.7. MAPAS DE ISOTERMAS PARA TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DEL AIRE A LA SOMBRA EN ESPAÑA, CORRESPONDIENTES A UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS (NIVEL DE CONFIANZA DEL 90 %) (en °C)

ISOTERMAS DE TEMPERATURA MÁXIMA



ISOTERMAS DE TEMPERATURA MÍNIMA



Para las vigas cantil y las plataformas de las obras de atraque y amarre, las acciones térmicas podrán caracterizarse considerando únicamente:

a) Una componente asociada a la variación uniforme de la temperatura (ΔT_N) en el conjunto de la sección del elemento estructural, respecto a la temperatura del mismo en el momento del cierre de juntas o durante la fase constructiva (T_0). Esta componente depende de las temperaturas efectivas mínima ($T_{e,min}$) y máxima ($T_{e,max}$) a la que estará sometida el elemento estructural de la obra de atraque y amarre durante el periodo de tiempo considerado. El incremento o decremento de la temperatura efectiva puede calcularse a partir de las temperatura máxima y mínimas del aire a la sombra por medio de las siguientes expresiones:

$$- \Delta T_{N,max} = T_{e,max} - T_0$$

$$- \Delta T_{N,min} = T_{e,min} - T_0$$

siendo:

○ T_0 : Temperatura efectiva probable en el momento en que la estructura está realmente coaccionada. A falta de otros datos puede adoptarse 20 °C.

○ $T_{e,max} = T_{max} + 15.0$ °C, en estructuras metálicas
 + 5.0 °C, en estructuras mixtas
 + 2.5 °C, en estructuras de hormigón

○ $T_{e,min} = T_{min} - 2.5$ °C, en estructuras metálicas
 + 5.0 °C, en estructuras mixtas
 + 7.5 °C, en estructuras de hormigón

Las funciones de distribución de ΔT_N pueden obtenerse como funciones de distribución derivadas de las correspondientes a las temperaturas máximas y mínimas del aire a la sombra, respectivamente, a partir de la anterior formulación. De igual forma, los valores representativos de ΔT_N podrán obtenerse a partir de los valores representativos de T_{max} y T_{min} . A falta de otros datos, los valores frecuentes y cuasi-permanentes se obtendrán por medio de los coeficientes recomendados en los Eurocódigos para las acciones térmicas (0.60 y 0.50 respectivamente), a partir de los valores característicos asociados a un periodo de retorno de 50 años.

b) Una componente asociada al gradiente lineal de la temperatura entre superficies opuestas (ΔT_M). Los gradientes a adoptar dependen tanto de los datos climáticos en el emplazamiento (temperaturas de aire a la sombra, radiación solar, emisión de radiación nocturna) como de las características geométricas y las propiedades térmicas de los materiales (conductividad térmica, coeficiente de absorción, coeficiente de emisión, etc...) A falta de otros datos más precisos, simplificadaamente, los valores característicos de las diferencias lineales de temperatura entre las caras opuestas pueden tomarse igual a 15 °C tratándose de estructuras metálicas y de 10 °C tratándose de estructuras de hormigón. Los otros valores representativos se obtendrán por medio de los coeficientes recomendados en los Eurocódigos a partir de los valores característicos.

Cuando se estime necesario tomar en consideración simultáneamente las componentes uniforme y lineal de la variación de temperaturas se aplicarán las siguientes combinaciones, considerando en los cálculos la que produce los efectos más desfavorables:

- $\Delta T_N + 0.75\Delta T_M$
- $\Delta T_M + 0.35\Delta T_N$

En estructuras donde las diferencias de la temperatura efectiva entre los diferentes tipos de elementos que la forman puedan causar efectos de carga adversos, dichos efectos deberán tenerse en cuenta. Además de los efectos resultantes de una distribución uniforme de temperatura en todos los elementos, deben considerarse los efectos que resultan de una diferencia de temperatura efectiva de 15 °C entre los diferentes elementos estructurales.

En cada estado de proyecto, las acciones térmicas tendrán el mismo carácter que el del agente causante.

4.6.2.4 Agente sísmico (q_s)

Se considera agente sísmico a las oscilaciones sísmicas que se generan cuando se producen movimientos entre capas más o menos profundas de la corteza terrestre, las cuales se propagan hasta el lecho de la roca y, posteriormente, por esta masa hasta un determinado emplazamiento, transmitiéndose a continuación a través de las capas de suelo existentes en el mismo hasta alcanzar la superficie del terreno y las estructuras que en él se localizan. Dichas capas de suelo pueden modificar significativamente las características de las ondas sísmicas en origen tanto en amplitud y frecuencia como en duración, debido a la respuesta dinámica de los mismos frente al sismo. Estos efectos locales dependen tanto de las propiedades de los distintos estratos de suelo como de las características de los movimientos sísmicos en origen. Cada perfil de suelo amplifica preferentemente las frecuencias próximas a la propia. Si el sismo da lugar a movimientos verticales del fondo del mar pueden generarse tsunamis (maremotos), formados por ondas de pequeña amplitud en alta mar, que, debido a su facilidad para propagarse a grandes distancias, pueden alcanzar la costa. Al interactuar con la plataforma continental y sus accidentes morfológicos, pueden, por reducirse la profundidad en las proximidades del litoral, por entrar en resonancia con áreas abrigadas naturales o por estrecharse la sección transversal de propagación en estuarios o bahías en “V”, dar lugar a grandes amplificaciones de las alturas de ola, generando corrientes de gran magnitud e inundando amplias zonas de costa.²²

Los movimientos sísmicos pueden afectar a las obras de atraque y amarre al producir efectos dinámicos significativos en el conjunto suelo-estructura-masa de agua, así como variar el comportamiento de los suelos y de los rellenos, tanto en lo que respecta a su capacidad resistente como a su comportamiento deformacional, debido, entre otras causas, a que pueden producirse incrementos importantes de las presiones intersticiales en el mismo hasta, incluso, la anulación total de las presiones efectivas (licuefacción) (Ver apartado 3.10. de la ROM 0.5-05). A su vez, los tsunamis pueden afectar a las obras de atraque y amarre produciendo acciones hidrodinámicas adicionales.

²² Los maremotos también pueden ser debidos a causas diferentes a los sismos como deslizamientos y actividad volcánica submarinos, aunque sus características y efectos son idénticos a los producidos por los sismos.

La descripción completa y detallada de este agente y de las diferentes variables de estado o parámetros que los caracterizan en un determinado emplazamiento no es objeto de esta ROM, estando previsto que se desarrolle en la ROM 0.6. Agentes sísmicos. También puede consultarse a estos efectos la ROM 0.5-05. Recomendaciones Geotécnicas para obras marítimas y portuarias, así como la ROM 1.0. Recomendaciones para el proyecto y construcción de obras de abrigo en lo que respecta a la caracterización de los tsunamis.

Este agente puede considerarse como compatible con el resto de agentes del medio físico y totalmente independiente de éstos. La manifestación estacionaria de este agente puede definir los siguientes estados:

a) Estado Sísmico

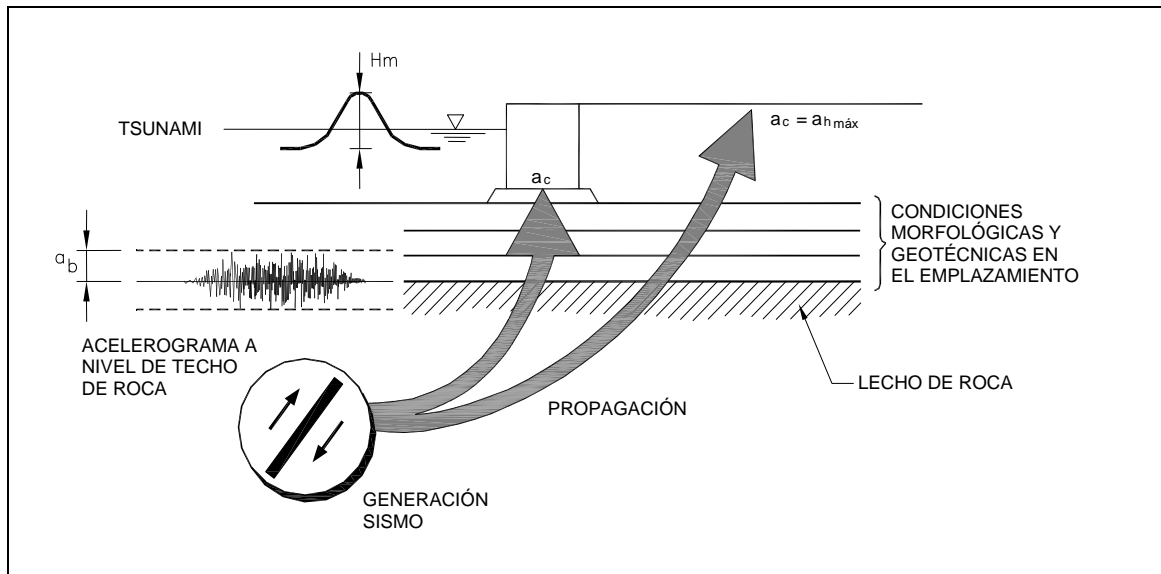
Un estado sísmico se define por medio de acelerogramas que representan la variación en el tiempo de las aceleraciones horizontales y verticales que se producen durante la manifestación de un sismo. Los periodos representativos suelen estar en el rango entre 0.05 s y 0.5 s. Se considera que se produce un estado sísmico en un emplazamiento cuando la aceleración horizontal sísmica supera un valor de 0.04g, siendo g la aceleración de la gravedad. La duración del estado sísmico es el tiempo que transcurre entre la primera y la última vez que la aceleración horizontal sísmica en dicho emplazamiento supera el valor de 0.04g. Dichas duraciones suelen ser pequeñas, del orden de 10 segundos para sismos de magnitud moderada y emplazamientos no muy alejados del epicentro y de 30 s para sismos de magnitud elevada y emplazamiento alejado del epicentro.

En general, la variable de estado que define al agente sísmico para su consideración en las obras de atraque y amarre es la aceleración horizontal máxima o de pico en el emplazamiento (a_c) (Ver tabla 4.6.2.12.). Dicho parámetro está relacionado con la aceleración horizontal máxima a nivel del techo de roca²³ por medio de coeficientes de amplificación local que dependen de las características morfológicas y geotécnicas del terreno de cimentación. Estos coeficientes de amplificación se recogen generalmente en las normas y códigos sísmicos. En España pueden obtenerse en la Norma de Construcción Sismorresistente actualmente vigente (NCSE-02). Se admite normalmente que la aceleración vertical máxima está relacionada con la máxima aceleración horizontal.

No será necesario considerar el agente sísmico en el proceso de verificación en aquellos emplazamientos en los que en ningún estado límite de proyecto el sismo sea el agente predominante en un modo de fallo, al mantenerse éste en dicho emplazamiento en niveles inferiores al umbral que define el estado sísmico.

TABLA 4.6.2.12. VARIABLES DE ESTADO RELEVANTES DE LOS AGENTES SÍSMICOS SIGNIFICATIVOS PARA OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE

²³ La aceleración horizontal máxima a nivel del techo de roca (a_b) se denomina normalmente PGA (del inglés Peak Ground Horizontal Acceleration)



AGENTE	PARÁMETRO	
Sismo	Aceleración horizontal	$a_{h,max} \equiv a_c$
	Aceleración vertical	$a_{v,max}$
Maremoto	Altura de la onda de maremoto	$H_{m,max}$
	Periodo del maremoto	T_m
	Dirección	$\bar{\theta}_m$ (todas las posibles o bien la más crítica si su identificación es posible)

LEYENDA

- $a_{h,max}$: aceleración horizontal máxima o de pico del estado sísmico.
- $a_{v,max}$: aceleración vertical máxima o de pico del estado sísmico
- $H_{m,max}$: máxima altura de ola del estado de maremoto
- T_m : periodo del maremoto o valor medio del periodo de las ondas incluidas en el estado de maremoto
- $\bar{\theta}_m$: Dirección media de propagación del maremoto

Dado que la escala temporal del estado sísmico es mucho menor que la de los estados meteorológicos, puede suponerse que en los estados sísmicos el resto de agentes del medio físico tienen el carácter de permanentes.

En función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación, el agente sísmico se definirá:

- o Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas

Para la comprobación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos, el estado sísmico se definirá a través de los valores representativos de la aceleración horizontal sísmica. Para probabilidades de fallo en condiciones extremas y excepcionales menores del 5 % dichos valores se consignan en la tabla 4.6.2.13 a partir del régimen extremal en el emplazamiento de dicha variable. Para probabilidades de fallo mayores o iguales al 5 % se considerarán únicamente condiciones extremas, siendo el valor característico aquél cuya probabilidad de exceden-

cia en la fase de proyecto analizada es igual a la probabilidad de fallo considerada en dichas condiciones (Ver notas 9 y 12) (Ver apartado 4.1.1.1.1.b₃).

En general, para la comprobación de modos de fallo adscritos a estados límites de servicio se considerarán en cada condición de trabajo los mismos valores representativos que los adoptados para los modos de fallo adscritos a estados límite últimos. A su vez, no se considerarán modos de parada operativa asociados al sismo y, por tanto, no se definen límites de operatividad asociados a dicha acción. Lo anterior se establece sin perjuicio de tener que verificar la instalación de atraque y amarre considerando que actúa el sismo (condiciones de trabajo extremas y excepcionales) cuando la instalación está tanto en servicio como fuera de servicio.

TABLA 4.6.2.13. VALORES REPRESENTATIVOS PARA LAS VARIABLES DE ESTADO SOBRE LOS AGENTES DE PROYECTO EN UN ESTADO SÍSMICO (Para fase de servicio de obras definitivas) (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos y de servicio con probabilidades de fallo menores del 5 % en la correspondiente condición de trabajo) ¹⁾

CONDICION DE TRABAJO	<i>AGENTE SÍSMICO</i>	<i>RESTO DE AGENTES</i>
	Valor Característico	Valor nominal o valor cuasi-permanente
Condiciones de trabajo Operativas (CT1)	El sismo no define límites de operatividad ²⁾	
Condiciones de trabajo Extremas Sísmicas (CT3,31)	Cuantil del 98 % de la función de distribución de extremos anuales (T _R = 50 años)	Probabilidad de no excedencia del 50 %, tomada del régimen medio
Condiciones de trabajo Excepcionales debidas a la presentación de un sismo de carácter extraordinario. (CT3,32)	Cuantil del 99.8 % de la función de distribución de extremos anuales (T _R = 500 años)	Probabilidad de no excedencia del 50 %, tomada del régimen medio

NOTAS

- 1) En general, en estados o situaciones de proyecto transitorios, es decir, aquéllos que tienen corta duración respecto a la vida útil de la obra ya sea, entre otros, por causas de la geometría de la obra (fase de construcción), por las características del terreno (fase de consolidación o comportamiento drenado o no drenado del mismo) o por las acciones actuantes (cargas de uso y explotación diferentes en las fases de reparación y desmantelamiento) en condiciones de trabajo extremas se adoptará como valor característico de la acción sísmica el correspondiente a un periodo del mismo orden de magnitud que el de la duración de dicha fase para las situaciones transitorias prolongadas en relación con la duración de la fase de servicio y el doble de dicho valor para casos de transitoriedad menos prolongada con un valor mínimo de 2 años. En situaciones de proyecto transitorias no se considerarán condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de un sismo de carácter extraordinario.
- 2) No hay condiciones de parada operativa asociadas al sismo y, por tanto, no se definen límites de operatividad asociados con dicha acción. Lo anterior no evita que deba verificarse la instalación de atraque y amarre considerando que actúa el sismo (condiciones de trabajo extremas y excepcionales) cuando dicha instalación está tanto en servicio como fuera de servicio; adoptándose como valor representativo de los agentes de uso y explotación de actuación simultánea con el sismo el valor cuasi-permanente de cada uno de ellos en dichas dos situaciones respectivamente (ver tablas del apartado 4.6.4).

○ Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilistas de la ecuación de verificación, el agente sísmico se define a través de la función de distribución extremal de la variable de estado aceleración horizontal máxima o de pico en el emplazamiento.

La función de distribución necesaria tanto para la formulación probabilista como para la definición de los valores representativos del agente sísmico en un emplazamiento puede obtenerse generalmente a partir de las normas y códigos sísmicos que sean de aplicación en dicho emplazamiento. En España pueden obtenerse en la Norma de Construcción Sismorresistente actualmente vigente (NCSE-02). En dicha Norma, se incluye bajo la denominación de aceleración sísmica básica, a_b , el valor de la aceleración horizontal máxima a nivel de techo de roca asociada a un periodo de retorno de 500 años, correspondiente a cada emplazamiento. A partir de dicho valor, la función de distribución extremal de dicha variable en España puede considerarse definida por la siguiente relación:

$$a_{b|T} = a_b \left[\frac{T}{500} \right]^{2.7}$$

siendo T el periodo de retorno, en años.

La aceleración horizontal máxima en el emplazamiento, tomando en consideración los efectos locales debidos a la configuración morfológica y condiciones geotécnicas del terreno, puede obtenerse a partir de las aceleraciones a nivel del techo de roca por medio de los coeficientes de amplificación que se incluyen en dicha Norma.

En la figura 4.6.2.7 se recoge el mapa de peligrosidad sísmica, incluido en la Norma NCSE-02, que suministra simplificadaamente los valores de la aceleración básica en los distintos emplazamientos de España.

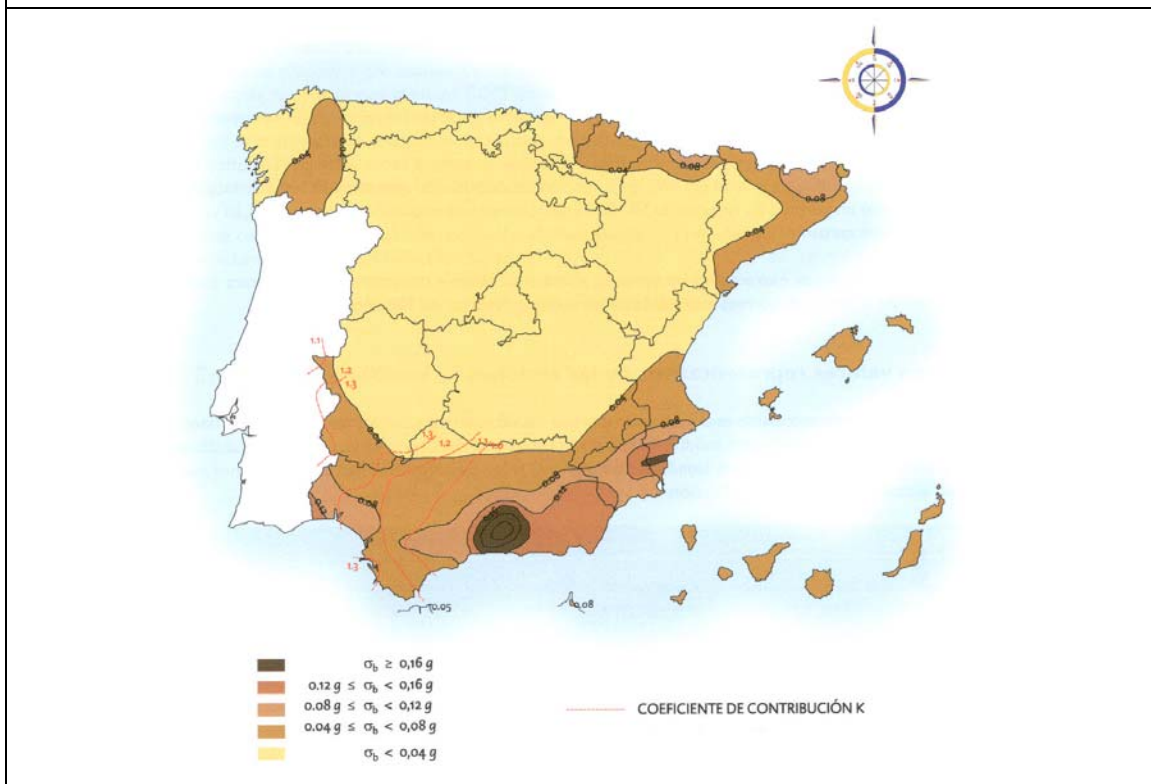
Tanto para las formulaciones deterministas como semi-probabilistas o probabilistas se pueden usar, si el análisis se realiza en el dominio del tiempo, tanto acelerogramas artificiales como registros reales de movimientos fuertes; su valor máximo, duración y contenido frecuencial deberán ser compatibles con los valores adoptados para la aceleración máxima o de pico, de acuerdo con las condiciones especificadas en los códigos o normas sísmicas. Si el análisis se realiza en el dominio de la frecuencia se pueden usar los espectros normalizados de respuesta elástica de aceleraciones incluidos en los códigos sísmicos, compatibles con la aceleración máxima adoptada y con las características frecuenciales y de amortiguamiento del conjunto suelo-estructura.

b) Estado de maremoto

Un estado de maremoto se define por medio de una oscilación marina en el emplazamiento que representa la variación en el tiempo de la superficie libre del mar, asociada con la manifestación del tsunami. En las proximidades de la plataforma continental, esta oscilación está formada por una secuencia de desplazamientos verticales de la superficie del mar formada por un número pequeño de grupos de ondas (entre

5 y 10) con periodos generalmente entre 2 minutos y 2 horas y longitudes de onda del orden del centenar de kilómetros, precedida por un descenso del nivel del mar y seguida por un tallo o cola oscilatoria con ondas de periodo más corto. Las características concretas de cada tsunami dependen, entre otros factores, de la magnitud del sismo o causa generadora, de la distancia al epicentro, la profundidad del agua en la zona de generación, de la dinámica de propagación y del periodo propio de oscilación de las zonas costeras. La duración del estado de maremoto, normalmente entre media hora y cuatro horas, depende asimismo del origen y la magnitud del sismo o del correspondiente mecanismo de generación, así como de la dinámica de propagación relacionada con la batimetría.

FIGURA 4.6.2.7. MAPA ESPAÑOL DE PELIGROSIDAD SÍSMICA (según norma española NCSE-02)



En general el maremoto se comporta en aguas profundas como un tren de ondas largas, lineales, no dispersivas en frecuencias y amplitudes (la celeridad no depende del periodo ni de la amplitud ya que ésta es pequeña respecto a la profundidad de propagación. $c = \sqrt{gh}$). Durante su transformación y aproximación a la costa algunos maremotos se amplifican notablemente tanto que la celeridad comienza a depender de la amplitud ($c = \left(1 + \frac{1}{2} \frac{H}{h}\right) \sqrt{gh}$) hasta llegar a romper. En función de la forma inicial de las ondas pueden, además, separarse en solitones (ondas solitarias) y, eventualmente romper. Adicionalmente pueden producirse amplificaciones importantes de la amplitud del maremoto por fenómenos de resonancia en dársenas portuarias, ensenadas, rías y estuarios ya que éste contiene un amplio rango de periodos coincidentes con los periodos naturales de oscilación comunes en las dársenas portuarias (2-4 min) o los estuarios, rías y ensenadas (10-50 min).

Las variables básicas y de estado más relevantes que lo definen son las mismas que las señaladas para el oleaje; en particular se utilizan como variables de estado principales del maremoto la amplitud máxima de las olas generadas y el periodo y la dirección de la misma en el emplazamiento (Ver tabla 4.6.2.12).

A pesar que la escala temporal del estado de maremoto es mucho mayor que la de los estados meteorológicos (tres o cuatro estados meteorológicos) puede considerarse simplificada que este agente, definido por una onda cnoidal de amplitud la de la máxima de onda del maremoto, se comporta como una variable extraordinaria o accidental en los estados meteorológicos (Caso CT3,2 de la tabla 4.6.2.2.). No será necesario considerarlo en el proceso de verificación de los modos de fallo y parada en aquellos emplazamientos en los que a lo largo de la historia tectónica no se tenga constancia de que se hayan presentado maremotos relevantes. En el litoral español tampoco se considerará en estados o situaciones de proyecto transitorios.

Las funciones de distribución de los maremotos son mucho menos conocidas que las de los agentes sísmicos, debido principalmente al escaso número de casos registrados en un emplazamiento determinado, por lo que difícilmente en la actualidad se puede considerar la verificación de las obras portuarias en ese estado límite mediante formulaciones semiprobabilistas o probabilistas. En general, el maremoto se definirá en cada emplazamiento como un agente extraordinario, caracterizándolo como una onda larga regular, definida por medio de la teoría cnoidal, con un valor nominal de altura de ola y periodo, asociado a la experiencia existente localmente.

En la historia sísmica española no se han producido maremotos relevantes para que los efectos de los mismos deban ser tomados en consideración en los procesos de verificación de las obras portuarias, salvo en la fachada Sudatlántica, asociados a la falla Azores-Gibraltar. Si bien se han detectado también maremotos en la costa mediterránea y las islas Baleares, asociados a actividad tectónica en el Mar de Alborán y el norte de África, éstos no pueden considerarse relevantes para los procesos de verificación de las obras portuarias ya que, aunque pueden afectar a la operatividad de las instalaciones portuarias, su intensidad y probabilidad de presentación es muy reducida. Tampoco hay antecedentes tectónicos o de otro tipo que justifique la producción de maremotos significativos en el resto de zonas. En la fachada Sudatlántica (golfo de Cádiz) hay referencias históricas de que se han producido maremotos de cierta importancia, aunque no hay información suficiente ni para cuantificarlos detalladamente en tamaño en aguas profundas ni para asociarlos a determinados periodos de retorno. En tanto no se disponga de datos más precisos a través de métodos de evaluación de riesgos de generación de maremotos y de procesos de simulación de consecuencias, se pueden adoptar como valores nominales de las variables de estado del maremoto en el golfo de Cádiz en el borde de la plataforma continental en dicha área (línea batimétrica -1000) los siguientes, que pueden considerarse representativos de un periodo de retorno del orden de 500 años²⁴:

- $H_{m, \max} = 1.80 \text{ m}$

²⁴ Estos datos están asociados a estudios y simulaciones realizados sobre el tsunami causado por el terremoto de Lisboa de 1755, verificados mediante propagaciones inversas de las referencias históricas consideradas más fiables sobre las alturas de ola y sobre elevaciones en costa (run-up) debidas a dicho maremoto alcanzadas en el litoral peninsular español y portugués.

- $T_m = 20-40$ min
- Dirección: SW

Los valores nominales de las variables de estado del maremoto en el emplazamiento y en presencia de la obra se obtendrán a partir de dichos valores mediante la aplicación de modelos de propagación no lineales de validez reconocida para este tipo de ondas largas (ver ROM 1.0), tomando en consideración los valores compatibles de los agentes climáticos, particularmente los niveles del agua asociados a mareas (Ver tabla 4.6.2.13), así como las posibles amplificaciones por resonancia o por reducirse la sección transversal en dársenas, estuarios y ensenadas.²⁵

Dichos valores nominales se considerarán para verificaciones de modos de fallo adscritos a estados límites últimos en condiciones excepcionales asociadas a probabilidades de fallo menores del 5 %. En España, para probabilidades de fallo más altas no se considerará en los cálculos la presentación de maremotos. Así mismo, en ningún caso será necesario considerarlos para la verificación de modos de fallo asociados a estados límites de servicio y modos de parada operativa.

4.6.2.4.1. Formulación de las acciones debidas al sismo ($Q_{fs,1}$)

Los valores nominales o representativos de las acciones debidas al sismo, así como sus funciones de distribución, pueden obtenerse o derivarse a partir de los correspondientes al agente sísmico.

Las acciones y otros efectos debidos al sismo que deben tomarse en consideración para la verificación de las obras de atraque y amarre son los siguientes:

- Modificaciones en el comportamiento del terreno natural y de rellenos artificiales debido a la actuación de una acción de carácter dinámico con el sismo, tanto en lo que se refiere a su capacidad resistente y a su comportamiento deformacional como a la generación de incrementos importantes de las presiones intersticiales (Ver ROM 0.5-05).

De acuerdo con lo señalado en el apartado 3.10. de la ROM 0.5-05., el comportamiento del suelo frente a la acción sísmica podrá considerarse en general que será en condiciones no drenadas para suelos y rellenos con coeficiente de permeabilidad $k < 5 \cdot 10^{-4}$ m/s, dando lugar, especialmente en los suelos granulares limpios, flojos, saturados y de granulometría uniforme, a crecimientos importantes de las presiones intersticiales, a la reducción o anulación de las tensiones efectivas intergranulares y, consecuentemente, a la pérdida de su capacidad resistente frente a las sollicitaciones de corte. Este fenómeno, denominado licuefacción, es una de las principales causas

²⁵ Simplificadamente, la altura de ola de un maremoto a una profundidad h_1 (H_1) puede obtenerse a partir de la altura de ola de maremoto en aguas profundas a una profundidad h_0 (H_0) por medio de la Ley de Green: $H_1 = [h_0/h_1]^{1/4} H_0$, aplicable a profundidades mayores que la profundidad de rotura ($H/h < 0.8$). Esta formulación es aplicable a costas abiertas en la que son despreciables los fenómenos de reflexión. Si se quiere cuantificar la amplificación de la onda de maremoto al reducirse la sección transversal en estuarios y ensenadas es aplicable también la Ley de Green modificada tomando en consideración la variación de anchura de la sección transversal en dichas áreas (B) : $H_1 = [B_0/B_1]^{1/2} [h_0/h_1]^{1/4} H_0$ siempre que los efectos de la reflexión sean así mismo despreciables.

de fallo a tomar en consideración en el proyecto de obras de atraque y amarre en zonas sísmicas. El potencial de licuefacción de suelos y rellenos, así como la verificación de la seguridad frente a dicho fenómeno puede evaluarse de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.10.4.2 de la ROM 0.5-05. Cuando el coeficiente de seguridad a la licuefacción no sea aceptable ha de procederse a la realización de tratamientos de mejora o de sustitución de terrenos y rellenos, a la colocación de drenes para facilitar la disipación de las presiones intersticiales generadas o a la utilización de tipologías estructurales reforzadas o menos sensibles a este fenómeno (p.e. obras de atraque fijas de pilotes).

En las situaciones más comunes, los parámetros de resistencia y de deformación del suelo a considerar en los cálculos cuando se verifiquen los estados sísmicos serán los correspondientes a comportamiento no drenado para suelos situados bajo el nivel freático, considerando además la degradación de los parámetros resistentes del suelo debido a la actuación de cargas dinámicas. La excepción son los suelos claramente drenantes en condiciones sísmicas (p.e. escolleras limpias) (Ver ROM 0.5-05).

- Comportamiento dinámico del conjunto suelo-estructura-agua, que condiciona tanto los esfuerzos y deformaciones de la estructura resistente como las cargas transmitidas al terreno de cimentación

Dicho comportamiento será tanto más acusado cuanto más próximo sea el periodo propio de vibración de dicho conjunto suelo-estructura-agua al periodo predominante del movimiento sísmico. Las obras de atraque y amarre, excepto las flotantes, tienen periodos propios de oscilación similares a los periodos predominantes en los movimientos sísmicos, por lo que en la mayor parte de los casos es imprescindible analizar el comportamiento dinámico del conjunto suelo-estructura-agua.

El análisis de la interacción suelo-estructura-agua bajo sollicitación sísmica puede realizarse con metodologías diversas de análisis dinámico o con procedimientos empíricos aproximados de carácter pseudoestático (Ver ROM 0.5-05).

- o Para análisis dinámicos en el dominio del tiempo: en general la acción sísmica puede representarse mediante un conjunto de fuerzas de inercia nodales iguales a los productos de las masas del suelo por las aceleraciones sísmicas consideradas en el emplazamiento. También deberán tomarse en consideración los empujes hidrodinámicos generados por la presencia tanto de agua intersticial como libre (Ver subapartado empujes hidrodinámicos del agua intersticial y libre en el apartado siguiente). Para análisis dinámicos en el dominio de la frecuencia, la acción sísmica se representa por el correspondiente espectro de respuesta. Las recomendaciones para el modelado de la estructura y del terreno con el objeto de representar adecuadamente sus características inerciales, de rigidez y de amortiguamiento se desarrollan más detalladamente en los apartados correspondientes a las distintas tipologías estructurales.
- o Para análisis pseudoestáticos: únicamente se considerará aceptable la aplicación de procedimientos empíricos pseudoestáticos para la verificación de obras de

ataque y amarre fijas cerradas, así como para la verificación de los muros de contención de tierras que, en su caso, formen parte de obras de ataque y amarre fijas abiertas. En estos casos la acción sísmica se representará por el siguiente conjunto de fuerzas estáticas equivalentes horizontales y verticales (Ver tabla 4.6.2.15):

- Fuerzas de inercia de la estructura: fuerzas horizontales y verticales obtenidas como producto de las acciones gravitatorias y variables verticales que actúan sobre la estructura de ataque y amarre (W)²⁶ por los correspondientes coeficientes sísmicos. A falta de estudios específicos, se tomarán los siguientes coeficientes sísmicos horizontal (k_h) y vertical (k_v):

$$- k_h = \alpha \cdot a_{h,max} / g$$

$$- k_v = 0.5 k_h$$

siendo:

- $a_{h,max}$: aceleración horizontal máxima o de pico.
- α : factor que trata de evaluar la flexibilidad de la obra frente al sismo. Se define como el cociente entre el valor de la aceleración correspondiente al estado de equilibrio límite (inicio de los desplazamientos) y el valor que produce el desplazamiento máximo compatible con las condiciones de proyecto. Por tanto, su valor será mayor para obras de ataque que pueden tolerar menores desplazamientos. Los valores de α a adoptar se recogen en la tabla 4.6.2.14.

Se considerará que las fuerzas de inercia actúan en el sentido que produzcan los efectos más desfavorables.

En el caso de obras de pantallas, se pueden despreciar las fuerzas inerciales verticales en la estructura de contención.

TABLA 4.6.2.14. VALORES RECOMENDADOS DEL FACTOR α QUE AFECTA AL COEFICIENTE SÍSMICO PARA OBRAS DE ATAQUE Y AMARRE FIJAS CERRADAS	
Tipología estructural	$\alpha^{(*)}$
Obras de gravedad	0.5
Obras de recintos de tablestacas	0.5
Obras de pantallas	1
Muros de contención de tierras que, en su caso, formen parte de obras de ataque y amarre fijas abiertas, coaccionados en cabeza	1.35
(*) En presencia de suelos o rellenos saturados sin cohesión, susceptibles de desarrollar presiones intersticiales elevadas, es recomendable tomar α no menor que 1, independientemente de la tipología estructural.	

- Empujes dinámicos del terreno: la acción sísmica hace que los empujes del terreno se modifiquen respecto a la situación estática. El empuje activo en condiciones sísmicas es mayor que el correspondiente a la situación estática. Por el contrario, el empuje pasivo es menor que el correspondiente a la

²⁶ En el caso del peso propio se considerará el producto de su masa total (densidad emergida) por la aceleración de la gravedad.

situación estática. La resultante de los empujes de tierra dinámicos y estáticos que actúan en condiciones sísmicas puede calcularse considerando la condición de equilibrio límite del modelo formado por la estructura, el cimentado y las cuñas activas y pasivas del terreno situadas en el trasdós e intradós de la estructura respectivamente. El cálculo simplificado puede realizarse de acuerdo con la formulación de Mononobe-Okabe recogida en el apartado 3.10.5.2.3 de la ROM 0.5-05, diferenciándose los casos correspondientes a terrenos situados por encima del nivel freático de los situados por debajo. Y en estos últimos, los que tienen un comportamiento drenado y no drenado en el estado sísmico.

- Empujes dinámicos del agua intersticial: Cuando se consideran condiciones no drenadas, el agua intersticial no es libre de moverse con respecto al esqueleto sólido. En estos casos, puede considerarse que el sismo no produce una presión hidrodinámica adicional a la estática asociada al agua intersticial. Por el contrario, en condiciones drenadas se supondrá que los efectos inducidos por la acción sísmica en el terreno o relleno y en el agua no están acoplados. En este caso, se sumará a las presiones debidas a los niveles de agua en condiciones estáticas un empuje hidrodinámico que puede suponerse igual a la presión hidrodinámica unitaria de Westergaard, dada por la expresión:

$$u_{w,d}(z) = \pm \frac{7}{8} k_h \gamma_w \sqrt{hz}$$

Siendo h la altura del nivel freático medida desde la base de la obra de atraque y z la coordenada vertical, medida hacia abajo, con el origen en la superficie libre del agua.

La integración de esta expresión conduce a un empuje total hidrodinámico igual a:

$$E_{wd} = \pm \frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2$$

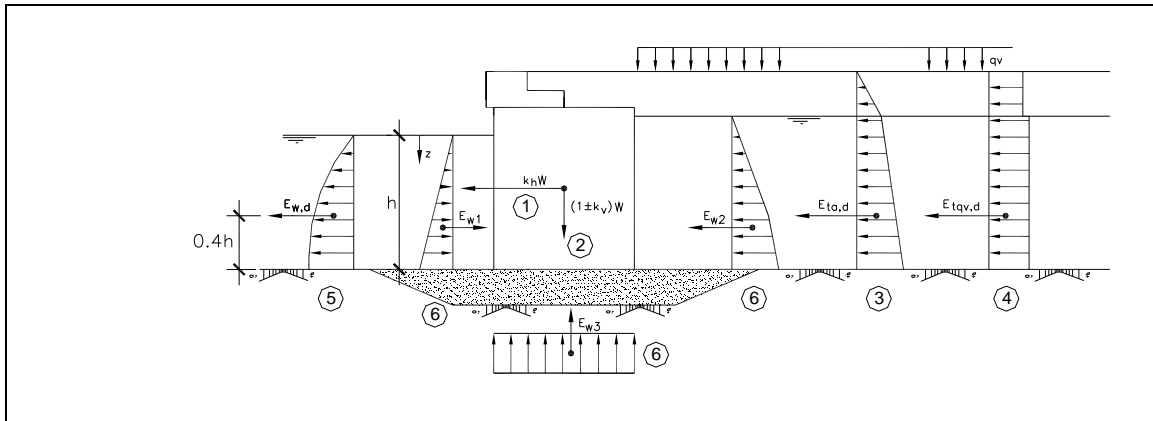
Este incremento de empuje puede suponerse aplicado a una profundidad $0.60h$, medida desde el nivel freático.

- Empujes hidrodinámicos del agua libre: también deben tomarse en consideración empujes hidrodinámicos del agua libre en el intradós debidos al sismo. A estos efectos, es admisible su aproximación por medio de la formulación de Westergaard.

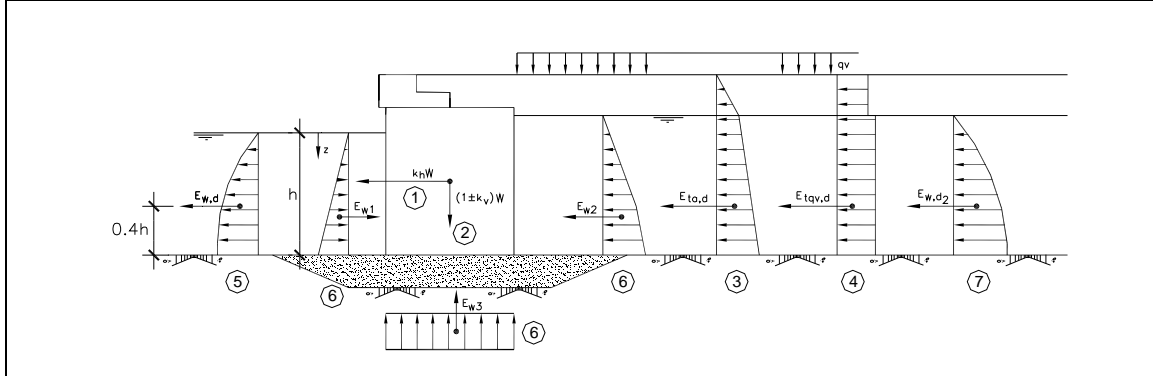
Solamente podrán aplicarse las especificaciones anteriores si no se pueden producir en el estado sísmico considerado procesos de licuefacción en el terreno natural o en los rellenos.

TABLA 4.6.2.15. ACCIONES ESTÁTICAS EQUIVALENTES EN EL ESTADO SÍSMICO SOBRE OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE FIJAS CERRADAS

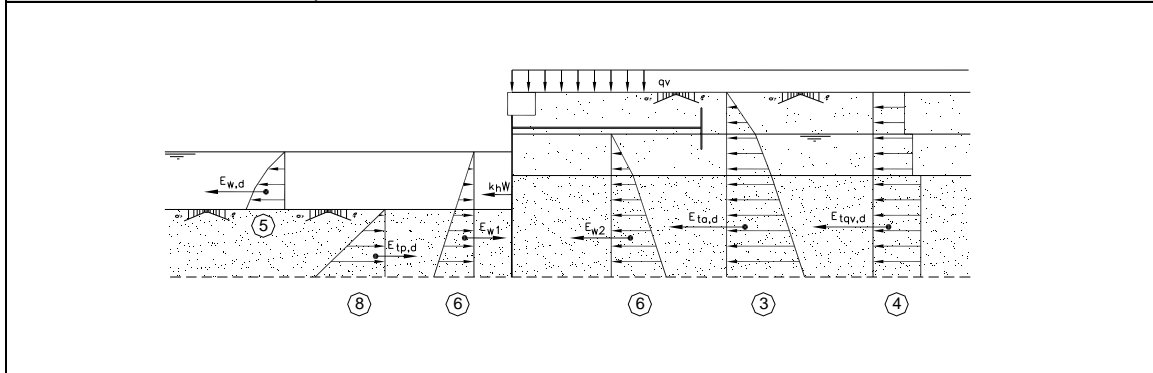
A) OBRAS DE GRAVEDAD (Relleno del trasdós en condiciones no drenadas durante el sismo. $k < 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$)



B) OBRAS DE GRAVEDAD (Relleno del trasdós en condiciones drenadas durante el sismo. $k \geq 5 \cdot 10^{-4}$ m/s)



C) OBRAS DE PANTALLAS (Terreno natural y relleno del trasdós en condiciones no drenadas durante el sismo. $k < 5 \cdot 10^{-4}$ m/s)^{*) **)}



D) OBRAS DE RECINTOS (Terreno natural y relleno del trasdós en condiciones no drenadas durante el sismo. $k < 5 \cdot 10^{-4}$ m/s)^{*) **)}

NOTAS

*) Si el terreno natural o el relleno del trasdós se comporta en condiciones drenadas durante el sismo deberá añadirse en las zonas en que así se comporte el empuje hidrodinámico del agua intersticial (7).

***) Las acciones estáticas equivalentes en el estado sísmico se definen de forma equivalente sobre el anclaje y demás elementos estructurales considerados aisladamente.

LEYENDA

- 1) Fuerza de inercia horizontal de la estructura
- 2) Peso propio + fuerza de inercia vertical de la estructura
- 3) Empuje activo del terreno en condiciones dinámicas
- 4) Empuje del terreno inducidos por las sobrecargas de uso y explotación en condiciones dinámicas
- 5) Empuje hidrodinámico del agua libre
- 6) Empujes debidos a los niveles de agua libre e intersticial en condiciones estáticas (Ver apartado 4.6.2.1.1.c para los asociados a los niveles de agua debidos a mareas y a los niveles fluviales y apartado 4.6.2.1.1.d para los debidos al oleaje y otras oscilaciones del mar de periodo corto o intermedio simultáneos con el sismo)
- 7) Empuje hidrodinámico del agua intersticial.
- 8) Empuje pasivo del terreno en condiciones dinámicas

En general, sobre las obras de atraque y amarre flotantes no se considerarán acciones sísmicas, excepto en caso de maremotos. No obstante lo anterior, deberán investigarse los efectos indirectos inducidos por el sismo en la obra a través del movimiento causado en el sistema de amarre y anclaje.

En el estado sísmico, las acciones debidas al sismo tendrán la misma consideración que el agente causante; es decir un carácter variable. No obstante, simplificadaamente podrán considerarse como extraordinarias o accidentales cuando se considere como estado de proyecto el estado meteorológico (Ver tabla 4.6.2.13).

4.6.2.4.2. Formulación de las acciones debidas al maremoto ($Q_{fs,2}$)

Los efectos de los maremotos sobre las estructuras de atraque y amarre pueden aproximarse a través de fuerzas, presiones, depresiones y subpresiones en la dirección normal a la superficie, dependiendo de las características del tsunami en el emplazamiento, así como de la tipología y dimensiones de la estructura y del régimen hidráulico resultante de la interacción del maremoto con la estructura. A su vez, el maremoto puede generar en el terreno y, en su caso, en las banquetas y en los rellenos del trasdós presiones intersticiales que deben tomarse en consideración para la verificación de la estabilidad de la obra y del terreno. Los valores nominales o representativos de estas acciones pueden obtenerse o derivarse a partir de los correspondientes valores de las variables de estado del agente causante que intervienen en la formulación. En ausencia de técnicas numéricas o experimentales más precisas, dichas acciones pueden aproximarse en algunas situaciones más comunes por medio de las siguientes formulaciones:

- Sobre obras de atraque fijas cerradas

Debido a las características que presentan las ondas de maremoto (grandes longitudes de onda con crestas apuntadas separadas por senos anchos y planos (onda solitaria)), las fuerzas predominantes suelen ser fuerzas de difracción durante el paso de cresta y las presiones hidrostáticas durante el paso de seno.

Las acciones del maremoto en condiciones de no rotura sobre las obras de atraque fijas cerradas de gravedad que puedan considerarse semiinfinitas frente al maremoto²⁷ o que estén adosadas a la costa se recogen en la tabla 4.6.2.16.

En dicha formulación, simplificada del lado de la seguridad se considera que en la situación de paso de cresta se mantienen los niveles de agua existentes previamente en el trasdós, tanto si la obra de atraque tiene un relleno en dicho trasdós como si no lo tiene. En consonancia con esta hipótesis, puede admitirse que, a menos que las banquetas incluyan un alto porcentaje de finos (ver formulación de la tabla 4.6.2.7), las subpresiones hidrodinámicas en la cresta del maremoto pueden obtenerse considerando condiciones de flujo estacionario entre trasdós e intradós y que los gradientes de presión hidrodinámica se encuentran completamente equilibrados con la disipación que se produce por fricción en la banqueta (distribución triangular).

En la situación de paso de seno del maremoto, si la obra de atraque con banqueta de cimentación granular no tiene un relleno en el trasdós o el relleno es altamente permeable ($k \geq 10^{-5}$ m/s) se considera que las variaciones de los niveles de trasdós e intradós en situación de actuación del seno del maremoto están acopladas. En este caso, en la situación de paso de seno del maremoto únicamente se considerará que éste produce una ley de subpresiones prácticamente rectangular. En el caso de que el relleno del trasdós tenga baja permeabilidad ($k < 10^{-5}$ m/s) se considerará, del lado de la seguridad, que se mantiene en dicho relleno el nivel de las aguas existente previamente a la actuación del maremoto. Las subpresiones se estiman a partir del análisis de la red de filtración en el relleno considerando condiciones de flujo estacionario (ver ROM 0.5-05 y apartado 4.6.2.1.1. c. de esta ROM).

Para la definición del comportamiento, así como de las presiones intersticiales hidrodinámicas en el terreno natural y las presiones hidrodinámicas que actúan en el fondo del mar en las proximidades de la obra o en la superficie de las coronaciones o taludes de las banquetas externas a la base de la misma, debidas a la actuación del maremoto se tomará en consideración lo establecido al respecto en el apartado 4.6.2.1.1. de esta Recomendación.

Las presiones y depresiones sobre los paramentos enterrados en las obras de pantallas y recintos, así como las presiones intersticiales en un terreno natural homogéneo generadas por el maremoto pueden aproximarse de igual forma que la definida para el resto de oscilaciones del mar (apartado 4.6.2.1.1.); es decir, puede considerarse que, en aquellos casos en los que el terreno tenga un comportamiento completamente drenado frente al maremoto, en el intradós de la zona enterrada se produce una prolongación de la ley de presiones hidrodinámicas definida para el paramento exterior no enterrado. Así mismo cuando el comportamiento del terreno sea parcialmente drenado es admisible considerar un amortiguamiento lineal de las presiones hidrodinámicas actuantes en el fondo debidas al maremoto en una profundidad igual a: $\sqrt{\frac{T_m c_v}{\pi}} \leq \frac{L_m}{2\pi}$, siendo T_m y L_m el periodo y la longitud de onda del maremoto en el emplazamiento, respectivamente, y c_v el coeficiente de consolidación del terreno.

²⁷ Las obras de atraque se considerarán semiinfinitas respecto al maremoto cuando la dimensión frontal de la obra sea manifiestamente mayor que dos veces la distancia existente entre dos puntos consecutivos de paso por el nivel medio del mar en la zona correspondiente a la cresta del maremoto incidente de proyectado en el emplazamiento (pseudolongitud de onda \bar{l})

En los casos generales puede considerarse que, tanto para el paso de cresta como para el paso de seno, el nivel de las aguas existente en el intradós es el mismo que el existente previamente a la actuación del maremoto. Las presiones hidrodinámicas en el trasdós podrán estimarse a partir del análisis de la red de filtración en dicha zona considerando condiciones de flujo estacionario desde la punta de la pantalla o recinto.

En obras de atraque fijas cerradas que no puedan considerarse como semiinfinitas ($\bar{L}/6 < D \cong \bar{L}$) o no estén adosadas a la costa, las presiones hidrodinámicas durante el paso de cresta debidas al maremoto se obtendrán mediante la aplicación de modelos de transformación de ondas no lineales que tengan en cuenta especialmente los procesos de difracción, de validez para las condiciones de contorno existentes en la obra y en el emplazamiento, de forma similar a lo dispuesto en el apartado 4.6.2.1.1. d₁₂) de esta Recomendación.

TABLA 4.6.2.16. ACCIONES DEL MAREMOTO EN CONDICIONES DE NO ROTURA SOBRE OBRAS LINEALES DE ATRAQUE FIJAS CERRADAS DE GRAVEDAD SEMIINFINITAS O ADO-SADAS A LA COSTA*)

<i>PASO DE LA CRESTA</i>	<i>PASO DEL SENO</i>
<p>NOTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - *) La formulación se ajusta al modelo recomendado por Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan (2002), sin perjuicio de la consideración de las acciones estáticas que correspondan debidas a los niveles de agua compatibles con el maremoto. - $H_{m,máx,l}$: La altura de onda máxima incidente del maremoto; es decir de la onda progresiva incidente no tomando en consideración la amplificación de la onda en el emplazamiento por efecto de la reflexión. - Rango de validez recomendado de la formulación para las obras de gravedad: <ul style="list-style-type: none"> o Fondo horizontal o pendiente muy tendida ($tg \alpha < 1/50$) o Cualquier dirección de incidencia o Peralte $H_{m,l}/L < 0.04$ o Profundidades reducidas: $h/L < 0.04$ o No rotura 	

- Sobre obras de atraque fijas abiertas

La acción del maremoto en condiciones de no rotura sobre los elementos estructurales de sustentación de las obras de atraque fijas abiertas cuando $D < \bar{L}/6$ puede calcularse por medio de la teoría de Morison utilizada para la definición de las acciones debidas al oleaje sobre ese tipo de estructuras (apartado 4.6.2.1.1 d₂₁), adoptando

para la definición de los campos de velocidades y aceleraciones que intervienen en la formulación de las fuerzas de arrastre e inercia el modelo de onda cnoidal. En la literatura especializada así como en la ROM 1.0 pueden encontrarse las formulaciones de dichos parámetros en esta teoría del oleaje. En estos casos, dado que el maremoto se comporta como una onda larga con importantes amplitudes cuando es relevante y las dimensiones usuales de este tipo de elementos, la fuerza de arrastre suele ser, en general, la componente preponderante (Ver figura 4.6.2.3). La validez de esta formulación está condicionada a que no se produzca de forma significativa la alteración de la progresión o la rotura de la onda por alcanzar o superar la cresta la plataforma superior de la obra de atraque. En este caso para la cuantificación de las acciones es recomendable la utilización de técnicas experimentales en modelo físico.

Simultáneamente cuando la plataforma superior de la obra de atraque fija abierta esté situada de forma que durante el paso de la cresta del maremoto éste pueda alcanzar la parte superior o inferior de la misma, deberán considerarse empujes verticales causados por las velocidades y aceleraciones verticales de la masa de agua, así como por la propia inmersión de este elemento estructural. Dada la gran cantidad de parámetros que influyen en este fenómeno, estos empujes tienen una muy difícil evaluación analítica general en magnitud y distribución, por lo que para su cuantificación es recomendable la utilización de técnicas experimentales en modelo físico. Como aproximación puede considerarse que para el empuje ascensional estático equivalente sobre la plataforma por unidad de superficie es aplicable la formulación recomendada para el oleaje en el apartado 4.6.2.1.1 d₂₁. Para la obtención del empuje vertical descendente por unidad de superficie puede considerarse que el rebase sobre la estructura alcanza una altura de $1.50H_{m,l}$, medida desde el nivel del mar considerado en dicho estado.

En aquellas obras fijas abiertas en las que el tamaño de los elementos de sustentación no cumplan la condición $D < \bar{L}/6$ se considerarán estos elementos a los efectos del maremoto como obras fijas cerradas.

- Sobre obras flotantes

Dadas las características de los maremotos en las inmediaciones de la costa, muy próximas a la estructura de una onda solitaria, en general las obras de atraque y amarre flotantes con sistemas de amarre rígidos resultan muy afectadas por el paso de la cresta de un tsunami y muy poco afectadas durante el paso del seno siempre que el sistema de amarre no restrinja el correspondiente movimiento vertical. Para la determinación de las acciones producidas por el paso de la cresta del maremoto sobre este tipo de obras no se dispone de formulaciones analíticas de aplicación generalizable siendo recomendable, tal como se ha señalado para el oleaje, recurrir a técnicas experimentales o numéricas basadas, en este caso, en la aplicación de modelos de transformación de ondas no lineales que tengan en cuenta los movimientos de un cuerpo flotante en el régimen de difracción (Ver apartado 4.6.2.1.1. d₃). No obstante lo anterior, en estructuras flotantes de sección rectangular, con dimensiones perpendiculares a la dirección de propagación del maremoto manifiestamente superiores a la pseudolongitud de onda del maremoto (\bar{L}) (ver nota 27) y profundidades relativas $h/\bar{L} > 0.5$ puede considerarse simplificada que durante el paso de cresta el com-

portamiento de la obra es similar al de una obra de atraque fija cerrada de dimensión frontal equivalente. De igual forma, para dichas profundidades relativas, cuando la dimensión frontal de la estructura es pequeña en relación con la pseudolongitud de la onda de maremoto (ver nota 27), de forma que no quedan afectadas significativamente sus condiciones de propagación, las acciones debidas al maremoto pueden estimarse de igual forma que lo señalado en esta Recomendación para las obras de atraque fijas de dimensiones frontales equivalentes.

Sobre obras de atraque y amarre flotantes con sistemas de amarre flexibles las acciones debidas al maremoto se pueden estimar de igual forma que para obras de atraque y amarre con sistemas de amarre rígidos; es decir mediante técnicas experimentales o numéricas basadas en la aplicación de modelos de transformación de ondas no lineales que tengan en cuenta los movimientos de un cuerpo flotante en el régimen de difracción, pero considerando que la estructura dispone de seis grados de libertad. La resultante de estas acciones causará una importante fuerza de deriva cuya estimación es difícilmente generalizable.

Para cada estado de proyecto, las acciones debidas al maremoto tendrán igual consideración que este agente. Es decir, normalmente tendrán la consideración de acciones extraordinarias cuando se consideren estados meteorológicos.

4.6.3 Agentes del terreno (q_t)

Los agentes del terreno están asociados con las acciones provocadas o transmitidas por el terreno natural y por los rellenos artificiales realizados con materiales de préstamo:

- Al actuar directamente sobre la obra de atraque o el cimiento ($q_{t,1}$). En este apartado se incluyen las presiones debidas al peso efectivo del terreno como los empujes activo, pasivo y al reposo cuando el suelo puede considerarse un macizo semiinfinito o las debidas al efecto silo cuando el suelo se encuentra en situación confinada.
- Al afectar indirectamente a la estructura o al cimiento a través de los efectos producidos por movimientos globales de los suelos ($q_{t,2}$). En este apartado se incluyen el rozamiento negativo o los empujes horizontales parásitos en estructuras enterradas causados por desplazamientos laterales del terreno durante procesos de consolidación.
- Al transmitir a través del suelo acciones que actúan sobre la estructura, los cimientos o la superficie del suelo cuyo origen no está ligado al mismo ($q_{t,3}$). En este apartado se incluyen los empujes adicionales del terreno debidos a las cargas de uso y explotación o a las cargas hidrodinámicas producidas por los agentes del medio físico.

No se incluyen como agentes del terreno las acciones debidas al peso propio de los rellenos soportados o incluidos en la obra, los cuales tendrán la consideración de agente gravitatorio y se definirán de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.6.1 de esta Recomendación, ni las acciones debidas a la actuación directa sobre la estructura, el cimiento o el terreno natural del agua intersticial que tendrán la consideración y tratamiento de acciones debidas a los agentes del medio físico de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.6.2, ni las acciones resultantes del comportamiento dinámico del conjunto suelo-estructura-agua en presencia de un sismo que tendrán la consideración de acciones sísmicas de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.6.4.2. Para un mismo

suelo o relleno, las acciones que produce sobre una estructura se considerarán como agente del terreno o como agente gravitatorio dependiendo del modo de fallo analizado y del modelo de cálculo utilizado. Por ejemplo, las acciones debidas al relleno de las celdas de una obra de atraque de cajones se considerarán como un agente gravitatorio cuando se verifiquen modos de fallo geotécnicos o de inestabilidad externa y como un agente del terreno cuando se verifiquen modos de fallo estructurales o de inestabilidad interna.

Las acciones debidas al terreno en cada estado de proyecto dependen fundamentalmente de las propiedades y geometría del terreno y de las condiciones en que se encuentra el agua intersticial en el mismo, así como del resultado de la interacción suelo-estructura-agua en dicho estado en función del tipo de terreno, de las características geométricas y tipológicas de la estructura y de la naturaleza, magnitud y condiciones de aplicación de las cargas actuantes; es decir, del comportamiento del terreno o del relleno artificial en relación con la evolución de las presiones intersticiales y de la deformación relativa entre el suelo y la estructura.

Para definir las acciones del terreno en cada estado de proyecto, así como para la verificación de los modos de fallo en dicho estado, deberá analizarse la variación simultánea de las propiedades y del comportamiento de los suelos, así como de las presiones intersticiales durante todas las fases de proyecto, tanto en relación con el tiempo (p.e. debidos a procesos de consolidación) como en relación con las cargas actuantes (p.e. durante la actuación de una carga oscilatoria como el oleaje o el sismo, o de una carga impulsiva como las cargas de atraque), con el objeto de tomar en consideración y analizar todos los estados límites que pueden presentarse durante cada una de las fases de proyecto o establecer la compatibilidad entre el comportamiento del terreno y las cargas actuantes. A estos efectos, simplificadaamente se considerará que los estados de proyecto se ajustan a alguna de las siguientes situaciones límite:

- Terreno con comportamiento totalmente drenado
- Terreno con comportamiento parcialmente drenado
- Terreno con comportamiento no drenado

En algunos casos (rellenos hidráulicos o determinados rellenos sumergidos recién vertidos) puede ser necesario considerar también una fase líquida. En este caso el suelo se comporta a todos los efectos como un líquido con un peso específico del orden de 12-16 kN/m³.

La evolución de las propiedades y del comportamiento del suelo, así como de las presiones intersticiales con el tiempo en cada tipo de terreno o relleno se analiza en la ROM 0.5-05, particularmente en los apartados 3.4 y 3.9 para los procesos naturales de consolidación y para los procesos de mejora del terreno, respectivamente. Así mismo, su variación en relación con las cargas actuantes se analiza en los apartados 3.4.11 y 3.10 de la ROM 0.5-05 en lo que respecta a las oscilaciones del mar o al sismo, así como en el apartado 4.6 de esta Recomendación, en los subapartados correspondientes a los distintos agentes y acciones oscilatorios o impulsivos cuya presentación puede modificar el comportamiento del terreno y la distribución de presiones intersticiales (niveles de agua, oleaje, sismo, maremoto, cargas de atraque, ...).

Una vez identificadas las propiedades, el comportamiento del terreno y las presiones intersticiales que definen el estado de proyecto o que son compatibles con el mismo, las acciones debidas directamente al terreno ($q_{t,1}$) se considerarán de carácter permanente en dicho estado. Las acciones debidas a los efectos producidos por movimientos globales de los suelos ($q_{t,2}$) así como las acciones transmitidas a través del suelo ($q_{t,3}$) tendrán en dicho estado el mismo carácter que el agente o acción que las origina. Tanto las acciones provocadas como las transmitidas por el terreno se considerarán cargas compuestas, dependientes o correlacionadas con aquellos agentes que bien condicionan las propiedades y el comportamiento del terreno, bien definen la distribución de presiones intersticiales y los niveles de saturación o bien la magnitud de las cargas transmitidas. Por ello, en función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación las acciones provocadas o transmitidas por el terreno se definirán:

a) *Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas*

Para formulaciones determinista y determinista-probabilista de la ecuación de verificación los valores representativos de los agentes del terreno se definirán en cada estado de proyecto considerando:

- El valor nominal de los parámetros geométricos, definido en el apartado 4.2 de esta Recomendación.
- El valor nominal o característico de las propiedades del terreno en el estado de proyecto, definido en el apartado 4.3 de esta Recomendación.
- El valor nominal de las propiedades del medio físico, definido en el apartado 4.5. de esta Recomendación.
- El valor nominal de las propiedades de los parámetros de interacción suelo-estructura (p.e. ángulo de rozamiento entre paramento y terreno (δ)), en general definido a partir de las características de las estructuras y de los valores nominales o característicos de las propiedades del terreno en dicho estado (Ver ROM 0.5-05).
- Los valores representativos de las variables de estado de los agentes climáticos que definen el estado meteorológico de proyecto, así como de los agentes oscilatorios o impulsivos de actuación simultánea en dicho estado de los que dependa el comportamiento del terreno, las presiones intersticiales, las fuerzas de arrastre y los empujes adicionales del terreno originados por los mismos (Ver la tabla 4.6.2.2 para definir el valor representativo a adoptar para cada uno de los agentes climáticos en cada condición de trabajo en función del agente climático considerado predominante, el apartado 4.6.2.1.1, subapartados c) Acciones debidas a los niveles de agua asociados a mareas y niveles fluviales y d) Acciones debidas al oleaje, el apartado 4.6.2.4.2. Formulación de las acciones debidas al maremoto y el apartado 4.6.4.4.3. Cargas de atraque).
- Los valores representativos en el estado de proyecto considerado del resto de los agentes y acciones de actuación simultánea sobre la estructura, los cimientos o la superficie del terreno que originan movimientos globales en el terreno o

cuyos efectos son transmitidos por éste, con las reducciones admitidas, en su caso, para cargas actuando indirectamente a través del terreno o rellenos (no consideración amplificación dinámica y efectos inerciales) (Ver subapartados correspondientes a cada una de las acciones del apartado 4.6).

b) Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilistas de la ecuación de verificación, las acciones debidas al terreno se definirán por medio de funciones de distribución obtenidas como derivadas de las funciones de distribución de los agentes que las condicionan o de las que dependan en el ciclo de sollicitación considerado.

En general, cuando se trabaje en este formato de verificación, para la definición de las acciones del terreno los parámetros geométricos y las propiedades del medio físico se considerarán de carácter determinista, y se definirán a través de valores nominales, de igual forma que lo dispuesto para las formulaciones determinista y determinista-probabilista.

Para un determinado comportamiento del terreno asociado a una fase de proyecto y un ciclo de sollicitación, en general las propiedades del terreno que se utilicen para determinar las acciones del terreno se considerarán también de carácter determinista, definidas a través de valores nominales, sin perjuicio de que puedan definirse a través de su función de distribución, si es posible disponer de ella, cuando su variabilidad pueda considerarse relevante a estos efectos (Ver apartado 4.3.2.). De igual forma se definirán los parámetros de interacción suelo-estructura cuando puedan derivarse de las propiedades del terreno.

Los agentes climáticos que inciden en el comportamiento y las propiedades del terreno o cuyos efectos sobre la estructura o el cimiento son transmitidos por éste durante el ciclo de sollicitación analizado se introducirán en la formulación de las acciones del terreno a través de las funciones de distribución conjunta de las variables de estado que caracterizan a dichos agentes en dicho ciclo o, simplifícadamente, por las funciones de distribución marginales y condicionadas de los mismos, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.6.2.1 de esta Recomendación. De igual forma, el resto de agentes o acciones que inciden en el comportamiento del terreno o cuyos efectos son transmitidos por éste se definirán, en el caso de que su variabilidad sea relevante en el ciclo de sollicitación considerado, por las correspondientes funciones de distribución definidas para cada agente o acción en dicho ciclo (Ver definición probabilística de los agentes y acciones en los subapartados del apartado 4.6 de esta Recomendación correspondientes a cada agente o acción).

4.6.3.1 Formulación de las acciones debidas o transmitidas por el terreno (Q_i)

En la ROM 0.5-05 se dan los criterios y métodos para la determinación de las acciones debidas o transmitidas por el terreno o los rellenos artificiales al actuar directa o indirectamente sobre distintas tipologías estructurales, tomando en consideración todos los factores que inciden en su valoración. Para el caso particular de las obras de atraque y amarre serán aplicables los siguientes criterios:

- Empujes debidos a la actuación directa de un macizo de terreno semiinfinito sobre elementos estructurales lineales de pared rígida, de longitud importante en relación con su dimensión transversal, con el desplazamiento lateral no coartado ($Q_{t,11}$)

En este caso, se considerará que pueden producirse los empujes activo y pasivo, asociados a estados límite de rotura del terreno, el empuje al reposo e, incluso, empujes intermedios en las diferentes zonas de la estructura en función de la dirección del desplazamiento de ésta en relación con el terreno y de la amplitud del mismo. A su vez, dependiendo del estado de proyecto y del ciclo de sollicitación considerados, así como del modo de fallo analizado, para un mismo elemento estructural podrá darse que actúa en la misma zona uno y otro tipo de empuje. En el apartado 3.7 de la ROM 0.5-05 se definen los empujes a considerar en cada caso para la verificación de cada modo de fallo en elementos estructurales de contención de tierras y la forma de determinarlos en función del tipo y geometría del terreno, de su comportamiento, de la distribución de presiones existentes en el mismo y de la geometría y características del trasdós de la estructura (tipo de material, trasdós quebrado, bandejas, pantallas con plataforma superior, ...), así como la influencia que pueden tener en los mismos la existencia de elementos estructurales próximos al trasdós que puedan ejercer un efecto de apantallamiento de los empujes por interferir en las superficies de rotura del terreno (cimentación de vigas carril o plataformas mediante pilotes, ...).

Las obras de atraque fijas cerradas (muelles), tanto de gravedad como pantallas o recintos que puedan considerarse de pared rígida, responden a esta situación. En general, para la verificación de la estructura principal de este tipo de obras respecto a los modos de fallo asociados a estados límites últimos correspondientes a la pérdida de equilibrio estático y a los geotécnicos o de inestabilidad externa se considerará la actuación de empujes activos y pasivos, salvo que el suelo de cimentación sea rígido o poco deformable. Para la verificación de modos de fallo estructurales o de inestabilidad interna puede considerarse, en los casos en que sea más desfavorable, la actuación del empuje al reposo. Para modos de fallo asociados a estados límite de servicio puede ser necesario considerar situaciones intermedias que pueden definirse mediante el análisis de la interacción suelo-estructura, tomando en consideración la variación de los empujes en función de la deformación del terreno (Ver apartado 3.7.11.2. de la ROM 0.5-05). Así mismo, en la parte 4 de la ROM 0.5-05, en los capítulos correspondientes a cada una de las tipologías de las obras de atraque y amarre, se dan recomendaciones más detalladas al respecto.

- Empujes debidos a la actuación directa de un macizo de terreno semiinfinito sobre elementos estructurales lineales de pared rígida, de longitud importante en relación con su dimensión transversal, con el desplazamiento lateral coartado por apoyos exteriores o anclajes ($Q_{t,12}$)

Cuando un macizo de terreno que actúa sobre una estructura de pared rígida comprende zonas cuyo desplazamiento lateral está limitado (p.e. en obras de atraque fijas abiertas de pilotes, las estructuras de contención de tierras de gravedad que sirven de unión con la plataforma en la coronación del talud, en las que pueda conside-

rarse que los desplazamientos en coronación están coartados por apoyar la plataforma), se producen modificaciones de los empujes unitarios debidos al terreno respecto al estado de rotura activo, en general en el sentido de que aumenta el valor de la resultante de los empujes con una redistribución de los empujes unitarios, aumentando en las zonas próximas a los puntos fijos y reduciéndose en las zonas alejadas de éstos.

De forma general, las leyes de empujes podrán obtenerse resolviendo el problema de interacción suelo-estructura (Ver apartado 3.7.11.2. de la ROM 0.5-05). En la literatura técnica especializada pueden encontrarse aproximaciones teóricas de validez reconocida para algunos casos concretos.

- Empujes debidos a la actuación directa de un macizo de terreno semiinfinito sobre elementos estructurales lineales de pared flexible, de longitud importante en relación con su dimensión transversal, con el desplazamiento lateral coartado o no coartado por apoyos exteriores o anclajes ($Q_{t,13}$)

De igual forma que para el caso de elementos estructurales de pared rígida con desplazamiento lateral coartado, la posibilidad de deformación de las estructuras de pared flexible, con o sin el desplazamiento lateral coartado por apoyos exteriores o anclajes (p.e. obras de atraque fijas cerradas (muelles) de pantallas de tablestacas ancladas o no), modifica las condiciones de rotura del terreno que actúa sobre dicha estructura respecto a las definidas para los estados activo y pasivo. La flexibilidad de la pared permite la descompresión del terreno en sus proximidades, dando como resultado, respecto a los estados citados, aumentos de empujes unitarios en las proximidades de los apoyos, con disminuciones en las zonas intermedias.

El cálculo teórico de los estados de rotura del terreno y de los empujes asociados no es simple, siendo necesarios estudios de interacción suelo-estructura en los que se haga intervenir la capacidad de deformación de la pared conjuntamente con la del terreno (modelos de elementos finitos o modelos de muelles como el indicado en el apartado 3.7.11.2 de la ROM 0.5-05). No obstante, para algunos tipos estructurales, es admisible considerar simplificadamente aproximaciones a leyes de empujes obtenidas mediante métodos empíricos de validez reconocida para los mismos (Método de Blum, de la Carga Portante de Brinch-Hansen, Danés, Rowe, Tschbotarioff, ...). Así mismo en la tabla 3.7.31. de la ROM 0.5-05 se incluyen aproximaciones de las leyes de empujes del terreno que pueden adoptarse en el caso de pantallas flexibles con anclajes múltiples prácticamente indeformables, con terreno homogéneo en el trasdós.

- Empujes debidos al terreno en situación confinada, actuando directamente sobre los elementos estructurales ($Q_{t,14}$)

En aquellos casos en que se presenten disposiciones estructurales próximas y opuestas (p.e. obras de atraque de recintos, celdas de obras de cajones) que contengan o confinen un relleno, también se producen empujes debidos al terreno confinado que difieren de los empujes activos al estar impedido el desarrollo completo de la superficie de rotura correspondiente a dicho estado.

Los empujes del terreno a considerar en estos casos se definen en los apartados 3.7.9.1. Empuje activo en muros paralelos y 3.7.9.4. Efecto silo de la ROM 0.5-05 .

- Empujes debidos a la actuación directa del terreno sobre elementos estructurales aislados, con dimensiones longitudinal y transversal del mismo orden de magnitud ($Q_{t,15}$)

Sin perjuicio de lo que específicamente pueda señalar a estos efectos esta Recomendación en los capítulos correspondientes a las distintas tipologías estructurales u otras documentos ROM, en los elementos estructurales de pequeña anchura (p.e. pilotes o pilas en obras de atraque fijas abiertas o en duques de alba), en general, salvo estudios de mayor detalle, es admisible calcular aproximadamente los empujes debidos al terreno en aquellas situaciones en las que pueda considerarse que el terreno se encuentra en estados próximos a rotura, como los empujes unitarios por metro lineal, activos o pasivos, correspondientes a estructuras lineales de longitud importante, multiplicados por 3 veces la dimensión del elemento estructural aislado en la dirección perpendicular a la del empuje, con el objeto de tomar en consideración la formación en estos casos de cuñas de rotura del terreno espaciales prismáticas (Ver apartado 3.6.8. de la ROM 0.5-05). Por tanto, esta aproximación será aplicable preferentemente para la verificación de modos de fallo asociados a estados límite últimos.

Otros procedimientos para definir los empujes del terreno sobre estructuras aisladas, aplicables tanto para la verificación de modos de fallo asociados a estados límite últimos como de servicio, son los métodos de análisis que toman en consideración la interacción suelo-estructura. En el apartado 3.6.9. de la ROM 0.5-05 se propone uno de estos métodos en el que las estructuras aisladas (pilotes) se representan mediante una viga elástica y el terreno mediante una serie de resortes cuyas constantes elásticas definen las relaciones carga-desplazamiento en cada punto.

Para alineaciones de elementos estructurales aislados situados próximos unos a otros de forma que puedan interferirse las cuñas de rotura del terreno (separación entre ejes del orden de 3 veces la dimensión del elemento estructural en la dirección perpendicular a la del empuje o una separación menor) (p.e. pantalla discontinua formada por pilotes), los empujes totales podrán aproximarse considerando que son equivalentes a los que se producen en una estructura lineal ficticia de longitud igual a $L_t + 2b_t$, siendo L_t la distancia entre ejes de elementos extremos y b_t el ancho del área equivalente al conjunto de elementos en la dirección del empuje que iguala la suma de áreas individuales de los elementos estructurales en dicha dirección ($b_t = \Sigma A_i / L_t$); siempre y cuando el empuje así obtenido distribuido entre los distintos elementos estructurales no supere al calculado aisladamente.

- Acciones que actúan sobre las estructuras debidas a movimientos globales de los suelos ($Q_{t,2}$)

Se incluyen en este apartado las acciones de diversos tipos producidas por la oposición que ejerce una estructura resistente a los movimientos de una masa de terreno

debidos a causas independientes de la propia estructura. Dichas acciones son, en consecuencia, función de la deformación relativa terreno/estructura y son generalmente relevantes cuando se presentan suelos sueltos o fuertemente compresibles. Estas acciones también se denominan efectos parásitos.

Los efectos parásitos más comunes son relevantes principalmente para las estructuras pilotadas, por lo que debe tomarse en consideración su posible ocurrencia y evaluar su importancia en las obras de atraque fijas abiertas de pilotes o pilas y en las cerradas de pantallas con plataforma superior de descarga sustentada por pilotes. Los efectos parásitos más relevantes son:

o Rozamiento negativo ($Q_{t,21}$)

La situación de rozamiento negativo puede considerarse que se presenta cuando se producen asientos diferenciales de la masa de suelo con respecto a la estructura a partir de 1 cm, debidos entre otras a las siguientes causas:

- Terrenos en fase de consolidación por su propio peso.
- Compactaciones artificiales o técnicas de mejora posteriores a la construcción de la estructura.
- Rebajamientos del nivel freático o modificación artificial de las presiones intersticiales.
- Asientos debidos a la actuación de cargas en superficie.
- Asientos inducidos por el sismo.

Esta acción se define como una carga vertical por unidad de superficie, actuando en todo el perímetro de la estructura en contacto con el terreno. La descripción y cuantificación detallada de la misma se incluye en el apartado 3.6.3.4.1 de la ROM 0.5-05.

o Empujes horizontales causados por sobrecargas verticales en superficie ($Q_{t,22}$)

Este tipo de empujes horizontales puede considerarse que se presenta cuando se producen movimientos del terreno perpendiculares a la directriz de la estructura, debidos a compresiones verticales no uniformes del mismo, causados generalmente por la actuación en las proximidades de cargas asimétricas (p.e. considerando una distribución asimétrica de la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento respecto a la estructura analizada). Normalmente no será necesario considerar este efecto cuando la resistencia al corte sin drenaje del suelo (s_u) sea superior al valor siguiente:

$$s_u \geq q \frac{DH}{a}$$

siendo:

q: presión vertical aplicada en superficie

D: diámetro del pilote o pila

H: espesor del estrato de suelo blando

a: 5 m² (valor aproximado)

Esta acción se define como una carga horizontal por unidad de superficie, considerando que actúa sobre la estructura en una anchura virtual función, entre

otros factores, del ancho de la zona cargada, del diámetro o ancho de la estructura en la dirección perpendicular el empuje y de los espaciamientos existentes entre los distintos elementos estructurales. La descripción y cuantificación detallada de la misma se incluye en el apartado 3.6.3.4.2 de la ROM 0.5-05.

o Empujes horizontales sobre pilotes en talud ($Q_{t,23}$)

En aquellos casos en que estructuras enterradas retengan o atraviesen masas de terreno potencialmente inestables o en movimiento (p.e. talud de derrame de tierras en una obra de atraque fija abierta de pilotes o de pilas) deberá tomarse en consideración la existencia de empujes horizontales parásitos ocasionados por el terreno sobre la estructura en el momento de la inestabilidad.

Esta acción se define como una carga horizontal aplicada a la pila o pilote a una determinada profundidad enterrada del mismo dentro de la masa deslizante definida por la línea de rotura crítica que haya conducido a su determinación (algunos métodos de cálculo consideran que el punto de aplicación se localiza a 2/3 de la profundidad enterrada del pilote o pila dentro de la masa deslizante). Esta carga total puede admitirse que se distribuye de manera linealmente creciente con la profundidad desde la superficie exterior de la masa deslizante hasta la intersección con la línea de deslizamiento. La descripción y la cuantificación detallada de esta acción pueden realizarse de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.6.3.4.3 de la ROM 0.5-05.

La estructura por debajo de la línea de rotura se considerará sometida a los empujes debidos a la actuación directa del terreno sobre elementos estructurales aislados ($Q_{t,15}$).

- Empujes adicionales debidos a la transmisión a través del terreno de acciones que actúan sobre las estructuras, los cimientos o la superficie del suelo y cuyo origen no está ligado al terreno ($Q_{t,3}$)

La cuantificación de los empujes adicionales debidos a la transmisión a través del terreno de acciones que actúan directamente sobre el mismo o a través de otras estructuras en los estados activo, pasivo y en reposo se incluye en los apartados 3.7.5 a 3.7.8 de la ROM 0.5-05 respectivamente.

Las leyes de empujes adicionales debidas a esta causa en los casos de estructuras lineales de pared rígida con desplazamiento lateral coartado y en las de pared flexible pueden obtenerse resolviendo el problema de interacción suelo-estructura, integrando las cargas actuantes sobre el terreno y la estructura, de acuerdo con lo dispuesto en esta Recomendación para la determinación de los empujes directos del terreno sobre este tipo de estructuras (Ver apartado 3.7.11.2. de la ROM 0.5-05). En la literatura técnica especializada pueden encontrarse aproximaciones teóricas de validez reconocida para algunos casos concretos.

Así mismo los empujes adicionales a considerar en los caso de terreno en situación confinada se definen en los apartados 3.7.9.1. Empuje activo en muros paralelos y 3.7.9.4. Efecto silo de la ROM 0.5-05.

4.6.4. Agentes de uso y explotación (q_v)

Los agentes de uso y explotación que afectan a una obra de atraque y amarre son aquellos asociados a la normal operativa y uso de la obra tanto por parte del buque como de la mercancía, del pasajero y de los modos de transporte terrestre, así como a las distintas operaciones portuarias necesarias para el embarque y desembarque de pasajeros y para la manipulación de las mercancías y su transferencia entre modos de transporte.

En función de su origen se diferencian los siguientes agentes de uso y explotación:

- Estacionamiento y almacenamiento de mercancías ($q_{v,1}$)
- Manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros ($q_{v,2}$)
- Tráfico terrestre ($q_{v,3}$)
- Operaciones de los buques ($q_{v,4}$)

Los agentes de uso y explotación tienen el carácter de variables en los estados representativos tanto de los ciclos de sollicitación asociados a condiciones extremas (en general condiciones de inoperatividad de la instalación de atraque) como en los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones de trabajo operativas). No obstante, cuando el estado de proyecto en condiciones operativas se defina por medio del valor límite de operatividad de uno o varios agentes de uso y explotación (o por medio de valores umbral de los agentes climáticos que provocan los diferentes modos de parada operativa), dichos agentes tendrán la consideración de permanentes en dicho estado. De igual forma los agentes de uso y explotación se considerarán de carácter permanente en los estados representativos de los ciclos de sollicitación asociados a la presentación de un agente extraordinario o insólito (condiciones de trabajo excepcionales).

Estos agentes no son excluyentes y por tanto compatibles entre sí, salvo que no puedan actuar simultáneamente debido a razones operativas o por ocupar el mismo espacio físico.²⁸ A su vez, dado que las cargas que definen a estos agentes son, en general, cargas compuestas formadas por la actuación simultánea de varios agentes que inciden sobre ellos (particularmente de los agentes del medio físico), puede considerarse que los agentes de uso y explotación son normalmente agentes dependientes, estando correlacionados entre sí y con los agentes que inciden en su cuantificación.

4.6.4.1 Estacionamiento y almacenamiento de mercancías ($q_{v,1}$)

²⁸ En cada uno de los apartados de esta Recomendación en los que se definen los diferentes agentes de uso y explotación se incluyen simplificaciones admisibles sobre la actuación simultánea de los diferentes agentes de uso y explotación, sobre la base de condiciones usuales de explotación portuaria, con el objeto de ayudar al proyectista a obtener las combinaciones más desfavorables para cada modo de fallo, reduciendo y sistematizando toda la casuística posible.

El agente estacionamiento y almacenamiento de mercancías está asociado fundamentalmente a los pesos de las mercancías y suministros depositados en las áreas de operación y almacenamiento en las que se divide la obra de atraque y amarre en planta, en las condiciones de depósito previstas.

Los parámetros que definen a este agente con carácter excluyente son:

- Sobrecarga vertical uniformemente repartida ($q_{v,1r}$)

- Combinación de cargas concentradas verticales ($q_{v,1p}$)

sin perjuicio de las cargas horizontales simultáneas, uniformes o concentradas, que correspondan, derivadas de la actuación del viento sobre las mercancías almacenadas.

Su distribución espacial se considera libre, limitada únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la obra de atraque y amarre. Se adoptará aquélla que produzca los efectos más desfavorables para el modo de fallo analizado.

Las sobrecargas y las cargas concentradas definidas no se consideran de actuación simultánea. La que debe considerarse en una ecuación de verificación depende del tipo de obra y del modo de fallo considerado. En general, las sobrecargas repartidas se tomarán en consideración para la verificación de modos de fallo “globales” como los correspondientes a la pérdida del equilibrio estático o los geotécnicos o de inestabilidad externa, independientemente de la tipología estructural. Por el contrario, la combinación de cargas puntuales se tomará en consideración para la verificación de modos de fallo “locales”, como por ejemplo los estructurales o de inestabilidad interna, particularmente en estructuras fijas abiertas y obras de pantallas.

En general, tanto para las formulaciones determinista o determinista-probabilista como probabilistas, las cargas y sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento se definirán a través de valores nominales o representativos, normalmente no determinados de forma estadística sino en base a los límites operativos establecidos por el promotor para cada área tomando en consideración las reglas y procedimientos de manipulación y transporte de las mercancías y los criterios de explotación, ambientales, legales o de seguridad que se consideren para la obra de atraque y amarre, así como la experiencia de explotación existente localmente para los diferentes usos de la obra de atraque y amarre y tipo de mercancía manipulada. Con carácter general se admitirá que el valor característico de estas cargas y sobrecargas es una estimación prudente del valor máximo que las mismas pueden alcanzar en la fase de proyecto considerada o bien, en su caso, de los límites establecidos en el reglamento de explotación de la instalación. A falta de análisis más detallados sobre la base de la experiencia en el emplazamiento, el resto de valores representativos podrá obtenerse considerando que la función de distribución a la que responden estas cargas es una función normal de media el 80 % del valor nominal y coeficiente de variación 0.15. A falta de datos estadísticos, también podrá utilizarse esta función de distribución en las formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación.

Cuando se disponga de una base estadística obtenida de instalaciones similares que permita la determinación de la función de distribución, podrá utilizarse dicha función en las formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación. En formulaciones deterministas o determinista-probabilistas, en este caso se adoptará como valor característico el correspondiente al cuantil de la probabilidad de no excedencia del 95 %.

Comentario

Recientes estudios estadísticos realizados en las principales terminales de contenedores en España han permitido estimar las siguientes funciones de distribución de los pesos de las columnas de contenedores (no vacíos) en función de la altura de apilamiento:

1 altura: Función normal $N(\bar{x}, \sigma) = N(190 \text{ kN}, 40 \text{ kN})$

2 alturas: Función normal $N(2\bar{x}, \sqrt{2}\sigma)$

3 alturas: Función normal $N(3\bar{x}, \sqrt{3}\sigma)$

4 alturas: Función normal $N(4\bar{x}, \sqrt{4}\sigma)$

5 alturas: Función normal $N(5\bar{x}, \sqrt{5}\sigma)$

Estos estudios han mostrado que dicha función de distribución puede considerarse representativa tanto de los contenedores de 20' como de 40', al no ser significativas las diferencias existentes entre los parámetros estadísticos obtenidos correspondientes a cada tipo de contenedores. Por dicha razón, para las cargas de estacionamiento y almacenamiento puede adoptarse idénticas funciones de distribución, considerando del lado de la seguridad para las sobrecargas que éstas son debidas a contenedores de 20' ($6.06 \times 2.44 \times 2.44 \text{ m}^3$) y para las cargas concentradas que son transmitidas por elementos de apoyo de esquina ($0.178 \times 0.172 \text{ m}^2$), considerando los contenedores apilados en bloque (4 esquinas juntas).

A partir de dichas hipótesis los valores representativos de las cargas y sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos se consignan en la tabla 4.6.4.1. Del lado de la seguridad, el valor de combinación fundamental se considerará igual al valor característico.

Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable para dicha verificación en cada condición de trabajo sea la combinación poco probable o fundamental se utilizarán asimismo los valores representativos consignados en la tabla 4.6.4.1. Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable sea la combinación frecuente o cuasi-permanente se adoptarán como valores representativos de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento los valores frecuentes o cuasi-permanentes definidos en dicha tabla para condiciones excepcionales.

Para valorar la operatividad de la instalación, no se consideran modos de parada operativa asociados a las cargas de estacionamiento y almacenamiento.

En ausencia de información estadística suficiente y fiable, los valores nominales de las sobrecargas y cargas de estacionamiento y almacenamiento a considerar para el proyecto de obras de atraque y amarre son las siguientes:

a) Sobrecargas repartidas

Una vez conocidos los usos y requerimientos operativos y funcionales establecidos por el promotor para la obra de atraque y amarre, así como las condiciones de explotación de la instalación, los valores nominales de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento para la fase de servicio se obtendrán a través de la siguiente formulación general, siempre que no se hayan fijado límites operativos o no se hayan previsto insta-

laciones específicas de almacenamiento como depósitos, silos, etc. de dimensiones definidas. En el caso de que se hayan fijado valores límites de explotación para las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento o se hayan previsto instalaciones específicas de almacenamiento, estos valores tendrán la consideración de valores nominales.

TABLA 4.6.4.1. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS CARGAS Y SOBRECARGAS DE ESTACIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos)

CONDICION DE TRABAJO ¹⁾	SIN BASE ESTADISTICA				CON BASE ESTADISTICA			
	Valor Característico (q _{v,1k})	Valor de Combinación Fundamental (ψ ₀ q _{v,1k})	Valor Frecuente (ψ ₁ q _{v,1k})	Valor cuasi Permanente (ψ ₂ q _{v,1k})	Valor Característico (q _{v,1k})	Valor de Combinación Fundamental (ψ ₀ q _{v,1k})	Valor Frecuente (ψ ₁ q _{v,1k})	Valor cuasi Permanente (ψ ₂ q _{v,1k})
Condiciones de trabajo Operativas (CT1) ²⁾	Valor nominal	Valor nominal	-----	-----	Cuantil del 95 % de la función de distribución	Cuantil del 95 % de la función de distribución	-----	-----
Condiciones de trabajo Extremas (CT2)	-----	Valor nominal	-----	-----	-----	Cuantil del 95 % de la función de distribución	-----	-----
Condiciones de trabajo Excepcionales no sísmicas (CT3,1 y CT3,2) ³⁾	-----	-----	0.95 x (Valor nominal)	0.80 x (Valor nominal)	-----	-----	Cuantil del 85 % de la función de distribución	Cuantil del 50 % de la función de distribución
Condiciones de trabajo extremas o excepcionales por presentación de una acción sísmica (CT3,31 y CT3,32)	-----	-----	-----	0.80 x (Valor nominal)	-----	-----	-----	Cuantil del 50 % de la función de distribución

NOTAS

1) En cada condición de trabajo se considerará simultáneamente la carga horizontal que corresponda derivada de la actuación del viento sobre las mercancías almacenadas de acuerdo a lo señalado en esta Recomendación, adoptando como valores representativos de la velocidad y dirección del viento los correspondientes al estado de proyecto analizado y como altura de las mercancías sobre la que actúa el viento la que le corresponda a cada valor representativo de la carga vertical, considerando que ésta se reduce en igual proporción que éste respecto al valor nominal. Por ejemplo, si las condiciones de trabajo normales operativas están definidas por un valor umbral de velocidad del viento en una determinada dirección se adoptará dicha velocidad y dirección del viento. En condiciones extremas, para probabilidades de fallo menores del 5 % se adoptará la velocidad del viento en la dirección considerada correspondiente a un periodo de retorno de 50 años o de 5 años respectivamente, dependiendo si el viento es el agente climático predominante que define el estado meteorológico de proyecto considerado o no es el predominante pero es independiente de éste (Ver tabla 4.6.2.2.). En ambos casos la altura de las mercancías a adoptar será la que corresponde al valor nominal de las cargas verticales.

2) No se consideran modos de parada operativa asociados a las cargas de estacionamiento y almacenamiento, aunque si que debe considerarse la actuación simultánea de dichas acciones en la verificación de la obra en cualquiera de las condiciones de trabajo operativas que se analicen (operación de atraque, permanencia de buques, ...). En esos casos no se considerará que las cargas y sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento son las cargas variables predominantes de la combinación de acciones al haberse adoptado el valor de combinación igual al valor característico.

3) Para la verificación de modos de fallos adscritos a estados límite últimos en condiciones de trabajo excepcionales (CT3,1 y CT3,2) se adoptará el valor frecuente o el valor cuasi-permanente en función de que las cargas de estacionamiento y almacenamiento se consideren o no las cargas variables predominantes para el modo de fallo analizado.

- Para todos los usos, excepto contenedores

$$q_{v,1rk} = 0.8 \gamma_{ap} H_{a,max} \quad , \text{ siendo:}$$

- γ_{ap} : Peso específico aparente de la mercancía o suministros que van a estacionarse o almacenarse en la obra de atraque, considerando tanto la naturaleza y tipo de mercancía como su forma de presentación y, en su caso, elemento de transporte, en las condiciones medioambientales más desfavorables. Para materiales con poca capacidad de drenaje, situados a la intemperie o regados con asiduidad deberá utilizarse el peso específico saturado en el metro superior, salvo que existan experiencias locales que apoyen otra hipótesis. A falta de otros datos, podrán tomarse para las mercancías más usuales en zonas portuarias, tanto a granel como envasadas o ubicadas en diferentes elementos de transporte

(contenedores, semirremolques, etc.), los valores de pesos específicos aparentes consignados en la tabla 4.6.4.2.

- $H_{a,max}$: Altura máxima de estacionamiento o almacenamiento de la mercancía o suministro. A falta de prescripciones específicas del promotor, el proyectista fijará justificadamente la altura máxima de estacionamiento y almacenamiento en base a las condiciones de explotación establecidas para la zona y área considerada, tomando en consideración fundamentalmente:
 - La zona considerada y el uso de la misma
 - La naturaleza y tipo de mercancía o suministro, así como su forma de presentación
 - Las características de los equipos e instalaciones de manipulación
 - El lugar de almacenamiento (explanadas exteriores o instalaciones específicas (tinglados, depósitos, muros de retención,...))
 - El talud natural de los graneles sólidos ($\text{ctg } \phi$, siendo ϕ el ángulo de rozamiento interno del material) en relación con el espacio disponible en planta (Ver tabla 4.6.4.2).

Los valores de este parámetro en explanadas exteriores, considerando condiciones usuales de explotación de cada mercancía, se consignan en la tabla 4.6.4.3.

- Para usos de contenedores

- $q_{v,lrk} = 15 \text{ kN/m}^2$, para contenedores vacíos apilados en hasta 4 alturas
- $q_{v,lrk} = 18 \text{ kN/m}^2$, para contenedores llenos apilados en 1 altura
- $q_{v,lrk} = 30 \text{ kN/m}^2$, para contenedores llenos apilados en 2 alturas
- $q_{v,lrk} = 45 \text{ kN/m}^2$, para contenedores llenos apilados en 3 alturas
- $q_{v,lrk} = 60 \text{ kN/m}^2$, para contenedores llenos apilados en 4 alturas
- $q_{v,lrk} = 75 \text{ kN/m}^2$, para contenedores llenos apilados en 5 alturas

Simultáneamente con las sobrecargas repartidas verticales y con la misma distribución espacial que éstas se considerará una sobrecarga repartida horizontal debida a la acción del viento actuante sobre las mercancías estacionadas o almacenadas, adoptando como valor representativo de la velocidad del viento en magnitud y dirección el correspondiente al estado de proyecto considerado (Ver nota de la tabla 4.6.4.1.). Las cargas de viento sobre las mercancías estacionadas o almacenadas se determinarán de acuerdo con lo dispuesto en los apartados 3.2.2.2 a 3.2.2.5 de la ROM 0.4-95. Las superficies expuestas al viento se fijarán de forma compatible con las alturas de estacionamiento o almacenamiento asociadas con los distintos valores representativos de las sobrecargas verticales. Con los valores nominales de las sobrecargas verticales se adoptarán las siguientes alturas: $0.8H_{a,max}$ para todos los usos excepto contenedores y altura de apilado para usos de contenedores. Con el resto de valores representativos de las sobrecargas verticales se considerará que la altura de apilamiento o almacenamiento se reduce en igual proporción que la de estos valores respecto al valor nominal.

Para las fases de construcción, reparación y desmantelamiento, se adoptarán como valores nominales de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento los compatibles con las necesidades de estacionamiento o acumulación de materiales previstas durante los procesos constructivos, de reparación o desmantelamiento.

TABLA 4.6.4.2. PESOS ESPECÍFICOS APARENTES Y ÁNGULOS DE ROZAMIENTO INTERNO DE MERCANCÍAS Y SUMINISTROS USUALES ESTACIONADOS O ALMACENADOS EN ZONAS PORTUARIAS, SEGÚN FORMA DE PRESENTACIÓN

GRANELES	γ_{ap} (kN/m ³)	ϕ (°)	MERCANCÍAS APILADAS	γ_{ap} (kN/m ³)	
GRANELES SÓLIDOS					
MINERALES			MINERALES		
Alumina	17	35	Bauxita (en sacos)	9	
Mineral de aluminio (bauxita)	14	50(hum)/28(sec)	Mineral de cromo (en cajas)	25	
Mineral de cobre (piritas)	26	45	Mineral de manganeso (en sacos)	15	
Mineral de cromo	26	40	Mineral de níquel (en sacos)	16.5	
Mineral de estaño (casiterita)	20	38	Mineral de níquel (en barriles)	14.5	
Mineral de hierro (limonita y magnetita)	30	40	PRODUCTOS METALÚRGICOS Y SIDERÚRGICOS		
Mineral de magnesio	15	35			
Mineral de manganeso	24	45			
Mineral de plomo (galena)	28	40			
Mineral de zinc (blenda)	18	38			
Pirita tostada	14	45			
				Acero (en barras)	30
				Acero (en bobinas)	28
				Acero (en lingotes)	36
				Acero (en planchas)	35
			Aluminio (en lingotes)	12.5	
			Cobre (en bobinas)	11	
			Cobre (en lingotes)	35	
			Cobre (en planchas)	35	
			Estaño (en lingotes)	34	
			Zinc (en lingotes)	25	
PRODUCTOS QUÍMICOS					
Abonos artificiales	12	40			
Abonos minerales	12	30			
Azufre	12	40			
Carburo	9	30			
Fosfatos	11	35			
Potasas	11	35			
COMBUSTIBLES SÓLIDOS			PRODUCTOS QUÍMICOS		
Briquetas de lignito amontonadas	8	30	Azufre (en sacos)	10	
Carbón de leña en trozos	4	45	Azufre (en barriles)	7.5	
Coque de hulla	5	40	Fertilizantes (en sacos)	9	
Hulla en bruto húmeda	10	45	Potasas (en sacos)	10	
Hulla pulverizada	7	25	COMBUSTIBLES SÓLIDOS		
Hulla en residuos de lavadero	12	0			
Hulla en otras formas	8.5	30			
Leña en astillas	2	45			
Leña troceada	4	45			
Lignito seco	7	35			
Lignito húmedo	10	40			
Serrín de madera asentado o húmedo	5	45			
Serrín de madera suelto	2.5	45			
Turba seca	1.0	35			
Turba húmeda	9.5	-			
			Briquetas de lignito (apiladas)	13	
			Turba (en pacas)	5	
			MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		
				Arena (en cajas)	6
				Caolín (en sacos)	7.7
				Cemento (en sacos) (en barriles)	15 10
			Yeso (en sacos)	8.3	
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			MADERAS Y DERIVADOS		
Arena seca	17	30	Caucho (en balas, sacos o cajas)	5	
Arena saturada	20	30	Caucho (en láminas)	6	
Arena de pómez	7	35	Corcho	2.4	
Cal en polvo	13	25	Madera blanda	7	
Cal en terrón	13	45	Madera dura	10	
Caolín	9.5	35	Papel (en bobinas)	15	
Cascote o polvo de ladrillos	13	35	Papel (en fardos)	11	
Cemento en polvo	16	25	Pasta de papel (balas prensadas)	6	
Cenizas volantes	14	25	Serrín (en sacos)	3	
Clinker de cemento	15	30	Tableros	6.5	
Escoria de alto horno granulada	12	25	Traviesas	7.7	
Escoria de alto horno troceada	17	40	PRODUCTOS ALIMENTICIOS		
Escoria de alto horno machacada espumada	9.0	35			
Granito labrado	13	35		Arroz (en barriles)	5.3
Grava seca	16	40		Arroz (en sacos)	7
Grava saturada	20	40		Avena (en sacos)	4.3
Mármol labrado	13	35		Azúcar (en sacos)	16
Piedra caliza (en rocas)	17	35		Bebidas (en barriles)	6
Piedra partida	18	40		Café (en sacos)	5.5
Yeso y escayola	15	25		Carne congelada (en cajas)	4.8
				Carne congelada (en sacos)	4.4
			Carne en lata (en cajas)	6	
			Cebada (en sacos)	6	
			Centeno (en sacos)	6.3	
PRODUCTOS DE DESECHO					
Basuras de demolición	13	35			
Escombros urbanos	6	-			
Estiércol apelmazado	18	45			

Estiércol suelto	12	45	Cocos (en cajas)	4
Chatarra pesada	16	35	Cocos (en sacos)	5.3
Chatarra ligera	12	30	Cítricos (en cajas)	4
PRODUCTOS ALIMENTICIOS			Haba de soja (en sacos)	7.2
Azúcar	10	35	Harinas (en barriles)	6.6
Carne congelada	3.5	-	Harinas (en sacos)	8.5
Cereales:			Huesos (en sacos)	6
Arroz	6	25	Leche condensada (en barriles)	5
Avena	5	30	Leche condensada (en cajas)	5
Cebada	6.5	25	Leche en polvo (en sacos)	5.3
Centeno	8	35	Maíz (en sacos)	6.5
Maíz	7.5	25	Mantequilla (en barriles o cajas)	6
Mijo	7	25	Pescado fresco o congelado (en cajas)	5
Trigo	7.5	25	Plátanos (en cajas)	2.6
Colza	7	25	Queso (en cajas)	7
Forrajes	1.7	-	Sal (en cajas)	7
Frutas y hortalizas	7.5	30	Sal (en sacos)	9
Haba de soja	8.5	60	Semillas de girasol (en cajas)	5
Harina de cereal o soja	6	45	Semillas de girasol (en sacos)	4.8
Harina de pescado	8	45	Tapioca (en sacos)	6.5
Hielo (en bloques)	8.5	-	Té (en fardos)	3.5
Huesos	4	-	Trigo (en sacos)	6.5
Legumbres	8	30	Tubérculos (en cajas)	4
Malta triturada	4	45	Tubérculos (en sacos)	6
Piensos	5	45	Uvas (en cajas)	2.5
Remolacha azucarera desecada y cortada			Vegetales (en cajas)	6
Sal común	3	40	Vegetales (en sacos)	5
Sal de roca	12	40		
Semillas de girasol	22	45	PRODUCTOS ANIMALES Y VEGETALES	
Sémola	5.5	-	Algodón (en balas)	3.7
Tubérculos	5.5	30	Esparto (en balas)	2.5
	7.5	30	Heno (en pacas)	3
PRODUCTOS VEGETALES			Heno (en balas)	7
Lino	6	25	Lana (en balas prensadas)	13
GRANELES LÍQUIDOS			Pieles húmedas (en balas)	5.5
PRODUCTOS PETROLÍFEROS			Pieles secas (en balas)	2
Alquitrán	10-13	-	Pieles secas (en balas prensadas)	10
Betún	14	-	Tabaco (en pacas)	5.0
Crudo de petróleo	7.5-10	-		
Fueloil	8-10	-	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	
Gasoil	8	-	Productos petrolíferos (en barril)	5
Gasolina	7.5	-		
Gases licuados (gas natural, metano,...)	5-7	-	ACEITES	
Keroseno	8.3	-	De pescado (en barriles)	6
PRODUCTOS QUÍMICOS			Látex (en barriles)	7
Acido clorhídrico al 40 %	12	-	Melazas (en barriles)	5.5
Acido nítrico al 40 %	12.5	-	Vegetales (en barriles)	5.5
Acido sulfúrico al 50 %	14	-		
Acetona	8	-	VEHÍCULOS	
Alcohol etílico	8	-	Vehículos a motor	2.5
Anilina	10	-	Vehículos a motor (chatarra en jaulas)	10
Bencina	7	-		
Benzol	9	-		
Sulfuro de carbono	13	-		
ACEITES				
De creosota	11	-		
De linaza	9.5	-		
De minerales	9.3	-		
De pescado	9	-		
De ricino	9.7	-		
Glicerol (glicerina)	12.3	-		
Látex	10	-		
Melazas	12.5	-		
Vegetal	9.2	-		
VINOS, BEBIDAS Y DERIVADOS				
Agua dulce	9.8	-		
Agua salada	10.1	-		
Cerveza	10.1	-		
Leche	10.1	-		
Vino	10	-		

TABLA 4.6.4.3. ALTURAS MÁXIMAS USUALES DE APILAMIENTO DE MERCANCÍAS Y SUMINISTROS EN EXPLANADAS EXTERIORES DE ÁREAS PORTUARIAS (considerando condiciones usuales de explotación) ¹⁾

USOS	NATURALEZA Y TIPO DE MERCANCÍA O SUMINISTRO	H _{a,max} (en m)		
		En área de operación	En área de almacenamiento	
COMERCIAL	GRANELES SÓLIDOS			
	Ordinarios o pulverulentos	3.00	10.00	
	Pesados (minerales)	3.00	15.00	
	MERCANCÍA GENERAL CONVENCIONAL			
	Paletizada	2.00	5.00	
	No paletizada	Ordinaria Pesada	3.00 2.00	7.00 5.00
	En barriles	2.00	5.00	
	Vehículos vacíos (sin instalación específica de almacenamiento)	1.50 (1 altura)	1.50 (1 altura)	
	CONTENEDORES			
	Estacionamiento y almacenamiento sin plataforma o semirremolque	5.00 (2 alturas)	5.00-12.00 (2-5 alturas)	
	SUMINISTROS PASAJEROS			
Paletizados	2.00	-		
No paletizados	3.00	-		
PESQUERO	Pescado (en cajas) y suministros	2.50	2.50	
NÁUTICO-DEPORTIVO	Suministros	2.00	2.50	
INDUSTRIAL		3.00 ²⁾	3.00 ²⁾	
MILITAR	Suministros	3.00	3.00	

NOTAS

¹⁾ Las alturas máximas de apilamiento de mercancías y suministros consignadas en esta tabla son las usuales cuando se almacenan en explanadas exteriores sin instalaciones específicas de almacenamiento. En instalaciones específicas de almacenamiento (depósitos, tanques, silos ...) pueden alcanzarse alturas mayores de 20 -30 m.

²⁾ Las alturas que se incluyen en esta tabla son de aplicación para obras de atraque de instalaciones dedicadas tanto a la construcción y reparación de buques como de plataformas offshore. Para otros usos industriales asociados con la recepción o salida de materias primas, así como de productos elaborados, coincidirán con las correspondientes establecidas para el uso comercial equivalente.

• **Sobrecargas verticales mínimas**

No obstante lo anterior, en previsión de posibles variaciones en las condiciones de utilización y criterios de explotación de la obra de atraque y amarre durante las diferentes fases de proyecto, es recomendable que se adopten como mínimo como valores nominales de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento los consignados en la tabla 4.6.4.4 en función de las fases de proyecto y, en el caso de la fase de servicio, de los usos y sistemas de manipulación genéricos asignados a la obra de atraque y amarre. La verificación de la obra con la sobrecarga mínima no excluirá su comprobación con sobrecargas mayores surgidas de la concepción del proyecto.

b) Cargas concentradas

Las cargas concentradas de estacionamiento y almacenamiento dependen de los usos y requerimientos operativos y funcionales establecidos por el promotor para la obra de atraque y amarre y, fundamentalmente, de los sistemas para el apoyo de las mercancías (p.e. durmientes), así como de los elementos de transporte (p.e. contenedores, semirre-

molques, etc.) que se prevea que utilicen la obra de atraque y amarre. Los valores nominales de dichas cargas coincidirán con los límites operativos fijados, en su caso, por el promotor para la fase de servicio en función de las condiciones de explotación establecidas para la instalación, así como por el promotor o por el proyectista para las fases de construcción, reparación y desmantelamiento.

Con las cargas concentradas verticales de estacionamiento y almacenamiento no se considerarán cargas horizontales de actuación simultánea derivadas de la acción del viento sobre las mercancías estacionadas o almacenadas.

- **Cargas concentradas mínimas**

En el caso de que no se hayan fijado valores límites de explotación, se adoptarán para usos comerciales los siguientes valores nominales de las cargas concentradas mínimas de estacionamiento y almacenamiento en fase de servicio:

- Para graneles sólidos

No se consideran cargas concentradas mínimas de estacionamiento y almacenamiento (están cubiertas por las de tráfico viario).

- Para mercancía general convencional

- En el área de operación

Ordinaria: $q_{v,1pk} = 400$ kN, con presiones de contacto de 0.80 MPa

Pesada: $q_{v,1pk} = 900$ kN, con presiones de contacto de 1.80 MPa

- En el área de almacenamiento

Ordinaria: $q_{v,1pk} = 700$ kN, con presiones de contacto de 1.50 MPa

Pesada: $q_{v,1pk} = 1200$ kN, con presiones de contacto de 2.00 MPa

y superficies de reparto cuadradas en todos los casos.

- Para contenedores

En función de la altura de apilamiento establecida por el promotor para cada una de las áreas, las cargas concentradas mínimas serán:

- $q_{v,1pk}=150$ kN, con presiones de contacto de 1.30 MPa (equivale a contenedores vacíos de 40' apilados en bloque y 4 alturas).

- $q_{v,1pk}=300$ kN, con presiones de contacto de 2.60 MPa (equivale a contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 1 altura).

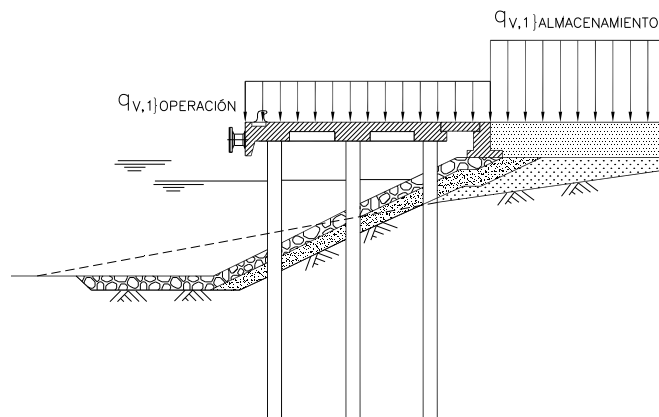
- $q_{v,1pk}=530$ kN, con presiones de contacto de 4.60 MPa (equivale a contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 2 alturas).

- $q_{v,1pk}=710$ kN, con presiones de contacto de 6.20 MPa (equivale a contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 3 alturas).

- $q_{v,1pk}=825$ kN, con presiones de contacto de 7.20 MPa (equivale a contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 4 alturas).

- $q_{v,1pk}=880$ kN, con presiones de contacto de 7.70 MPa (equivale a contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 5 alturas).

TABLA 4.6.4.4. VALORES NOMINALES MÍNIMOS PARA LAS SOBRECARGAS POR ESTACIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO EN OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE



EN LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN, REPARACIÓN Y DESMANTELAMIENTO

	Área Operación ¹⁾		Área Almacenamiento ¹⁾	
	$q_{v,1rk}$ (kN/m ²)	H_a ³⁾ (m)	$q_{v,1rk}$ (kN/m ²)	H_a ³⁾ (m)
2)	10	2.5	10	2.5

EN LA FASE DE SERVICIO

USOS	SISTEMAS PARA MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS	Área Operación ¹⁾		Área Almacenamiento ¹⁾				
		$q_{v,1rk}$ (kN/m ²)	H_a ³⁾ (m)	$q_{v,1rk}$ (kN/m ²)	H_a ³⁾ (m)			
USO COMERCIAL	GRANELES LÍQUIDOS		10 ⁴⁾	1.5	----- ⁵⁾			
	GRANELES SÓLIDOS	ORDINARIOS O PULVERULENTOS	Sistemas continuos	10	1.5	100	8.0	
		PESADOS	Sistemas discontinuos	30	2.5	200	12.0	
			Sistemas continuos	10	1.5			
		MERCANCÍA GENERAL	CARGA CONVENCIONAL	Ordinaria	Sistemas discontinuos por elevación	30	2.5	60
	Pesada			Sistemas discontinuos por elevación	60	1.5	100	4.0
	CONTENEDORES		Sistemas discontinuos por elevación	20	2.5 ⁶⁾	60	10 ⁷⁾	
	RO-RO Y FERRIS		Medios rodantes	30	2.5	50	4.0	
			Medios rodantes + elevación					
	MULTIPROPÓSITO		Medios rodantes+elevación	30	2.5	100	8.0	
	PASAJEROS	FERRIS	Medios rodantes	10	1.5	50	4.0	
			Medios rodantes+elevación	20	2.5			
		CRUCEROS Y OTRAS		10	1.5	20	2.5	
	USO PESQUERO			15	2.0	15	2.0	
USO NÁUTICO-DEPORTIVO	NO ACCESIBLES AL TRÁFICO RODADO		5	0.8	-----	-----		
	ACCESIBLES AL TRÁFICO RODADO		10	1.5	15	2.0		
USO INDUSTRIAL			100 ⁸⁾	2.5	100 ⁸⁾	2.5		
USO MILITAR			50	4.0	50	4.0		

NOTAS

- ¹⁾ Las áreas de operación y almacenamiento se definen de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.2.1.5. de esta Recomendación. Si durante la fase de redacción del proyecto el promotor no determinara las condiciones de uso y explotación de la instalación se considerará únicamente la sobrecarga mínima correspondiente al área de almacenamiento, afectando a toda la obra de atraque y amarre.
- ²⁾ Las sobrecargas mínimas de estacionamiento y almacenamiento en las fases de construcción, reparación y desmantelamiento no serán de aplicación a las obras de atraque y amarre flotantes ni a las fijas que no sean accesibles al tráfico viario.
- ³⁾ Alturas de apilamiento a los efectos de definir las sobrecargas horizontales debidas a la actuación del viento sobre las mercancías estacionadas o almacenadas compatibles con las sobrecargas verticales mínimas consignadas en esta tabla.

- ⁴⁾ Las sobrecargas mínimas de estacionamiento y almacenamiento en la fase de servicio en obras de atraque y amarre para graneles líquidos, correspondiente al área de operación, no serán de aplicación a monoboys, campos de boyas y otras obras flotantes que no sean accesibles al tráfico viario.
- ⁵⁾ En general, las obras de atraque y amarre para graneles líquidos manipulados mediante sistemas continuos carecen propiamente de un área de almacenamiento aneja a la obra de atraque (monoboys, campo de boya o pantalán discontinuo) con efectos para la verificación de la misma. Por dicha razón, no se proponen sobrecargas mínimas en áreas de almacenamiento para estos usos. En el caso de que existiera previsiones de almacenamiento anejo a la obra de atraque, deberán considerarse específicamente las características y distribución de los depósitos asociados a cada tipo de granel líquido, y una sobrecarga de 20 kN/m² en el espacio entre depósitos.
- ⁶⁾ Equivale a una altura de estacionamiento de un contenedor.
- ⁷⁾ Equivale a una altura de almacenamiento de cuatro contenedores.
- ⁸⁾ Las sobrecargas mínimas son de aplicación para las obras de atraque de instalaciones dedicadas tanto a la construcción y reparación de buques como de plataformas offshore. Para otros usos industriales asociados con la recepción o salida de materias primas, así como de productos elaborados, coincidirán con las correspondientes establecidas para el uso comercial equivalente.

En el caso de que los criterios de explotación establezcan específicamente apilamientos en fila podrán reducirse las cargas concentradas anteriores a la mitad, manteniéndose las presiones de contacto.

No obstante, en previsión de posibles variaciones en los criterios de explotación es recomendable adoptar como mínimo la carga concentrada definida para apilamiento en bloque y una altura en áreas de operación, así como la correspondiente a apilamiento en bloque y 4 alturas en áreas de almacenamiento.

- Para ro-ro, ferris y pasajeros

- $q_{v,1pk}=70$ kN, con presiones de contacto de 40 MPa ²⁹

- Para multipropósito

Se considerarán las cargas concentradas y presiones definidas para mercancía general convencional ordinaria.

- Para graneles líquidos, así como para los usos pesquero y náutico-deportivo, en áreas accesibles al tráfico rodado, se considerarán las cargas concentradas definidas para ro-ro, ferris y pasajeros. Para estos usos, en áreas no accesibles al tráfico rodado se considerará una carga concentrada de estacionamiento y almacenamiento de 4.5 kN.

- Para usos industriales se aplicarán las cargas concentradas correspondientes a carga convencional pesada en obras de atraque de instalaciones dedicadas a la construcción y reparación de buques, así como a la construcción o reparación de plataformas offshore. Para otros usos industriales asociados con la recepción o salida de materias primas, así como de productos elaborados, las cargas concentradas de estacionamiento y almacenamiento coincidirán con las correspondientes establecidas para el uso comercial equivalente.

- Para uso militar se considerarán tanto las cargas concentradas definidas para carga convencional ordinaria como las definidas para ro-ro, ferris y pasajeros.

²⁹ Del lado de la seguridad, se consideran la carga y presión de contacto debidas a las ruedas metálicas de 0.088 m de anchura y 0.225 m de diámetro que sirven de apoyo a un semirremolque estacionado.

4.6.4.1.1 *Formulación de las acciones debidas a los agentes de estacionamiento y almacenamiento ($Q_{v,1}$)*

Las sobrecargas y cargas concentradas de estacionamiento y almacenamiento solicitan a las obras de atraque y amarre bien de forma directa, bien indirectamente a través de otros elementos estructurales, superestructuras o capas de reparto, así como aumentando los pesos y empujes producidos por el terreno natural o los rellenos sobre los que actúan.

Los criterios de distribución de dichas cargas tanto cuando actúan directamente sobre un elemento estructural como cuando lo hacen indirectamente a través de otros elementos estructurales, superestructuras o capas de reparto, así como a través de rellenos son idénticos a los establecidos en esta Recomendación para las acciones debidas a los agentes de manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros (ver apartado 4.6.4.2.5.).

Los pesos y empujes adicionales debidos a las sobrecargas y cargas de estacionamiento y almacenamiento pueden obtenerse de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.6 de la ROM 0.5-05 para las obras fijas abiertas y en el apartado 3.7 de la misma Recomendación para las obras fijas cerradas.

Para cada estado de proyecto, las acciones de estacionamiento y almacenamiento tendrán igual consideración que el agente, independientemente de que éste actúe directa o indirectamente sobre la obra de atraque. Así mismo, los valores representativos de estas acciones y sus funciones de distribución pueden obtenerse o derivarse de los correspondientes al agente causante por medio de las relaciones funcionales existentes entre ambos.

4.6.4.2 *Manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros ($q_{v,2}$)*

4.6.4.2.1 *Manipulación de mercancías en áreas de operación*

El agente manipulación de mercancías en las áreas de operación está asociado con las cargas transmitidas por los equipos e instalaciones necesarios para la realización de las actividades de carga, descarga, estiba, desestiba y trasbordo, las cuales permiten la transferencia de las mercancías entre buques o entre éstos y tierra u otros medios de transporte, así como para las actividades de transporte horizontal y depósito necesarias para el estacionamiento de las mismas en las condiciones previstas en dicha área y para su traslado a las áreas de almacenamiento o a otras zonas dentro o fuera de la zona de servicio del puerto.

En las obras de atraque y amarre se distinguirán los siguientes agentes de operaciones de manipulación de mercancías en áreas de operación en función del sistema de manipulación considerado para las operaciones de carga, descarga, estiba, desestiba o trasbordo, compatible con los usos y los requerimientos operativos establecidos para la obra de atraque y amarre (ver tabla 2.3.1), y de su variabilidad espacial:

- Mediante sistemas discontinuos por elevación ($q_{v,21}$)
 - o Equipos fijos y de movilidad restringida ($q_{v,211}$), como grúas y pórticos que bien son fijos o circulan sobre carriles o bandas con limitación de movimientos según un eje de traslación.
 - o Equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación ($q_{v,212}$), como grúas móviles sobre neumáticos u orugas sin limitación direccional de movimientos.
 - o Equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito sobre neumáticos de movilidad no restringida ($q_{v,213}$), como carretillas elevadoras frontales (forklift truck) o laterales (side loader truck), carretillas puente (straddle carriers), carretillas lanzadera (shuttle carriers) y apiladores de alcance (reach stackers).

- Mediante sistemas discontinuos por medios rodantes ($q_{v,22}$)
 - o Equipos de movilidad no restringida ($q_{v,22,1}$), como cabezas tractoras con remolque (Roll trailers) y carretillas elevadoras.

- Mediante sistemas continuos ($q_{v,23}$)
 - o Sistemas de carga y descarga de graneles líquidos ($q_{v,231}$), como mangueras, tuberías flexibles y brazos articulados que pueden ser fijos, de movilidad restringida con limitación de movimientos según un eje de traslación e incluso de movilidad no restringida sobre chasis.
 - o Sistemas de carga y descarga de graneles sólidos ($q_{v,232}$), como cargadores (longitudinal, en arco o lineal) o descargadores (elevadores de tornillo o de cangilones, rotopalas,...), montados en general sobre equipos fijos o de movilidad restringida.

Excepto en el caso de sistemas fijos, de movilidad restringida y continuos la distribución espacial de las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de mercancías se considera libre, limitada únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la obra de atraque y amarre. Se adoptará aquélla que produzca los efectos más desfavorables para el modo de fallo analizado. De igual forma, la distribución espacial de las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de mercancías de movilidad restringida se considerará libre en su banda de rodadura.

Las cargas debidas a las operaciones de manipulación de mercancías asociadas con cada diferente tipo de sistema de manipulación no se considerarán entre sí de actuación simultánea por razones operativas. Incluso en aquellas obras de atraque y amarre en las que se considere que el sistema de manipulación de mercancías pueda ser simultáneamente por elevación y por medios rodantes (obras de atraque de uso comercial ro-ro, ferris y multipropósito) no se considerarán entre sí de actuación simultánea en el mismo espacio físico al ser común por criterios de seguridad alejar lo máximo posible en el espacio este tipo de maniobras.

A su vez, los diferentes tipos de equipos que pueden operar formando parte de un mismo sistema de manipulación son, en principio, compatibles entre sí, salvo que ocupen el mismo espacio físico o la operación conjunta simultánea no sea posible. No obstante,

salvo que el promotor lo establezca específicamente en los criterios de explotación de la instalación, simplificada en operaciones mediante sistemas discontinuos por elevación no se considerarán de actuación simultánea equipos de elevación fijos y de movilidad restringida (p.e. grúas pórtico) con equipos de elevación de movilidad no restringida (p.e. grúas móviles).

En general, en base a condiciones usuales de explotación portuaria, para la verificación de modos de fallo “globales” será suficiente considerar de forma simplificada sobre el área de operación la más desfavorable para el modo de fallo una vez analizadas las siguientes combinaciones:

- Cuando la manipulación de mercancías se realiza mediante sistemas discontinuos por elevación:
 - o (Cargas transmitidas por los equipos de elevación fijos y de movilidad restringida) + (la más desfavorable de las siguientes (sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento ó cargas de tráfico terrestre))
 - o (Cargas transmitidas por los equipos de elevación fijos y de movilidad restringida) + (la más desfavorable de las siguientes (carga transmitida por un equipo auxiliar de transporte horizontal y depósito))
 - o (Cargas transmitidas por los equipos de elevación de movilidad no restringida) + (la más desfavorable de las siguientes (sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento ó cargas de tráfico terrestre ferroviario))
 - o (Cargas transmitidas por los equipos de elevación de movilidad no restringida) + (la más desfavorable de las siguientes (carga transmitida por un equipo auxiliar de transporte horizontal y depósito))

- Cuando la manipulación de mercancías se realiza mediante sistemas discontinuos por medios rodantes:
 - o La más desfavorable de las siguientes (cargas transmitidas por un equipo con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes ó sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento ó cargas de tráfico terrestre ferroviario)

- Cuando la manipulación de mercancía se realiza mediante sistemas continuos:
 - o (Carga transmitida por el sistema continuo) + (la más desfavorable de las siguientes (sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento ó cargas de tráfico terrestre))

Dichas combinaciones se reducirán o simplificarán en aquellas condiciones de trabajo en las que algunas de las cargas son nulas (p.e. en condiciones extremas y excepcionales debidas a la actuación de viento extraordinario, las cargas transmitidas por los equipos de movilidad no restringida y las correspondientes a tráfico viario son nulas).

Para la verificación de modos de fallo “locales” (estructurales o de inestabilidad interna) en aquellas obras de atraque y amarre en las que sea necesario comprobar dichos modos de fallo (particularmente las fijas abiertas, de pantallas y flotantes) deberán tomarse en consideración alternativamente las cargas concentradas más desfavorables transmitidas por los equipos de manipulación considerados, así como las debidas a las mercancías estacionadas o almacenadas y al tráfico terrestre. A estos efectos, no se considerará la actuación simultánea de este tipo de cargas cuando correspondan a diferentes equipos o elementos.

4.6.4.2.1.1 Cargas transmitidas por sistemas discontinuos de carga y descarga del buque por elevación ($q_{v,21}$)

4.6.4.2.1.1.1 Cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación ($q_{v,211}$)

Las cargas transmitidas por los equipos fijos y de movilidad restringida a las obras de atraque y amarre están asociadas fundamentalmente con los siguientes factores:

- Configuración geométrica del equipo, particularmente en la interfase equipo/obra de atraque (equipo fijo o en el caso de equipos de movilidad restringida: distancia entre carriles o bandas de circulación, espacio entre patas, número de ruedas por pata y separación de las mismas, distancia entre topes, disposición de los sistemas de anclaje, ...).
- Peso propio del equipo, incluyendo el peso de los sistemas o dispositivos de elevación o carga (gancho, cuchara o spreader) y, en su caso, de traslación de la carga (carro o trolley).
- Capacidad de elevación del equipo en relación con su alcance.
- Efectos inerciales asociados con el movimiento del equipo y con la elevación de la carga (aceleraciones en los sistemas de elevación y traslación de las cargas, aceleraciones en los movimientos de traslación del equipo, ...)
- Los efectos de los agentes del medio físico, particularmente el viento, la nieve y el sismo.

Los parámetros que definen a este agente se incluyen en la tabla 4.6.4.5. Para una determinada configuración del equipo y posición de la carga manipulada, en general, este agente se define mediante las cargas puntuales, verticales y horizontales, transversales y longitudinales, y momentos transmitidos directamente a la infraestructura o al cimiento en el caso del equipo fijo o, en el caso de equipos de movilidad restringida, a través de las ruedas que situadas en cada una de las patas permiten la movilidad del equipo, así como por los anclajes y brochados en aquéllos estados de proyecto en los cuales se considere la inmovilización de éste.

En el caso de los equipos de movilidad restringida, su distribución espacial se considerará libre en su banda de circulación, con las restricciones asociadas a la configuración geométrica de los equipos, limitada únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para los mismos. Por condiciones de explotación de la instalación, así como por exigencias de seguridad en las operaciones de carga-descarga es recomendable que la distancia entre el cantil de la obra de atraque y el eje del carril lado mar sea mayor de 2.50 m³⁰, debiéndose garantizar una distancia mínima entre el cantil y la cabina de operación del equipo mayor de 1.50 m para evitar su posible colisión.

³⁰ Esta recomendación tiene un carácter general, sin perjuicio de que en algunos casos puede generar dificultades en la cimentación del equipo que no haga conveniente dicha disposición. Por ejemplo en obras de atraque de pantallas, con el objeto de poder apoyar las patas del equipo lado mar sobre la pantalla, pueden admitirse excepcionalmente distancias menores entre el cantil y la vía lado mar, pero nunca menores de 0.80 m. Por otra parte, salvo que las condiciones de explotación establecidas para la instalación de atraque lo exijan específicamente (p.e. separación de flujos de vehículos automáticos y manuales) no es conveniente aumentar demasiado esta distancia ya que encarece el equipo de manipulación para conseguir el mismo alcance efectivo.

sión con el buque, bien atracado o durante la maniobra de atraque con un ángulo excesivo de escora de hasta 5° hacia lado tierra (Ver apartado 3.2.1.5 y tabla 4.6.4.5), bien con la proa del mismo en función del ángulo de aproximación asociado con el tipo de atraque y con la maniobra de atraque desarrollada (Ver apartado 4.6.4.4.3.1). Salvo que las condiciones de explotación definan otra cosa, del lado de la seguridad se considerará que varios equipos de movilidad restringida pueden trabajar simultáneamente o estar estacionados en situación de topes unidos. Para cada estado de proyecto, se adoptará la distribución de cargas que se produce simultáneamente en cada pata, correspondiente a la configuración de equipo, posición de la carga y dirección del viento que, siendo compatibles con dicho estado, produzca los efectos más desfavorables para el modo de fallo analizado.

TABLA 4.6.4.5. PARÁMETROS QUE DEFINEN LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS DE MOVILIDAD RESTRINGIDA CON CAPACIDAD DE CARGA Y DESCARGA DEL BUQUE POR ELEVACIÓN

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA				
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Distancia entre carriles o bandas de circulación		G	
	Separación entre patas		W	
	Número de ruedas por pata		N	
	Separación de ruedas		S	
	Distancia entre topes		B	
Distancia entre el tirante de anclaje y el punto de brochado		A		
CARGA POR RUEDA	PATAS LADO MAR (LM)	VERTICAL	$Q_{v,211} \downarrow_{V,LM,1}$	$Q_{v,211} \downarrow_{V,LM,2}$
		HORIZONTAL _{TRAN}	$Q_{v,211} \downarrow_{Ht,LM,1}$	$Q_{v,211} \downarrow_{Ht,LM,2}$
		HORIZONTAL _{LON}	$Q_{v,211} \downarrow_{Hl,LM,1}$	$Q_{v,211} \downarrow_{Hl,LM,2}$
	PATAS LADO TIERRA (LT)	VERTICAL	$Q_{v,211} \downarrow_{V,LT,3}$	$Q_{v,211} \downarrow_{V,LT,4}$
		HORIZONTAL _{TRAN}	$Q_{v,211} \downarrow_{Ht,LT,3}$	$Q_{v,211} \downarrow_{Ht,LT,4}$
		HORIZONTAL _{LON}	$Q_{v,211} \downarrow_{Hl,LT,3}$	$Q_{v,211} \downarrow_{Hl,LT,4}$
CARGA DE ANCLAJE POR PATA O LADO	TIRANTE (por pata)	VERTICAL	$Q_{v,211} \downarrow_{V,Tirante}$	
	BROCHADO (por lado)	HORIZONTAL	$Q_{v,211} \downarrow_{H,Brochado}$	
NOTAS				
1) Para equipos fijos, en general pueden simplificarse los parámetros definidos para equipos de movilidad restringida, reduciéndose a la carga total vertical y horizontal, así como a un momento, en la interfase equipo-obra.				

En el caso de equipos de movilidad restringida, en general para la verificación de modos de fallo “globales” es admisible considerar la carga transmitida por cada pata del equipo como una carga lineal equivalente a la carga transmitida por las ruedas, obtenida por división de la carga transmitida por cada una de ellas por la separación entre ejes de ruedas. Dicha carga lineal se extenderá en una distancia igual a la existente entre ejes de ruedas extremas, aumentada en una separación entre ruedas. Sin perjuicio de mantener la diferenciación entre las cargas de cada pata para una mejor optimización de la obra, simplificada para facilitar los cálculos, del lado de la seguridad podrá considerarse en todas las patas de la grúa situadas en cada uno de los lados una misma carga vertical, horizontal transversal y horizontal longitudinal, considerando los valores compatibles asociados al valor mayor de cada una de estas componentes, obtenidos considerando todas las configuraciones del equipo, carga y viento compatibles con el estado de proyecto considerado.

Las cargas transmitidas por los equipos fijos y de movilidad restringida se obtendrán a partir de la combinación de las acciones simultáneas y compatibles que en cada estado de proyecto representativo de los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones de trabajo operativas), a la inoperatividad de la misma (condiciones de trabajo extremas) o a la presentación de un agente extraordinario o insólito (condiciones de trabajo excepcionales) actúan sobre el equipo, tomando en consideración las diferentes configuraciones que puede adoptar el equipo, las diferentes posiciones de la carga manipulada y, en su caso, la disposición o no de sistemas de anclaje, así como la dirección del viento en dicho estado. Para ello, el fabricante del equipo deberá suministrar las cargas verticales y horizontales transmitidas por cada agente actuando aisladamente en cada una de las configuraciones del equipo, posiciones de la carga y sistemas de anclaje que se consideren significativas a estos efectos: posición del brazo (lateral centrada perpendicular a los carriles, lateral centrada paralela a los carriles o brazo en esquina, tanto lado mar como lado tierra) o de la pluma (bajada o elevada) en el caso de las grúas para contenedores y de la carga (máxima capacidad de elevación con el máximo alcance en cada una de las posiciones diferenciadas del brazo o pluma). Para ello es recomendable solicitar estos datos al fabricante de acuerdo con el formato y requerimientos señalados en las tablas 4.6.4.6 y 4.6.4.7 para el caso de grúas pórtico y grúas de contenedores respectivamente, de forma que sea posible definir los valores representativos y, en su caso, las funciones de distribución asociados con dichas cargas.

En función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación, las cargas transmitidas por los equipos de manipulación fijos o de movilidad restringida se definirán:

a) Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas

a₁) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos

- En condiciones de operación correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado, las cargas de operación transmitidas por los equipos fijos o de movilidad restringida podrán definirse a través de valores nominales establecidos directamente por el promotor cuando no esté en condiciones de explicitar en la fase de proyecto los equipos concretos de

manipulación o de valores representativos basados en los límites operativos establecidos por criterios de explotación o bien por criterios ambientales, climáticos, legales o de seguridad existentes para la operatividad de los equipos previstos o de los buques de proyecto.

TABLA 4.6.4.6. FORMATO PARA LA DESCOMPOSICIÓN DE LAS CARGAS TRASMITIDAS POR GRÚAS PÓRTICO DE MOVILIDAD RESTRINGIDA EN FUNCIÓN DE LOS DIFERENTES AGENTES ACTUANTES, A SUMINISTRAR POR EL FABRICANTE

		CARGA POR RUEDA								CARGAS EN ANCLAJES	
		Patatas en carril 1				Patatas en carril 2				Tirante (por pata)	brochado (por lado)
AGENTE	POSICIÓN DEL BRAZO	Vertical		Horizontal		Vertical		Horizontal		Vertical	Horizontal
		Pata 1	Pata 2	Pata 1	Pata 2	Pata 3	Pata 4	Pata 3	Pata 4		
A. Peso propio del equipo	Centrado perpendicular a los carriles									-----	-----
	Centrado paralelo a lo carriles									-----	-----
	En esquina									-----	-----
	En posición de estacionamiento									-----	-----
C. Capacidad de elevación del equipo con máximo alcance	Centrado perpendicular a los carriles									-----	-----
	Centrado paralelo a lo carriles									-----	-----
	En esquina									-----	-----
D. Cargas inerciales	Centrado perpendicular a los carriles									-----	-----
	Centrado paralelo a lo carriles									-----	-----
	En esquina									-----	-----
E. Viento límite de operatividad en dirección transversal ¹⁾	Centrado perpendicular a los carriles									-----	-----
E. Viento límite de operatividad en dirección longitudinal ¹⁾	Centrado paralelo a los carriles									-----	-----
E. Viento límite de operatividad en dirección 45° ¹⁾	En esquina									-----	-----
F. Viento en condiciones extremas en dirección transversal ¹⁾	Posición de estacionamiento									-----	-----
F. Viento en condiciones extremas en dirección longitudinal ¹⁾	Posición de estacionamiento									-----	-----
F. Viento en condiciones extremas en dirección 45° ¹⁾	Posición de estacionamiento									-----	-----
G. Peso propio equipo + Viento en condiciones excepcionales en dirección transversal ¹⁾	Posición de estacionamiento			---	---					---	---
G. Peso propio equipo + Viento en condiciones excepcionales en dirección longitudinal ¹⁾	Posición de estacionamiento			---	---					---	---

NOTAS

- Condiciones normales de operación (equipo en servicio): [A+C+D+E] (para cada una de las posiciones del brazo)
- Condiciones Extremas (equipo fuera de servicio): A(en posición de estacionamiento)+F
- Condiciones Excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario (equipo fuera de servicio con dispositivos de anclaje activados): G

1) Las componentes debidas al viento se obtendrán para una velocidad V_0 . Conocidas las componentes debidas al viento asociadas con esta velocidad del viento pueden obtenerse las asociadas con cualquier otra velocidad V_1 multiplicándolas por la relación $(V_1/V_0)^2$.

TABLA 4.6.4.7. FORMATO PARA LA DESCOMPOSICIÓN DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS DE MANIPULACIÓN DE CONTENEDORES DE MOVILIDAD RESTRINGIDA EN FUNCIÓN DE LOS DIFERENTES AGENTES ACTUANTES, A SUMINISTRAR POR EL FABRICANTE

			CARGA POR RUEDA								CARGAS EN ANCLAJES		
AGENTE	POSICIÓN DE LA PLUMA	POSICIÓN DE LA CARGA MANIPULADA	Patatas lado mar (LM)				Patatas lado tierra (LT)				Tirante (por pata)	brochado (por lado)	
			Vertical		Horizontal		Vertical		Horizontal		Vertical	Horizontal	
			Pata 1	Pata 2	Pata 1	Pata 2	Pata 3	Pata 4	Pata 3	Pata 4			
A. Peso propio del equipo	Pluma bajada											-----	-----
	Pluma elevada											-----	-----
B. Peso propio sistemas elevación-traslación de la carga		Máximo alcance LM										-----	-----
		Máximo alcance LT										-----	-----
		Posición estacionamiento										-----	-----
C. Capacidad de elevación del equipo		Máximo alcance LM										-----	-----
		Máximo alcance LT										-----	-----
D. Cargas Inerciales		Máximo alcance LM										-----	-----
		Máximo alcance LT										-----	-----
E. Viento límite de operatividad en dirección transversal ¹⁾	Pluma bajada											-----	-----
E. Viento límite de operatividad en dirección longitudinal ¹⁾	Pluma bajada											-----	-----
E. Viento límite de operatividad en dirección 45° ¹⁾	Pluma bajada											-----	-----
F. Viento en condiciones extremas en dirección transversal (T _R =50 años) ¹⁾	Pluma elevada											-----	-----
F. Viento en condiciones extremas en dirección longitudinal ¹⁾	Pluma elevada											-----	-----
F. Viento en condiciones extremas en dirección 45° ¹⁾	Pluma elevada											-----	-----
G. Peso propio equipo y sistemas de elevación + Viento en condiciones excepcionales en dirección transversal ¹⁾	Pluma elevada				---	---				---	---		
G. Peso propio equipo y sistemas de elevación + Viento en condiciones excepcionales en dirección longitudinal ¹⁾	Pluma elevada				---	---				---	---		

NOTAS

- Condiciones normales de operación (equipo en servicio): A(pluma bajada)+B (máximo alcance)+C+D+E
- Condiciones Extremas (equipo fuera de servicio): A (pluma elevada)+B (posición estacionamiento)+F
- Condiciones Excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario (equipo fuera de servicio con dispositivos de anclaje activados): G

1) Las componentes debidas al viento se obtendrán para una velocidad V₀. Conocidas las componentes debidas al viento asociadas con esta velocidad del viento pueden obtenerse las asociadas con cualquier otra velocidad V₁ multiplicándolas por la relación (V₁/V₀)².

En el caso de que el promotor fije directamente el valor nominal límite de dichas cargas deberá asociarlo a una velocidad y dirección del viento para poder combinar estas cargas con las producidas por los otros agentes de actuación simultánea y, también, para poder asociar a las mismas una probabilidad de presentación en el emplazamiento necesaria para la verificación del nivel de operatividad de la instalación correspondiente al modo de fallo de parada operativa “realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado”. Cuando en una fase posterior se conozcan con detalle los equipos o éstos se adquieran por el explotador de la instalación de atraque deberá comprobarse que el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos en las condiciones de explotación que se establezcan, obtenidas de acuerdo con la metodología definida en este apartado, no supera el valor nominal establecido. En caso contrario, deberán definirse nuevas condiciones límites de operación más restrictivas para dichos equipos con el objeto de garantizar esta condición. Lo mismo deberá realizarse si previamente a la entrada en servicio de la instalación de atraque o durante una fase de rehabilitación o readaptación de la misma a nuevas necesidades de la demanda se modifican los equipos previstos en la fase de proyecto.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación, el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos se obtendrá como:

- El valor más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por los equipos de proyecto en condiciones de servicio correspondientes a carga y descarga del buque, con elevación de carga máxima con máximo alcance, para las condiciones climáticas establecidas como límite para poder realizar dichas operaciones. Para el cálculo de estos valores, el valor representativo de la velocidad y dirección del viento deberá ser el correspondiente al estado de proyecto considerado, compatible con los valores representativos del resto de acciones climáticas que definen el estado meteorológico en dichas condiciones (Ver tabla 4.6.2.2), e idéntico al adoptado para la definición de los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea que dependen del viento. Cuando el viento se considere que es el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado, bien por la paralización de las operaciones de la grúa por condiciones de seguridad bien por causar movimientos en el buque incompatibles con la realización de las citadas operaciones, se adoptará para la definición de las cargas el menor valor de la velocidad del viento de entre los que limiten estas operaciones. A falta de otros criterios o estudios específicos se adoptará como viento límite para la realización de estas operaciones aquél cuya velocidad media en el intervalo (ráfaga) de 3 s a 10 m de altura sea 24 m/s (\cong 86 km/h) (Ver tabla 3.2.1.3). Si el agente predominante puede ser otro agente climático (p.e. el oleaje que produce la agitación que impide las operaciones de carga y descarga por producir movimientos del buque no compatibles con la realización de estas operaciones o los niveles de agua que impiden las operaciones de los equipos por insuficiencia de altura total de elevación, poderse producir colisiones entre éstos y los buques por altura de elevación insuficiente sobre coronación o dar lugar a rebases sobre la coronación de la obra (Ver apartado 3.2.2.1. Niveles de coronación) se considerarán adicionalmente las situaciones asocia-

das a cada una de las causas de paralización de las operaciones de carga y descarga (ver subapartado a₃ de este apartado), adoptando para cada caso la velocidad del viento simultáneo compatible con el valor de dicho agente en dicho estado meteorológico (Ver apartado 4.6.2.1. Agentes climáticos), por si pudieran ser más desfavorables para el modo de fallo analizado, aunque sean más limitativas en lo que respecta a la velocidad del viento. A los efectos de la definición de las cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida, únicamente se tomarán en consideración estas últimas situaciones si la velocidad de viento compatible con las mismas no supera el valor umbral más limitativo establecido en aquellos casos en que se considera que el viento es el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado.

Los órdenes de magnitud de los máximos movimientos horizontales y verticales de los buques admisibles para poder realizar las operaciones de carga y descarga por elevación se recogen en la tabla 4.6.4.22. A falta de estudios más precisos entre movimientos del buque atracado y agente climático actuante, pueden adoptarse como valores del agente climático predominante que define el estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga por elevación del buque atracado los recogidos en la tabla 3.2.1.3. Por otra parte, en general los niveles de agua o, en su caso, el oleaje no suelen ser causa de paralización de las operaciones de carga y descarga por elevación por causa de rebases de las aguas o por insuficiencia de las alturas de elevación total o sobre coronación de los equipos al recomendarse definir los niveles de coronación de las obras de atraque de forma que este modo de parada operativa nominalmente no se produzca (probabilidad 10^{-3}) (Ver apartado 3.2.2.1. Niveles de coronación).

- En otras condiciones de operación correspondientes a los estados límites de operaciones de atraque y de permanencia de buques en el atraque sin realizar operaciones de carga y descarga se considerará que el equipo está fuera de servicio en cualquier ubicación de la obra de atraque, con una configuración replegada, en el estado climático representativo de las condiciones operativas consideradas. En esta situación, las cargas transmitidas por los equipos se obtendrán a partir de la combinación del peso propio del equipo con los efectos de los agentes del medio físico, particularmente el viento, de igual forma que lo señalado para condiciones extremales, adaptando los valores correspondientes a esta situación al estado meteorológico de proyecto considerado para cada una de las condiciones operativas. Por tanto, para la definición de los valores representativos de las cargas en estas situaciones será de aplicación lo dispuesto para condiciones extremas, considerando la velocidad del viento correspondiente al estado meteorológico operativo considerado.
- En condiciones extremas se considera que el equipo está en situación fuera de servicio en cualquier ubicación de la obra de atraque, con una configuración replegada, en el estado climático representativo de condiciones extremas (Ver apartado 4.6.2.1). En esta situación las cargas transmitidas por los equipos se obtendrán a partir de la combinación del peso propio del equipo con los efectos de los agentes del medio físico, particularmente el viento.

Cuando no se esté en condiciones de explicitar en la fase de proyecto los equipos concretos de manipulación, el promotor podrá fijar los valores nominales de las cargas transmitidas por los mismos en configuración replegada para condiciones extremas, separando la parte debida al peso propio de la debida a una determinada velocidad y dirección del viento con el objeto de poder adaptar dichos valores al estado meteorológico considerado en proyecto para condiciones extremas y poder combinar estas cargas con las producidas por otros agentes de actuación simultánea en dicho estado. En este caso, deberá comprobarse, cuando en una fase posterior se conozcan detalladamente los equipos o éstos se adquieran por el explotador de la instalación, que el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos en las condiciones extremas de proyecto, obtenidas con la metodología definida en este apartado, no superan el valor nominal establecido adaptado a dicho estado. Lo mismo debe realizarse si previamente a la entrada en servicio de la instalación o durante la fase de rehabilitación o readaptación de la instalación de atraque a nuevas necesidades de la demanda se modifican los equipos previstos en la fase de proyecto.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación, el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos se definirá como:

- El valor más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por el equipo fuera de servicio, actuando la velocidad del viento en el emplazamiento correspondiente al periodo de retorno considerado para la definición de los valores característicos o de combinación asociados con el agente climático viento en el estado meteorológico de proyecto en condiciones extremas en función, respectivamente, de que éste sea o no el agente climático predominante en el modo de fallo analizado y, en este último caso, de que sea o no sea independiente del predominante (Ver apartado 4.6.2.1).

La dirección adoptada será la compatible con el resto de las acciones climáticas que definen el estado meteorológico de proyecto en condiciones extremas y la misma que la adoptada para el cálculo de los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea en dicho estado que dependan del agente viento. Para probabilidades de ocurrencia del modo de fallo en estas condiciones de trabajo menores del 5 %, dichos valores son los correspondientes a un periodo de retorno de 50 años si el viento es la acción climática predominante del modo de fallo considerado y, por tanto, la que define el estado meteorológico de proyecto considerado en condiciones extremas o los correspondientes a un periodo de 5 años si el viento no es la acción climática predominante y es independiente de la predominante (Ver Tablas 4.6.2.2 y 4.6.4.8) (Ver apartado 4.1.1.1 a).

A partir de una determinada velocidad del viento el equipo no es estable por si mismo al alcanzarse reacciones negativas en las patas de barlovento, debiendo activarse los dispositivos de anclaje (tirantes y brochado). En general esta velocidad está establecida alrededor de una velocidad de ráfaga 3 s a 10 m de altura de 40-42 m/s (144-150 km/h), pudiendo ser menor para las grandes grúas superpost Panamax. A partir de esta velocidad el equipo puede considerarse que se traslada a su posición de estacionamiento de tormenta establecida por los crite-

rios de explotación definidos por el promotor, con activación de los mecanismos de anclaje. Si esto está previsto deberá limitarse la verificación de las condiciones extremas considerando cualquier ubicación del equipo en la obra de atraque para la velocidad límite del equipo sin activar los dispositivos de anclaje, siempre que dicha velocidad sea mayor que el valor característico o de combinación de la velocidad del viento en el estado de proyecto considerado en condiciones extremas.

- En condiciones excepcionales debidas a la presentación del agente climático viento de carácter extraordinario se considera que el equipo está en situación fuera de servicio, con una configuración replegada, en el estado climático representativo de estas condiciones excepcionales (Ver apartado 4.6.2.1). En general en este estado se considera que el equipo tiene activados sus dispositivos de anclaje y se encuentra ubicado en su posición de estacionamiento de tormenta establecida por los criterios de explotación definidos por el promotor. En esta situación las cargas transmitidas por los equipos se obtendrán a partir de la combinación del peso propio del equipo con los efectos de los agentes del medio físico, particularmente el viento.

Cuando no esté en condiciones de explicitar en la fase de proyecto los equipos concretos de manipulación, el promotor podrá fijar los valores nominales de las cargas transmitidas por los mismos en la citada configuración de estacionamiento de tormenta, separando la parte debida al peso propio de la debida a una determinada velocidad y dirección del viento con el objeto de poder adaptar dichos valores al estado meteorológico considerado en proyecto para estas condiciones excepcionales y poder combinar estas cargas con las producidas por otros agentes de actuación simultánea en dicho estado. Al igual que lo señalado para condiciones extremas, deberá comprobarse, cuando en una fase posterior se conozcan detalladamente los equipos, que el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos en las condiciones excepcionales de proyecto no supera el valor nominal establecido adaptado a dicho estado.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación, el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos se definirá como:

- El valor más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por el equipo fuera de servicio (tanto en las ruedas como en los dispositivos de anclaje), actuando la velocidad del viento en el emplazamiento correspondiente al periodo de retorno considerado para la definición de los valores característicos asociados con el agente climático viento en condiciones excepcionales (Ver apartado 4.6.2.1). La dirección considerada será compatible con el resto de acciones climáticas que definen el estado meteorológico en estas condiciones y será la misma adoptada para la definición de los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea en dicho estado que dependan del agente viento. Para probabilidades de ocurrencia del modo de fallo en dichas condiciones de trabajo menores del 5 %, dichos valores son los correspondientes a un periodo de retorno de 500 años (Ver apartado 4.1.1.1.1.b₁).

La dirección adoptada será la compatible con el resto de las acciones climáticas que definen el estado meteorológico de proyecto en estas condiciones excepcionales y la misma que la adoptada para el cálculo de los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea en dicho estado que dependan del agente viento.

- En condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario se considera que el equipo puede estar tanto en servicio como fuera de servicio cuando se produce un estado asociado a la presentación de dicha acción accidental, sin perjuicio de que la actuación de la acción accidental pueda estar asociada específicamente a una determinada situación del equipo (p.e. cuando actúa el agente choque de buques durante las operaciones de atraque debe considerarse que el equipo de manipulación está fuera de servicio).

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación, en esta situación el valor representativo de las cargas será su valor frecuente o su valor cuasi-permanente, en función de que el viento sea o no sea la acción climática predominante en el estado meteorológico considerado en estas condiciones. Estos valores se definirán como (Ver apartado 4.1.1.1.b₂):

- Se adoptará como valor frecuente el más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por el equipo tanto en servicio como fuera de servicio, actuando el valor frecuente de la velocidad del viento (Ver tabla 4.6.2.2) y, cuando se considere el equipo en servicio, el valor cuasi-permanente de cargas en elevación y efectos inerciales asociados.
- Se adoptará como valor cuasi-permanente el más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas tanto por el equipo en servicio como fuera de servicio actuando el valor cuasi-permanente de los agentes variables que actúan sobre el equipo (velocidad del viento y, cuando se considere el equipo en servicio, cargas de elevación y efectos inerciales asociados). No obstante, cuando el viento sea dependiente del agente climático predominante en el estado meteorológico correspondiente a estas condiciones, se adoptará el valor de la velocidad del viento compatible con el valor representativo adoptado para el agente climático predominante (ver tabla 4.6.2.2).

No obstante lo anterior, en aquellos casos en los que la actuación de la acción accidental este asociada a un determinado estado meteorológico y correlacionada con el viento³¹, el valor representativo de las cargas correspondiente a los equipos de manipulación se obtendrá considerando la velocidad del viento correspondiente a dicho estado.

³¹ Por ejemplo, la acción accidental “choque o colisión de buques” está asociada al estado meteorológico límite en el que se pueden realizar las maniobras de atraque en condiciones normales (estado límite de operatividad de las operaciones de atraque) (Ver apartado 4.6.4.4.4). Por tanto, para la obtención de las cargas correspondientes a los equipos de manipulación de actuación simultánea con dicha carga accidental se considerará la velocidad del viento correspondiente al estado límite de operatividad de las operaciones de atraque actuando sobre el equipo fuera de servicio.

La dirección adoptada para la velocidad del viento será la compatible con el resto de los agentes climáticos que definen el estado meteorológico de proyecto en estas condiciones excepcionales y la misma que la adoptada para el cálculo de los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea en dicho estado que dependan del agente viento.

Cuando en la fase de proyecto no se hayan explicitado los equipos, habiéndose definido valores nominales para condiciones extremas separando la componente del peso propio de la debida a la actuación del viento, de acuerdo con lo recomendado en esta ROM, simplificada en estas condiciones excepcionales cuando se considere el equipo fuera de servicio podrá adoptarse un valor reducido de dicho valor nominal, resultado de adaptar la componente del viento al valor representativo de la velocidad del viento correspondiente al estado meteorológico en estas condiciones excepcionales (frecuente, cuasi-permanente o compatible con el agente climático predominante). (Para definir el factor que permite la adaptación de las componentes de las cargas debidas al viento, ver Nota 1 de las tablas 4.6.4.6. y 4.6.4.7.). Para el equipo en servicio, simplificada-mente podrán adoptarse valores reducidos de los valores nominales establecidos para condiciones normales de operación que, para el caso del valor frecuente serán iguales a 0.95 los correspondientes a dichos valores nominales y para el caso del valor cuasi-permanente el 0.90 de dichos valores.

- En condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica se considera que el equipo puede estar tanto en servicio como en situación de fuera de servicio cuando se produce un estado sísmico en el emplazamiento. (Ver apartado 4.6.2.4). En esta situación, en general a los efectos del proyecto de la obra de atraque y amarre no se considerarán las acciones horizontales debidas al sismo asociadas a la masa de la grúa, sin perjuicio de que la grúa como estructura deba diseñarse para resistir el efecto de dichas acciones sin daños (en condiciones extremas) o con daños asumibles (descarrilamiento, etc.) (en condiciones excepcionales).

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación, en esta situación el valor representativo de las cargas será su valor cuasi-permanente, definido en el subapartado de condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario.

Cuando en la fase de proyecto no se hayan explicitado los equipos, habiéndose definido valores nominales para condiciones de trabajo operativas y extremas, se procederá de igual forma que lo señalado en el subapartado de condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario, adaptando cuando se considere el equipo fuera de servicio la componente del viento al valor cuasi-permanente de la velocidad del viento o al compatible con el adoptado para el agente climático predominante si no es independiente de éste.

Los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos fijos y de movilidad restringida cuando estén definidos en la fase de proyecto se resumen en la tabla 4.6.4.8.

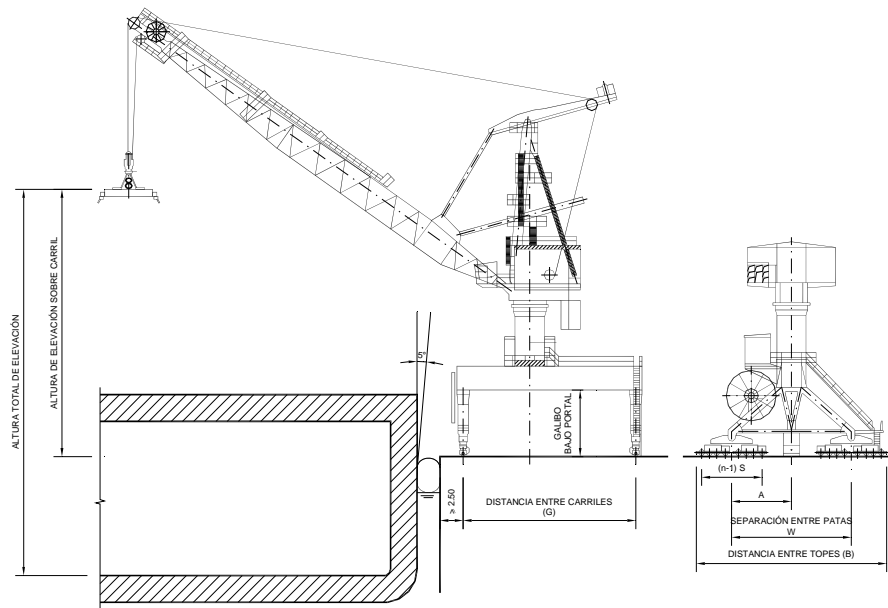
TABLA 4.6.4.8. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS DE MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS FIJOS Y DE MOVILIDAD RESTRINGIDA (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos con probabilidades de fallo menores del 5 % en la correspondiente condición de trabajo)

CONDICIÓN DE TRABAJO	Valor Característico ($q_{v,211k}$)	Valor de Combinación ($\Psi_0 q_{v,211k}$)	Valor Frecuente ($\Psi_1 q_{v,211k}$)	Valor Cuasi-permanente ($\Psi_2 q_{v,211k}$)
Condiciones de Trabajo Operativas correspondiente al estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado (CT1,1)¹⁾	Límites operativos establecidos para las operaciones de carga y descarga con buque atracado (carga más desfavorable transmitida por equipo en condiciones de servicio = [valores nominales de (peso propio + elevación de carga + efectos inerciales) + velocidad del viento límite de operatividad para realizar estas operaciones. En general $V_{v,3s}=24$ m/s si el viento es el agente predominante para la definición del estado límite ²⁾			
Condiciones de Trabajo Extremas ³⁾ (CT2)	Cargas más desfavorables transmitida por el equipo en situación fuera de servicio [valor nominal del peso propio + velocidad del viento correspondiente a:			
	Cuantil del 98 % de la función de distribución de extremos anuales ⁴⁾ ($T_R=50$ años)	Cuantil del 80 % de la función de distribución de extremos anuales ($T_R=5$ años)	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario (CT3,1)	Cargas más desfavorables transmitida por el equipo en situación fuera de servicio = valor nominal del peso propio + velocidad del viento correspondiente a:			
	Cuantil del 99.8 % de la función de distribución de extremos anuales ($T_R=500$ años)	-----	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario⁵⁾ (CT3,2)	Cargas más desfavorables transmitidas por el equipo tanto en situación servicio como fuera de servicio = valor nominal del peso propio + valor cuasi-permanente de las cargas de elevación y efectos inerciales asociados (0.8 valores nominales) cuando se considere situación servicio+ velocidad del viento correspondiente a:			
			Probabilidad de excedencia del 85 % tomada del régimen medio	Probabilidad de excedencia del 50 % tomada del régimen medio
Condiciones de Trabajo Extremas o Excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica (CT3,31 y CT3,32)	Cargas más desfavorables transmitidas por el equipo tanto en situación servicio como fuera de servicio = valor nominal del peso propio + valor cuasi-permanente de las cargas de elevación y efectos inerciales asociados (0.8 valores nominales) cuando se considere situación servicio+ velocidad del viento correspondiente a:			
				Probabilidad de excedencia del 50 % tomada del régimen medio ⁶⁾

NOTAS

- 1) En otras condiciones normales de operación correspondientes a los estados límites de operaciones de atraque y de permanencia de buques en el atraque sin realizar operaciones de carga y descarga se considerará, cuando corresponda, la actuación simultánea de cargas transmitidas por equipos de manipulación fijos y de movilidad restringida. En estos casos se considerará que el equipo está fuera de servicio, siendo de aplicación los valores representativos definidos para condiciones extremas, adoptando como velocidad del viento la correspondiente al estado meteorológico de proyecto en las condiciones operativas consideradas.
- 2) Si el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga es otro agente climático (p.e. el oleaje que produce la agitación máxima compatible con las operaciones de carga y descarga) se adoptará la velocidad del viento compatible con el valor considerado para dicho agente (ver apartado 4.6.2.1).
- 3) Se adoptará como valor representativo el valor característico cuando el viento sea el agente climático predominante para el modo de fallo analizado. En el caso de que el viento no fuera el agente climático predominante se adoptará el valor de combinación, salvo que el viento sea dependiente del agente climático predominante en cuyo caso se considerará el valor compatible con el adoptado para dicho agente (Ver tabla 4.6.2.2)
- 4) Si el viento es el agente climático predominante en el modo de fallo considerado, para probabilidades de fallo mayores del 5% , el valor característico en condiciones extremas será el obtenido considerando una velocidad del viento cuya probabilidad de excedencia en la fase de proyecto analizada sea igual a la probabilidad de fallo considerada. Si el viento no es el agente climático predominante ver tabla 4.6.2.2.
- 5) Se adoptará como valor representativo el valor frecuente cuando el viento sea el agente climático predominante para el modo de fallo analizado. En el caso de que el viento no fuera el agente climático predominante se adoptará el valor cuasi-permanente, salvo que el viento sea dependiente del agente climático predominante en cuyo caso se considerará para el viento el valor compatible con el adoptado para dicho agente. (Ver tabla 4.6.2.2). En aquellos casos en los que la acción accidental esté asociada a un determinado estado meteorológico y correlacionada con el viento se considerará la velocidad del viento correspondiente a dicho estado.
- 6) En el caso de que el viento no sea el agente climático predominante y sea dependiente de este último se considerará para el viento el valor compatible con el adoptado para el predominante (Ver tabla 4.6.2.2).
- 7) El proyectista evaluará la incertidumbre estadística asociada a los datos disponibles con los que se ha estimado las funciones de distribución de la velocidad del viento. Salvo justificación detallada, para la obtención de los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos de manipulación se tomarán los valores superiores del intervalo de confianza del 90 %.

TABLA 4.6.4.9. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR GRÚAS PÓRTICO TIPO SOBRE CARRILES⁷⁾



		TIPO DE GRÚA PÓRTICO						
Capacidad de elevación bajo gancho (kN) con máximo alcance (m)		60/25	120/25	160/30	300/35	500/40		
Tamaño buque máximo de proyecto¹⁾		Feeder			Panamax	PostPanamax		
Tonelaje (TPM)		< 2000	2000-8000	8000-15000	15000-50000	> 50.000		
Manga del buque (m)		< 14	14-22	22-25	25-32.50	> 32.5		
CARACTERÍSTICAS GRÚA	Gálibo bajo portal (m)	4.0-5.0	4.0-6.0	5.0-7.0	5.0-8.0	5.0-8.0		
	Max. altura elevación sobre carril (m)	28	28	30	32	36		
	Max. altura total de elevación (m)	43	43	45	47	51		
	Peso (kN)	850-950	1800-2000	2500-2800	3000-4500	5000-6500		
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Distancia entre carriles (G) (m)		6.00	10.0-12.0	10.0-12.0	10.0-15.0	10.0-15.0	
	Separación entre patas (W) (m)		6.00	9.0-10.0	9.0-10.0	9.0-10.0	10.0-12.0	
	Nº ruedas por pata (n)		2	4	4	6	8	
	Separación de ruedas (S) (m)		0.80-1.20	0.90-1.20	1.00-1.40	1.10-1.40	1.10-1.40	
	Distancia entre topes (B) (m)		8.00	13.5-14.5	13.5-14.5	16.5-17.5	20.5-22.5	
	Distancia tirante anclaje/agarre(A) (m)		3.5	5.0-5.5	5.0-5.5	5.0-5.5	5.0-6.0	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN)²⁾	En condiciones de operación³⁾	Verticales pluma en esquina	$Q_{pata\ esquina}$	650	550	600	650	700
			$Q_{patas\ laterales}$	350	350	400	450	450
			Verticales pluma en lado ($Q_{pata\ lado}$)	600	500	550	600	650
		Horizontales⁶⁾	0.13vertical	0.13verticales	0.13vertical	0.13verticales	0.13verticales	
	En condiciones Extremas⁴⁾	Verticales	370	300	350	350	380	
		Horizontales⁶⁾	0.1verticales	0.1verticales	0.1verticales	0.1verticales	0.1verticales	
MÁXIMA CARGA EN DISPOSITIVOS DE ANCLAJE	En condiciones Excepcionales debido a viento extraordinario⁵⁾	Tracción tirante de anclaje (kN/pata)	580	650	500	900	1100	
		Horizontal en brochado (kN/lado)	230	375	450	650	950	

NOTAS

- Cuando, de acuerdo con lo previsto en esta Recomendación, se adopten los valores consignados en esta tabla para la definición de cargas mínimas, en aquéllos parámetros que se incluya un rango de valores se utilizará a estos efectos el valor medio.
- 1) El tipo de grúa que se recomienda en función del buque máximo de proyecto debe tomarse como especialmente indicada para obras de atraque y amarre de usos comerciales para graneles sólidos y mercancía general convencional ordinaria. Para obras de atraque multipropósito, ferris, carga convencional pesada y contenedores debe tomarse en consideración adicionalmente el peso unitario de las cargas a manipular, por lo que es conveniente la utilización como mínimo de grúas 300/35 para estos usos, independientemente de la manga del buque máximo de proyecto.
- 2) Las cargas máximas por rueda consignadas en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud para cada tipo de grúa, habiéndose obtenido del análisis de las correspondientes a diferentes fabricantes. Dependiendo del fabricante, del tipo de carro, de los elementos de izado (gancho, cuchara,...) y de la configuración geométrica las variaciones pueden ser significativas por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por los equipos de manipulación, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación.
- 3) Considerando una velocidad de viento límite de operatividad en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\ m) = 24\ m/s (\approx 86\ km/h)$, actuando en la dirección de la po-

sición de la pluma y en el sentido más desfavorable, e incluyendo los efectos inerciales asociados con el movimiento del equipo y con la elevación de la carga. Definidas las cargas verticales en las ruedas de las patas más cargadas, las cargas sobre el resto de patas pueden obtenerse considerando la posición de la pluma y que la suma de todas las cargas deben igualar a las cargas verticales actuantes (peso propio+máxima carga izada+efectos inerciales). Los efectos inerciales incluidos en las cargas consignadas en esta tabla pueden estimarse como el 15 % de la máxima carga izada.

- 4) Considerando que la velocidad de viento en el emplazamiento correspondiente a condiciones extremas es $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 40\text{ m/s}$ (144 km/h) en la dirección perpendicular o paralela a la banda de circulación del equipo. Definidas las cargas en las ruedas de las patas más cargadas, las cargas verticales de actuación simultánea sobre el resto de patas pueden obtenerse considerando que la suma de todas las cargas deben igualar a las cargas verticales actuantes (peso propio). Para la determinación de las cargas por rueda para otra velocidad del viento, puede utilizarse el siguiente procedimiento simplificado:
 - Considerar que el peso propio de equipo se reparte uniformemente entre todas las patas. De esta forma se puede obtener las componentes de la carga debido al viento en cada pata ($Q_{ic,2|v_0}$) tanto cargada como descargada para la velocidad del viento $V_0 = 40\text{ m/s}$.
 - Considerar que la componente del viento para una velocidad V_1 ($Q_{ic,2|v_1}$) puede obtenerse mediante la relación:
$$Q_{ic,2|v_1} = Q_{ic,2|v_0} \cdot (V_1/V_0)^2$$
- 5) Considerando que la velocidad de viento en el emplazamiento correspondiente a condiciones excepcionales debido a viento extraordinario es $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 50\text{ m/s}$ (180 km/h) en la dirección perpendicular o paralela a la banda de circulación del equipo. Las máximas cargas por rueda en dicha condición de trabajo, así como las cargas de actuación simultánea con las cargas máximas en las ruedas de las patas descargadas, pueden determinarse a través del procedimiento establecido en 4) a partir de las definidas para condiciones extremas, considerando la velocidad del viento correspondiente a estas condiciones excepcionales. Así mismo, utilizando la metodología incluida en la Nota 4) pueden obtenerse las fuerzas de tracción en el tirante y la fuerza horizontal en el brochado para otra velocidad del viento. A estos efectos se considerará que, en esta condición, en los brochados se concentra la totalidad de la fuerza horizontal debida al viento.
- 6) Carga horizontal en dirección transversal o en dirección longitudinal a la dirección de rodadura, concordante con la dirección de actuación del viento. Definidas las cargas horizontales en las patas más cargadas, puede considerarse que sobre las otras patas actúa la misma carga horizontal. En condiciones de operación, para una velocidad del viento límite de operatividad de 24 m/s, la componente de la acción horizontal debida al viento puede aproximarse al 3 % de la carga vertical sin considerar la componente vertical debida a los efectos inerciales. En condiciones de operación debe considerarse que también actúa simultáneamente una acción horizontal longitudinal adicional en la dirección de la banda de circulación del equipo, causada por los posibles movimientos del equipo (traslación o frenada) en la dirección de rodadura. Esta última acción horizontal puede estimarse como el 15 % de las cargas verticales.
- 7) Los otros valores representativos (de combinación, frecuente y cuasi-permanente) en condiciones del equipo fuera de servicio pueden aproximarse a partir de las máximas cargas por rueda correspondientes a condiciones extremas, considerando la velocidad del viento que le corresponda a cada valor representativo de acuerdo con los dispuesto en la tabla 4.6.4.8., calculados a través del procedimiento establecido en la cláusula 4). En condiciones del equipo en servicio, simplificadaamente podrán adoptarse valores reducidos de los valores establecidos para condiciones normales de operación que, para el caso del valor frecuente serán iguales a 0.95 los correspondientes a dichos valores y para el caso del valor cuasi-permanente el 0.90.

En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados por los fabricantes para los equipos de manipulación previstos por el promotor en función del tipo de mercancía y del tamaño y características de la flota previsible de buques en el atraque, podrán adoptarse como órdenes de magnitud indicativos de los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de movilidad restringida actualmente considerados como tipo los consignados en la tabla 4.6.4.9 para grúas pórtico y en la 4.6.4.10 para grúas para contenedores.

- **Cargas mínimas**

En previsión de posibles variaciones razonables en las condiciones de utilización y criterios de explotación de la obra de atraque y amarre durante su vida útil o de incertidumbres que puedan producirse entre la fase de proyecto y de servicio de la obra, es recomendable que se adopten como mínimo los siguientes valores representativos de las cargas transmitidas por equipos de movilidad restringida en las obras de atraque y amarre de los siguientes usos en las que estén previstos sistemas de manipulación de mercancías discontinuos por elevación:

- Para usos comerciales de graneles sólidos sin instalación especial³² y mercancía general convencional ordinaria

En función de la manga del buque máximo de proyecto, las cargas correspondientes a las grúas pórtico incluidas en la tabla 4.6.4.9 tendrán la conside-

³² En el campo de los sistemas de manipulación discontinuos de graneles sólidos por elevación se considerará instalación especial a los pórticos de descarga con cuchara. Por tanto, en este ámbito se considerará que no existe instalación especial cuando la carga-descarga se realice mediante grúas pórtico tipo.

ración de cargas mínimas en proyectos de obras de atraque para usos comerciales de graneles sólidos sin instalación especial y mercancía general convencional ordinaria.

- Para usos comerciales de mercancía general convencional pesada, ferris y multipropósito y para usos industriales y militares

Para buques máximos de proyecto tipo Panamax y PostPanamax, las cargas correspondientes a las grúas pórtico incluidas en la tabla 4.6.4.9 tendrán la consideración de cargas mínimas en proyectos de obras de atraque y amarre para usos comerciales de mercancía general convencional pesada, ferris y multipropósito, así como para usos industriales y militares. Para buques máximos tipo Feeder o SubPanamax, las cargas correspondientes a la grúa 300/35 incluidas en dicha tabla tendrán la consideración de cargas mínimas, independientemente de la manga del buque máximo de proyecto.

- Para usos comerciales de contenedores y graneles sólidos con instalación especial (Ver nota 32)

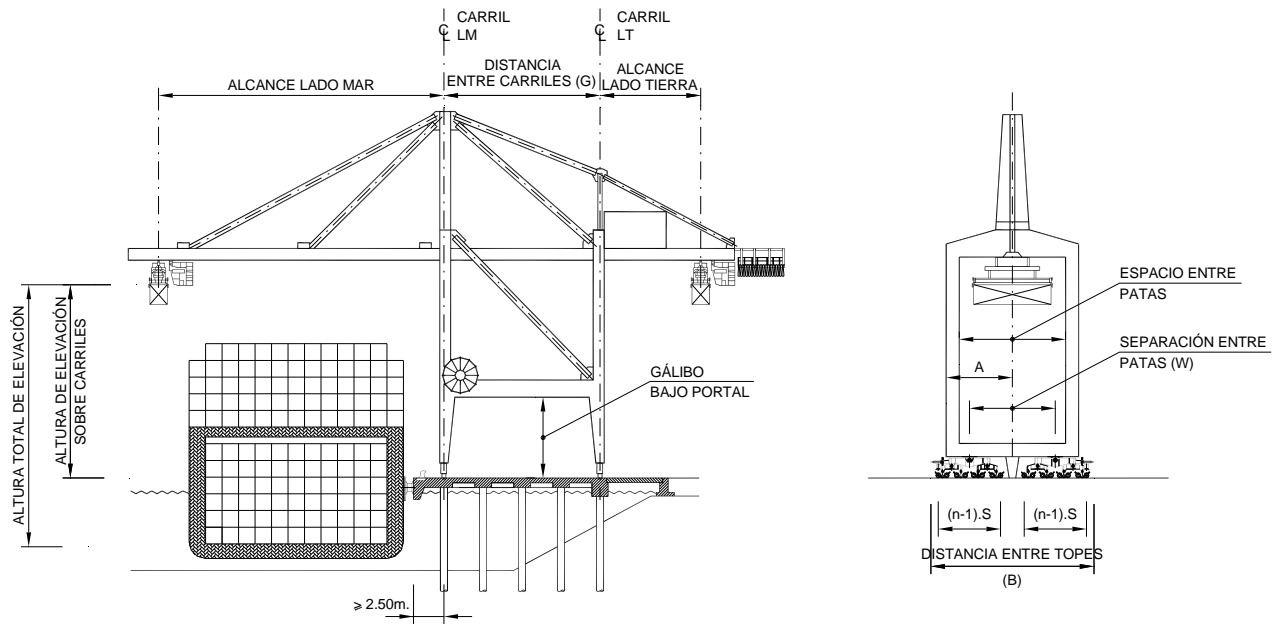
En función del tamaño del buque máximo de proyecto, las cargas correspondientes a las grúas incluidas en la tabla 4.6.4.10 tendrán la consideración de cargas mínimas en proyectos de obras de atraque para usos comerciales de contenedores. Para buques de proyecto tipo Feeder o SubPanamax, las cargas correspondientes a las grúas para buques Panamax (13 contenedores en manga) incluidas en dicha tabla tendrán la consideración de cargas mínimas, independientemente de la separación de carriles que pueda adoptarse.³³

Para usos de graneles sólidos con instalación especial, se podrán asimilar las cargas máximas transmitidas por los pórticos de carga-descarga de graneles sólidos con cuchara a las transmitidas por los pórticos de contenedores con alcance lado mar equivalente. Por tanto, en función del alcance necesario, dependiente de la manga del buque máximo de proyecto, las cargas correspondientes a las grúas de alcance equivalente incluidas en la tabla 4.6.4.10 tendrán la consideración de cargas mínimas en proyectos de obras de atraque y amarre para estos usos. El alcance necesario podrá calcularse a partir de la manga del buque máximo de proyecto (B_{max}) por medio de la siguiente formulación, considerando que desde el carril lado mar y la borda del buque se consumen entre 4 y 5 m y que la anchura entre brazolas de escotillas es del orden del 40 % de la manga: Alcance = $5+0.70 \cdot B_{max}$ (en m).

Para buques graneleros de proyecto con manga menor que los buques Panamax (32.5 m), las cargas correspondientes a las grúas para buques Panamax incluidas en la tabla 4.6.4.10 tendrán la consideración de cargas mínimas, independientemente de la separación de carriles que pueda adoptarse.

³³ Si bien es habitual que las grúas en muelles de contenedores para buques feeder y sub Panamax –de 10 a 13 contenedores en manga- tengan una separación de carriles entre 15 y 18 m, la tendencia actual es aumentar la separación de carriles a un mínimo de 30.50 m, ya que anchos de vías mayores permiten incrementar la estabilidad de la grúa, disminuyendo la reacciones máximas por rueda y pata. A los efectos de las cargas máximas puede considerarse que las grúas para buques subPanamax con separaciones de carriles entre 15 y 18 m no son mayores que las transmitidas por las grúas Panamax con 30.5 m de separación de carriles.

TABLA 4.6.4.10. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR PÓRTICOS TIPO SOBRE CARRILES PARA CONTENEDORES⁶⁾



		TIPO DE GRÚA PARA CONTENEDORES						
Para buques con n° filas de contenedores en manga		<13	13	13-17	17-19	19-22	≥ 22	
Tamaño buque máximo de proyecto		Feeder	Panamax	Post Panamax	Super Post-Panamax	Suezmax	Malacamax	
Capacidad del buque (TEUS)		300-3000	3000-4000	4000-8000	8000-10000	10000-12000	>12000	
Manga del buque (m)		21-32.3	32.3	32.3-43	43-46	46-53	53-60	
CARACTERÍSTICAS GRÚA	Capacidad de elevación bajo spreader (kN)	320-400	400	500	520	580	+ 650	
	Alcance lado mar (m)	30-35	35-47	45-47	50-55	55-60	65-75	
	Alcance lado tierra (m)	10	12-18	15-18	15-20	15-20	15-22	
	Max. altura de elevación sobre carriles (m)	25	30-34	34	34	36	40-46	
	Max. altura total de elevación (m)	50	50	50	52	54	+ 60	
	Gálibo bajo portal (m)	12	12	12	12-15	15	12-18	
	Peso (kN)	4000-5000	5000-7000	9000-12000	10000-13000	11000-15000	16000- >20000	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Distancia entre carriles (G) (m)	15-30.50	30.50	30.50	30.50	30.50	30.50-40	
	Espacio entre patas (m)	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	
	Separación entre patas (W) (m)	13-15	15-17	15-17	15-17	15-17	15-17	
	N° de ruedas por pata (n)	6	8	8	8	8	8	
	Separación de ruedas (S) (m)	1.00 -1.20	1.20 -1.50	1.30 -1.50	1.30 -1.50	1.30 -1.50	1.30 -1.50	
	Distancia entre topes (B) (m)	20-24	24-27	24-27	24-27	24-27	24-27	
	Distancia tirante anclaje/agarre (A) (m)	9	9	9	9	9	9	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN)¹⁾	En condiciones de operación²⁾	Vertical lado mar	450-600	500-600	600-850	900-950	950-1000	> 1025
		Vertical lado tierra	350-450	400-550	500-650	550-730	700-800	>825
		Horizontal⁵⁾	75-100	80-100	90-130	130-150	140-160	> 180
	En condiciones Extremas³⁾	Vertical lado mar	300-400	250-600	450-650	850-950	1000-1100	> 1300
		Vertical lado tierra	400-500	300-650	450-750	750-850	900-1000	> 1200
Horizontal⁵⁾		45-60	50-100	70-110	130-140	130-150	> 195	
MÁXIMA CARGA EN DISPOSITIVOS DE ANCLAJE	En condiciones Excepcionales debidas a viento extraordinario⁴⁾	Tiración tirante de anclaje (kN/pata)	500-3000	500-3500	500-3500	3500-4000	4000-5500	> 6000
		Horizontal en brochado (kN/lado)	850-1150	1200-2400	1750-2750	3250-3500	3250-3750	> 4.800

NOTAS

- Cuando, de acuerdo con lo previsto en esta Recomendación, se adopten los valores consignados en esta tabla para la definición de cargas mínimas, en aquellos parámetros que se incluya un rango de valores se utilizará a estos efectos el valor medio.

1) Las cargas máximas por rueda consignadas en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud para cada tipo de grúa, habiéndose

obtenido del análisis de las correspondientes a diferentes fabricantes. Dependiendo del fabricante, del tipo de carro y spreader y de la configuración geométrica, las variaciones pueden ser significativas por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por los equipos de manipulación, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación.

- 2) Considerando una velocidad de viento límite de operatividad en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 24\text{ m/s}$ ($\approx 86\text{ km/h}$), actuando en la dirección transversal a la banda de circulación del equipo y en el sentido más desfavorable, e incluyendo los efectos inerciales asociados con el movimiento del equipo y con la elevación de la carga. Definidas las cargas en las ruedas de las patas más cargadas, las cargas verticales sobre el resto de patas pueden obtenerse considerando que la suma de todas las cargas debe igualar a las cargas verticales actuantes (peso propio+máxima carga izada+efectos inerciales). Los efectos inerciales incluidos en las cargas consignadas en esta tabla pueden estimarse como el 15 % de la máxima carga izada.
- 3) Considerando que la velocidad de viento en el emplazamiento correspondiente a condiciones extremales es $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 40\text{ m/s}$ (144 km/h) en la dirección perpendicular a la banda de circulación del equipo. Definidas las cargas verticales en las ruedas de las patas más cargadas, las cargas de actuación simultánea sobre el resto de patas pueden obtenerse considerando que la suma de todas las cargas deben igualar a las cargas verticales actuantes (peso propio). Para la determinación de las cargas por rueda para otra velocidad del viento, puede utilizarse el siguiente procedimiento simplificado:
 - Considerar que el peso propio de equipo se reparte uniformemente entre todas las patas. De esta forma se puede obtener las componentes de la carga debido al viento en cada pata ($Q_{ic,2|v_0}$) tanto cargada como descargada para la velocidad del viento $V_0 = 40\text{ m/s}$.
 - Considerar que la componente del viento para una velocidad V_1 ($Q_{ic,2|v_1}$) puede obtenerse mediante la relación:

$$Q_{ic,2|v_1} = Q_{ic,2|v_0} \cdot (V_1/V_0)^2.$$
- 4) Considerando que la velocidad de viento en el emplazamiento correspondiente a condiciones excepcionales debido a viento extraordinario es $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 50\text{ m/s}$ (180 km/h) en la dirección perpendicular a la banda de circulación del equipo. Las máximas cargas por rueda en dicha condición de trabajo, así como las cargas de actuación simultánea con las cargas máximas en las ruedas de las patas descargadas, pueden determinarse a través del procedimiento establecido en 3) a partir de las definidas para condiciones extremales, considerando la velocidad del viento correspondiente a estas condiciones excepcionales. Así mismo, utilizando la metodología incluida en la Nota 3) pueden obtenerse las fuerzas de tracción en el tirante y la fuerza horizontal en el brochado para otra velocidad del viento. A estos efectos se considerará que, en esta condición, en los brochados se concentra la totalidad de la fuerza horizontal debida al viento.
- 5) Carga horizontal en dirección transversal a la dirección de rodadura, concordante con la dirección de actuación del viento. Definidas las cargas horizontales en las patas más cargadas, puede considerarse que sobre las otras patas actúa la misma carga horizontal. En condiciones normales de operación, para una velocidad del viento límite de operatividad de 24 m/s , la componente de la acción horizontal debida al viento puede aproximarse al 5 % de la carga máxima vertical sin considerar la componente vertical debida a los efectos inerciales. En condiciones normales de operación también debe considerarse que actúa simultáneamente una acción horizontal longitudinal adicional en la dirección de la banda de circulación del equipo, causada por los posibles movimientos del equipo (traslación o frenada) en la dirección de rodadura. Esta última acción horizontal puede estimarse como el 15 % de las cargas verticales.
- 6) Los otros valores representativos (de combinación, frecuente y cuasi-permanente) en condiciones del equipo fuera de servicio pueden aproximarse a partir de las máximas cargas por rueda correspondientes a condiciones extremas, considerando la velocidad del viento que le corresponda a cada valor representativo de acuerdo con los dispuesto en la tabla 4.6.4.8., calculados a través del procedimiento establecido en la cláusula 3). En condiciones del equipo en servicio, simplificadaamente podrán adoptarse valores reducidos de los valores establecidos para condiciones normales de operación que, para el caso del valor frecuente serán iguales a 0.95 los correspondientes a dichos valores y para el caso del valor cuasi-permanente el 0.90.

En obras de atraque y amarre para el resto de usos no se adoptan cargas mínimas transmitidas por equipos de manipulación de movilidad restringida.

El resumen de las cargas mínimas transmitidas por equipos de manipulación de mercancías de movilidad restringida a adoptar en las áreas de operación de obras de atraque y amarre en las que estén previstos sistemas de carga y descarga del buque mediante sistemas discontinuos por elevación se incluye en la tabla 4.6.4.23.

a₂) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio

Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable para dicha verificación en cada condición de trabajo sea la combinación poco probable o fundamental será de aplicación lo dispuesto en el subapartado a₁) de este apartado para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos. Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable sea la combinación frecuente o cuasi-permanente (ver apartado 4.1.1.2) se adoptarán como valores representativos de las cargas transmitidas por equipos de manipulación fijos y de movilidad restringida los valores frecuentes y cuasi-permanentes definidos en el subapartado anterior.

a₃) Para la verificación de modos de parada operativa

El agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de las operaciones de carga y descarga de mercancías con buque atracado es el agente “manipulación de mercancías mediante sistemas discontinuos por elevación con equipos fijos y de movilidad restringida ($q_{v,211}$)”, cuando la operativa de carga y descarga del buque se realice mediante este tipo de equipos.

A los efectos de verificar este modo de parada operativa se definirán los valores umbral de las variables de los agentes climáticos que limitan las operaciones de carga y descarga del buque, para cada una de las siguientes causas de paralización de estas operaciones que sean relevantes en el emplazamiento, de acuerdo con lo dispuesto para las correspondientes condiciones de trabajo de operación de este agente en el subapartado a₁) de este apartado:

- Paralización por razones intrínsecas de seguridad del equipo y de la operación.
- Paralización por incompatibilidad con los movimientos del buque atracado.
- Paralización por rebases de las aguas exteriores o, en su caso, del trasdós, sobre el nivel de coronación de la obra de atraque.
- Paralización por rebases del oleaje sobre la coronación de obras de abrigo, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a éstas.
- Paralización por insuficiencia de alturas de elevación del equipo de manipulación.

El nivel de operatividad conjunto correspondiente a este modo de parada podrá aproximarse al complementario de la suma de las probabilidades de parada asociadas a las diferentes causas de paralización de las operaciones de carga y descarga [$1 - (P_{\text{paralización 1}} + P_{\text{paralización 2}} + P_{\text{paralización 3}} + P_{\text{paralización 4}} + P_{\text{paralización 5}})$], siempre que se tomen en consideración la incidencia que tienen los casos en que se produce simultaneidad de ocurrencia de dos o más causas de paralización de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.1.1.3 de esta Recomendación.

Se adoptará como variable climática predominante la velocidad del viento para la causa de paralización por seguridad del equipo, el nivel alto y bajo de las aguas y, en su caso, la altura de ola, para las causas de paralización por rebases o insuficiencia de alturas de elevación del equipo, y la velocidad del viento, la altura de ola, el periodo del oleaje o la velocidad de la corriente para la causa de paralización por movimientos del buque atracado. En esta última causa, cuando debido a las condiciones del emplazamiento no sea factible discriminar cual es la variable climática predominante, se repetirá el proceso considerando cada uno de ellas como predominante.

Tal como se ha indicado en el apartado 3.2.2.1 cuando se utilicen equipos de manipulación de mercancías por elevación es recomendable que los niveles de coronación de las obras de atraque se proyecten de modo que la probabilidad de parada de las operaciones de carga y descarga asociada con los rebases de las aguas exteriores y con la insuficiencia de las alturas de elevación del equipo sea nominalmente nula. De igual forma, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a diques es recomendable que los niveles de coronación de las obras de abrigo se proyecten de modo que la probabilidad de parada de las operaciones de carga y descarga asociada con los rebases de oleaje a través de la coronación del dique sea nominalmente nula. Cumpliendo estas recomendaciones no será necesario considerar para la verificación de los niveles de operatividad la contribución de estas causas de paralización de las operaciones de carga y descarga.

b) Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilísticas de las ecuaciones de verificación de los modos de fallo es admisible considerar simplificada que las cargas más desfavorables para el modo de fallo analizado transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida se pueden definir para los ciclos de sollicitación correspondientes a condiciones de trabajo extremas y excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario por medio de funciones de distribución obtenidas como funciones derivadas de las funciones de distribución extremales marginales de la velocidad del viento en el emplazamiento, considerando posición replegada del equipo o de tormenta con dispositivos de anclaje activados respectivamente. En el caso de que para el modo de fallo considerado, el viento no sea el agente predominante del estado meteorológico de proyecto pero esté correlacionado con este último, se utilizarán las funciones de distribución de la velocidad del viento condicionadas a cada valor de la variable climática predominante (ver apartado 4.6.2.1. b).

Para los ciclos de sollicitación correspondientes a condiciones operativas (realización de las operaciones de carga y descarga), cuando se definen directamente valores nominales límite de las cargas transmitidas por los equipos en esas condiciones se considerarán estos valores como deterministas. Cuando se definen límites de operatividad del equipo u otras condiciones de operatividad asociados a la velocidad del viento, se considerará que las componentes debidas al viento que se introducen en la relación funcional que relaciona en cada equipo las cargas transmitidas con los agentes causantes se comportan como deterministas en los estados de proyecto representativos de los límite de operatividad. En el caso que la variable que define el ciclo de sollicitación correspondiente a estas u otras condiciones operativas no sea el viento (p.e. movimientos del buque debido a agitación por oleaje) se considerará que la componente debida al viento de las cargas transmitidas por los equipos, para cada configuración de los mismos, posición de la carga y dirección del viento, se define a través de una función de distribución derivada de la función de distribución de la variable velocidad del viento condicionada al valor del límite de operatividad de la variable climática que determina la operatividad de la instalación, siempre que puedan considerarse correlacionadas, y truncada, en su caso, en el límite de operatividad establecido para el viento por los fabricantes de los equipos o por otras causas. En el caso de que el viento se considere independiente del agente climático que condiciona las operaciones de carga y descarga u otras condiciones de operatividad, la función de distribución de la componente de las cargas debidas al viento se derivará del régimen medio de la velocidad del viento en el emplazamiento, truncado, en su caso, por el límite de operatividad establecido para el mismo (ver apartado 4.6.2.1. b).

Para los ciclos de sollicitación correspondientes a condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental, así como a condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de la acción sísmica, las funciones de distribución de las componentes debidas al viento de las cargas transmitidas por los equipos se derivarán de los regímenes medios marginales de la velocidad del viento (ver apartado 4.6.2.1. b), salvo en aquellos casos en los que la acción accidental está asociada a un determinado estado meteorológico y correlacionada con el viento. En este caso, las componentes debidas al viento de las cargas transmitidas por los equipos se considerará determinista si el viento define dicho estado meteorológico. Si no es así, las funciones de distribución se derivarán de la función de distribu-

ción de la velocidad del viento condicionada al valor de la variable climática que define el estado meteorológico.

En todos los casos se considerará que las componentes debidas al peso propio del equipo que se introducen en la relación funcional que relaciona en cada equipo las cargas transmitidas con los agentes causantes, para la configuración del equipo y, en su caso, posición de la carga manipulada y sistemas de anclaje considerado, se definen considerando su valor nominal y que las componentes debidas al peso y movimiento de la carga manipulada en los ciclos de solicitud en condiciones operativas y en los ciclos de solicitud correspondientes a condiciones excepcionales cuando se considere que el equipo está en servicio se definen considerando que la función de distribución del peso de la carga manipulada es una normal de media el 80 % del valor nominal y coeficiente de variación 0.15.

Estas aproximaciones pueden aplicarse para definir las funciones de distribución de las máximas cargas por rueda transmitidas por las grúas pórtico y de contenedores tipo considerados en las tablas 4.6.4.9 y 4.6.4.10 durante los ciclos de solicitud correspondientes a condiciones extremas y excepcionales, a partir de los datos consignados en las mismas y la metodología definida para su adaptación a diferentes velocidad del viento. Por tanto, este procedimiento también será de aplicación para la definición probabilista en dichos ciclos de las cargas mínimas a considerar para cada uso de la obra de atraque y tamaño del buque máximo de proyecto, de acuerdo con lo señalado en el apartado anterior de esta Recomendación. Las cargas máximas incluidas en estas tablas correspondientes al ciclo de solicitud en condiciones operativas podrán considerarse como valores nominales de los límites operativos establecidos por criterios de explotación del equipo y por tanto, simplificada, carentes de incertidumbre estadística durante la fase de servicio, siempre que sea el viento el agente que determine la operatividad de la instalación.

Para la verificación probabilista del modo de parada correspondiente a la paralización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado se utilizarán los diferentes regímenes medios conjuntos de las variables de los agentes climáticos dependientes entre sí cuyos valores umbral definen las diferentes causas de paralización asociadas a este modo, verificándose simultáneamente dichas causas de paralización para la obtención de la probabilidad de parada con el objeto de no duplicar la contribución a dicha probabilidad de causas de parada que ocurren simultáneamente con los mismos valores de los agentes climáticos.

4.6.4.2.1.1.2 Cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación ($q_{v,212}$)

Las cargas a tomar en consideración que afectan a las obras de atraque y amarre transmitidas por los equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación, como las grúas móviles sobre neumáticos u orugas³⁴, son debi-

³⁴ Las grúas sobre orugas es probable que causen daños relevantes en la superficie de las obras de atraque y en los pavimentos portuarios por lo que se recomienda no considerarlos como equipos de manipulación para la realización de actividades de carga, descarga, estiba y desestiba en obras de atraque y amarre de carácter definitivo. No obstante la utilización de este tipo de equipos puede ser necesario tomarla en consideración para la verificación de la obra en la fase de construcción. Por dicha razón, la caracterización de este agente en el caso de equipos sobre orugas no se desarrolla en este apartado, considerándose, no como un agente de manipulación de mercancías, sino como un agente asociado con el método constructivo. En el caso de que se prevea su utilización en las

das fundamentalmente a las reacciones y presiones ejercidas, bien en los calzos estabilizadores necesarios para llevar a cabo las operaciones de carga y descarga en las condiciones de capacidad/alcance establecidas para el equipo sobre neumáticos, bien en las orugas.

Dichas cargas están asociadas fundamentalmente con los siguientes factores:

- Configuración geométrica del equipo, particularmente en lo que se refiere al número, disposición, separación, forma y tamaño de los calzos estabilizadores o de las orugas.
- Peso propio del equipo, incluyendo el peso de los sistemas o dispositivos de elevación o carga (gancho, cuchara o spreader).
- Capacidad de elevación del equipo en relación con su alcance.
- Efectos inerciales asociados con el movimiento del equipo y con la elevación de la carga
- Los efectos de los agentes del medio físico, particularmente el viento.

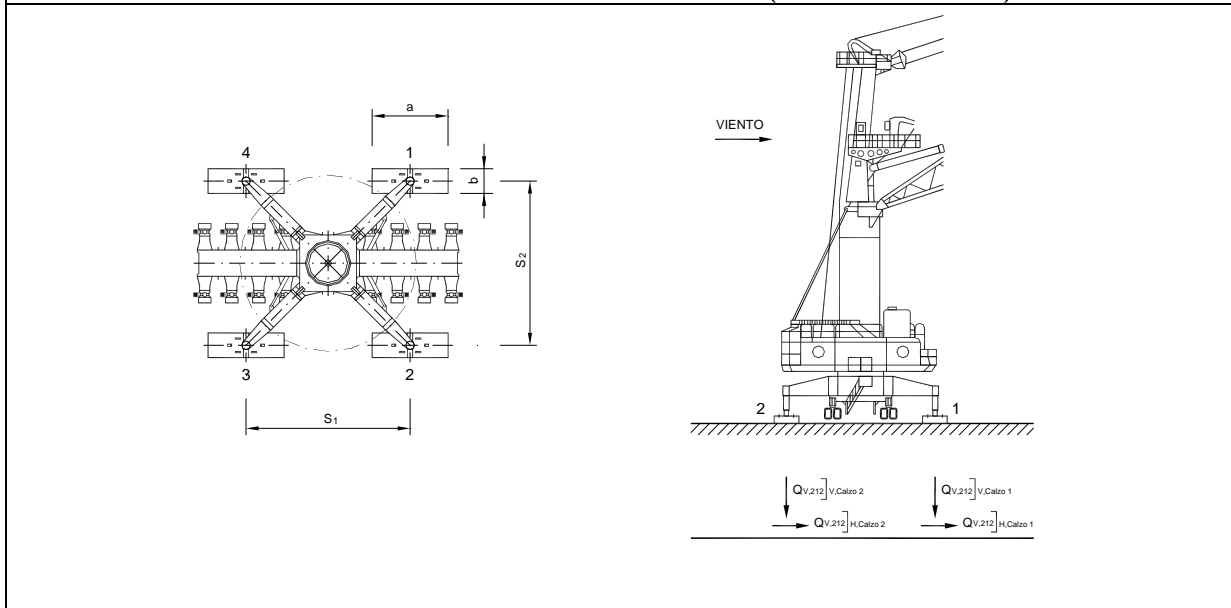
Los parámetros que definen a este agente para el caso de equipos sobre neumáticos se incluyen en la tabla 4.6.4.11. Para una determinada posición de la pluma y de la carga, este agente se define mediante las cargas concentradas correspondientes a las acciones y presiones verticales y a las acciones horizontales en los calzos estabilizadores cuando el equipo está en condiciones operativas de carga o descarga. A los efectos de la definición de este agente no se consideran las cargas transmitidas por el equipo en condiciones de rodadura o las transmitidas por las ruedas en el caso de realizar operaciones de carga-descarga sin calzos estabilizadores en equipos, ya que la capacidad de elevación del equipo en estas condiciones, y por tanto las cargas transmitidas, son significativamente menores.

Su distribución espacial se considerará libre, limitada, en su caso, únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la instalación. Para cada estado de proyecto, se adoptará la posición de los calzos estabilizadores y la distribución de cargas entre cada uno de ellos, correspondiente a la configuración del equipo, dirección del viento y posición de la carga, que produzca el efecto más desfavorable para el modo de fallo analizado.

A los efectos de la verificación de modos de fallo locales, en general será suficiente adoptar una única carga vertical concentrada, correspondiente al valor mayor que se produce en un calzo estabilizador, considerando todas las configuraciones del equipo, carga y viento compatibles con el estado de proyecto analizado, conjuntamente con la carga horizontal compatible con la misma en el calzo. No será necesaria la consideración de este agente para la verificación de modos de fallo globales en aquellos casos en los que la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento de actuación simultánea considerada en el emplazamiento sea mayor que la máxima carga vertical total transmitida por los calzos (peso propio del equipo+máxima capacidad de elevación), distribuida uniformemente en la superficie contenida entre sus centros de gravedad (base soporte). En el caso contrario, se considerará la posibilidad de actuación simultánea de varios equipos de manipulación de movilidad no restringida.

operaciones portuarias, las presiones transmitidas por dichos equipos son menores que las transmitidas por los equipos de movilidad no restringida sobre neumáticos de capacidad equivalente, por lo que estos últimos suelen ser más restrictivos a los efectos de la verificación de los modos de fallo locales.

TABLA 4.6.4.11. PARÁMETROS QUE DEFINEN LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS DE MOVILIDAD NO RESTRINGIDA SOBRE NEUMÁTICOS (GRÚAS MÓVILES)



CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Nº de calzos estabilizadores		N
	Disposición de los calzos		1)
	Forma de los calzos		1)
	Tamaño de los calzos		$a \times b$ ¹⁾
	Dimensiones de la base soporte		$S_1 \times S_2$ ¹⁾
CARGA EN CALZO ESTABILIZADOR	CALZO ESTABILIZADOR 1	VERTICAL	$Q_{v,212} V_{,calzo 1}$
		HORIZONTAL ²⁾	$Q_{v,212} H_{,calzo 1}$
	CALZO ESTABILIZADOR 2	VERTICAL	$Q_{v,212} V_{,calzo 2}$
		HORIZONTAL ²⁾	$Q_{v,212} H_{,calzo 2}$
	CALZO ESTABILIZADOR 3	VERTICAL	$Q_{v,212} V_{,calzo 3}$
		HORIZONTAL ²⁾	$Q_{v,212} H_{,calzo 3}$
	CALZO ESTABILIZADOR n	VERTICAL	$Q_{v,212} V_{,calzo n}$
		HORIZONTAL ²⁾	$Q_{v,212} H_{,calzo n}$

NOTAS

- 1) La forma y disposición más común de los calzos estabilizadores es rectangular, aunque también pueden darse disposiciones triangulares y calzos de forma circular.
- 2) Las acciones horizontales en los calzos estabilizadores tienen la misma dirección que el viento actuante.

Las cargas transmitidas por los equipos de movilidad no restringida se considerarán únicamente en los estados de proyecto representativos de los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones operativas correspondientes a la realización de las operaciones de carga y descarga), así como en los estados sísmicos y en los estados asociados a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario (condiciones excepcionales), ya que cuando no está operando o se presentan condiciones de temporal (condiciones de trabajo extremas o excepcionales debidas a la presencia de viento extraordinario) el equipo está fuera de servicio, estacionándose en áreas alejadas de la obra de atraque y amarre. Las cargas transmitidas por cada uno de los equipos en estas condiciones se obtendrán a partir de la combinación de las acciones simultáneas y compatibles que actúan sobre los equipos en dichos estados; es decir, las debidas al peso propio del equipo, a la carga manipulada (incluyendo los efectos inerciales asociados con el movimiento de la carga) y al viento, tomando en consideración las diferentes posiciones del equipo y de la carga manipulada y la dirección del viento. Para ello, el fabricante del equipo deberá suministrar las cargas verticales y horizontales transmitidas por cada agente actuando aisladamente en cada una de las posiciones diferenciadas relevantes de la pluma (frontal, lateral y esquina)

considerando para cada una de ellas la combinación máxima capacidad de carga/alcance. Para ello es recomendable solicitar estos datos al fabricante con el formato y requerimientos señalados en la tabla 4.6.4.12, de forma que sea posible definir los valores representativos y, en su caso, las funciones de distribución asociados con dichas cargas.

TABLA 4.6.4.12. FORMATO PARA LA DESCOMPOSICION DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR GRÚAS MÓVILES SOBRE NEUMATICOS EN FUNCIÓN DE LOS DIFERENTES AGENTES ACTUANTES, A SUMINISTRAR POR EL FABRICANTE

AGENTE	POSICIÓN DE LA PLUMA	POSICIÓN DE CARGA MANIPULADA	CARGAS POR CALZO ESTABILIZADOR								
			CALZO 1		CALZO 2		CALZO 3		CALZO 4		
			V	H	V	H	V	H	V	H	
A. Peso propio del equipo	Frontal centrada	-----									
	Lateral centrada	-----									
	En esquina	-----									
B. Carga manipulada + efectos inerciales	Frontal centrada	capacidad de carga/máximo alcance									
		capacidad de carga/mínimo alcance									
	Lateral centrada	capacidad de carga/máximo alcance									
		capacidad de carga/mínimo alcance									
	En esquina	capacidad de carga/máximo alcance									
		capacidad de carga/mínimo alcance									
C. Viento límite de operatividad en dirección frontal ¹⁾	Frontal centrada	-----									
C. Viento límite de operatividad en dirección transversal ¹⁾	Lateral centrada	-----									
C. Viento límite de operatividad en dirección 45° ¹⁾	En esquina	-----									
NOTAS											
- Condiciones de operación (equipo en servicio): [A+B+C] (para cada una de las posiciones de la pluma y de la carga manipulada.											
1) Las componentes debidas al viento se obtendrán para una velocidad V ₀ . Conocidas las componentes debidas al viento asociadas con esta velocidad del viento pueden obtenerse las asociadas con cualquier otra velocidad V ₁ multiplicándolas por la relación (V ₁ /V ₀) ² .											

En función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación, las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de movilidad no restringida se definirán:

a) Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas

a₁) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos

- En condiciones normales de operación correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado, las cargas transmitidas por los equipos de movilidad no restringida podrán definirse a través de valo-

res nominales establecidos directamente por el promotor cuando no esté en condiciones de explicitar en la fase de proyecto los equipos concretos o de valores representativos establecidos por criterios de explotación o bien por criterios ambientales, climáticos, legales o de seguridad existentes para la operatividad de los equipos previstos o de los buques de proyecto.

En el caso de que el promotor fije directamente el valor nominal límite de dichas cargas deberá asociarlo a una velocidad y dirección del viento para poder combinar estas cargas con las producidas por los otros agentes de actuación simultánea y, también para poder asociar a las mismas una probabilidad de presentación en el emplazamiento necesaria para la verificación del nivel de operatividad de la instalación correspondiente al modo de parada operativa “realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado”. Cuando en una fase posterior se conozcan con detalle los equipos o éstos se adquieran por el explotador de la instalación de atraque deberá comprobarse que el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos en las condiciones de explotación que se establezcan, obtenido de acuerdo con la metodología definida en este apartado, no supera el valor nominal establecido. En caso contrario, deberán definirse nuevas condiciones límite de operatividad para dichos equipos más restrictivas con el objeto de garantizar esta condición. Lo mismo deberá realizarse si previamente a la entrada en servicio de la instalación de atraque o durante una fase de rehabilitación o readaptación de la misma a nuevas necesidades de la demanda se modifican los equipos previstos en la fase de proyecto.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación de movilidad no restringida, el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos se obtendrá como:

- El valor más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por los equipos en condiciones de servicio correspondientes a carga y descarga del buque, en las condiciones climáticas establecidas como límite para que dicho equipo pueda realizar dichas operaciones. Para el cálculo de estos valores, el valor representativo de la velocidad y dirección del viento deberá ser el correspondiente al estado de proyecto considerado, compatible con los valores representativos del resto de acciones climáticas que definen el estado meteorológico en dichas condiciones (Ver tabla 4.6.2.2), e idéntico al adoptado para la definición de los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea que dependen del viento. Cuando el viento se considere que es el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado, bien por la paralización de las operaciones de la grúa por condiciones de seguridad bien por causar movimientos del buque incompatibles con la realización de las citadas operaciones, se adoptará para la definición de las cargas el valor menor de la velocidad del viento de entre los que limitan estas operaciones. A falta de otros criterios se adoptará como viento límite para la realización de estas operaciones aquél cuya velocidad media en el intervalo (ráfaga) de 3 s a 10 m de altura sea 24 m/s (\cong 86 km/h) (Ver tabla 3.2.1.3). Si el agente predominante puede ser otro agente climático (p.e. el oleaje que produce la agitación máxima que impide las operaciones de carga y descarga por producir movimientos del buque no compatibles

con la realización de estas operaciones o los niveles de agua que impiden las operaciones de los equipos por rebases u otras causas) se considerarán adicionalmente las situaciones asociadas a cada una de las causas de paralización de las operaciones de carga y descarga (Ver subapartado a₃ de este apartado) , adoptando la velocidad del viento simultáneo compatible con el valor de dicho agente en dicho estado meteorológico (Ver apartado 4.6.2.1. Agentes climáticos), por si pudieran ser más desfavorables para el modo de fallo analizado, aunque sean más limitativas en lo que respecta a la velocidad del viento). A los efectos de las cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida, únicamente se tomarán en consideración estas últimas situaciones si la velocidad del viento compatible con las mismas no supera el valor umbral más limitativo establecido en aquellos casos en que se considera que el viento es el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado.

Los órdenes de magnitud de los máximos movimientos horizontales y verticales de los buques admisibles para poder realizar las operaciones de carga y descarga por elevación se recogen en la tabla 4.6.4.22. A falta de estudios más precisos entre movimientos del buque atracado y agente climático actuante, pueden adoptarse como valores del agente climático predominante que define el estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga por elevación del buque atracado los recogidos en la tabla 3.2.1.3.

En otras condiciones normales operativas de la instalación (p.e. operaciones de atraque) no se considerará la actuación de este agente.

- En condiciones extremas y en condiciones excepcionales debidas a la presentación de viento de carácter extraordinario no se consideran cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida.
- En condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario, se considera únicamente que el equipo está en servicio cuando se produce un estado asociado a la presentación de dicha acción accidental.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación de movilidad no restringida, en esta situación el valor representativo de las cargas será su valor frecuente o su valor cuasi-permanente, en función de que el viento sea o no sea la acción climática predominante en el estado meteorológico considerado en estas condiciones. Estos valores se definirán como:

- Se adoptará como valor frecuente el más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por el equipo en servicio, actuando el valor frecuente de la velocidad del viento (Ver tabla 4.6.2.2) y el cuasi-permanente de cargas en elevación y efectos inerciales asociados.
- Se adoptará como valor cuasi-permanente el más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por el equipo en servicio actuando el valor cuasi-permanente de la velocidad del viento, de las cargas de elevación y de los efectos inerciales asociados. No obstante, cuan-

do el viento sea dependiente del agente climático predominante en el estado meteorológico correspondiente a estas condiciones, se adoptará el valor de la velocidad del viento compatible con el valor representativo adoptado para el agente climático predominante (ver tabla 4.6.2.2).

La dirección adoptada para la velocidad del viento será la compatible con el resto de agentes climáticos que definen el estado meteorológico de proyecto en estas condiciones excepcionales y la misma que la adoptada para los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea en dicho estado que dependan del agente viento.

Cuando en la fase de proyecto no se hayan explicitado los equipos, habiéndose definido valores nominales para condiciones de operación, simplificada en estas condiciones excepcionales podrán adoptarse valores reducidos de las componentes verticales que para el caso del valor frecuente serán iguales a 0.95 los correspondientes a dichos valores nominales y para el caso del valor cuasi-permanente el 0.90 de dichos valores. En ambos casos se considerará que las componentes horizontales de actuación simultánea son nulas.

- En condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica se considera que el equipo únicamente puede estar en servicio cuando se produce un estado sísmico en el emplazamiento. (Ver apartado 4.6.2.4). En esta situación, a los efectos de la verificación de la obra de atraque y amarre pueden desprejarse las acciones horizontales debidas al sismo asociadas a la masa de la grúa.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos de manipulación de movilidad no restringida, en esta situación el valor representativo de las cargas será su valor cuasi-permanente, definido en el subapartado de condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario.

Cuando en la fase de proyecto no se hayan explicitado los equipos, habiéndose definido valores nominales para condiciones normales de operación, simplificada en estas condiciones podrán adoptarse valores reducidos de las cargas verticales igual a 0.90 los correspondientes a los valores nominales. Así mismo se considerará que las componentes horizontales de actuación simultánea son nulas.

Los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos de movilidad no restringida cuando estén definidos en la fase de proyecto se resumen en la tabla 4.6.4.13.

En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados por el fabricante para los equipos de manipulación de movilidad no restringida previstos por el promotor en función del tipo de mercancía y del tamaño y características de la flota previsible de buques en el atraque, podrán adoptarse como órdenes de magnitud indicativos de los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de movilidad no restringida actualmente considerados como tipo los consignados en la tabla 4.6.4.14 para grúas móviles.

TABLA 4.6.4.13. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS PARA MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS CON MOVILIDAD NO RES-TRINGIDA (GRÚAS MÓVILES) (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos)

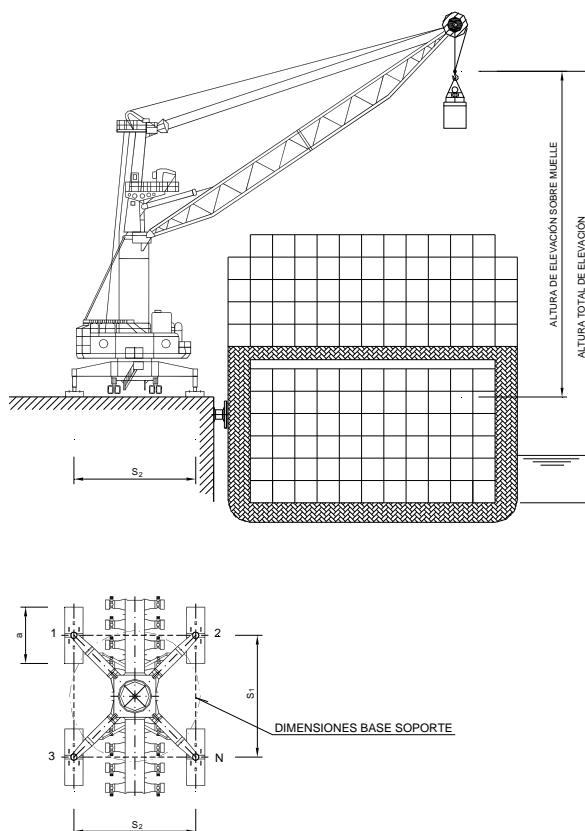
CONDICIÓN DE TRABAJO	Valor Característico ($q_{v,212k}$)	Valor de Combinación ($\Psi_0 q_{v,212k}$)	Valor Frecuente ($\Psi_1 q_{v,212k}$)	Valor Cuasi-permanente ($\Psi_2 q_{v,212k}$)
Condiciones de Trabajo Operativas correspondiente al estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado (CT1,1)	Límites operativos establecidos para las operaciones de carga y descarga con buque atracado (carga más desfavorable transmitida por el equipo en condiciones de servicio = [valores nominales de (peso propio+elevación de carga según alcance+efectos inerciales) + velocidad del viento límite de operatividad para realizar estas operaciones. En general $V_{v,3s}=24$ m/s si el viento es el agente predominante para la definición del estado límite ¹⁾]			
Condiciones de Trabajo Extremas (CT2)	-----	-----	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario (CT3,1)	-----	-----	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario²⁾ (CT3,2)	Cargas más desfavorables transmitidas por el equipo en situación de servicio = valor nominal del peso propio + valor cuasipermanente de las cargas de elevación según alcance y efectos inerciales asociados (0.8 valores nominales) + velocidad del viento correspondiente a:			
	-----	-----	Probabilidad de excedencia del 85 % tomada del régimen medio	Probabilidad de excedencia del 50 % tomada del régimen medio
Condiciones de Trabajo Extremas o Excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica (CT3,31 y CT3,32)	Cargas más desfavorables transmitidas por el equipo en situación de servicio = valor nominal del peso propio + valor cuasipermanente de las cargas de elevación según alcance y efectos inerciales asociados (0.8 valores nominales) + velocidad del viento correspondiente a:			
	-----	-----	-----	Probabilidad de excedencia del 50 % tomada del régimen medio ³⁾
NOTAS				
<p>1) Si el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga es otro agente climático (p.e. el oleaje que produce la agitación máxima compatible con las operaciones de carga y descarga) se adoptará la velocidad del viento compatible con el valor considerado para dicho agente (ver apartado 4.6.2.1).</p> <p>2) Se adoptará como valor representativo el valor frecuente cuando el viento sea el agente climático predominante para el modo de fallo analizado. En el caso de que el viento no fuera el agente climático predominante se adoptará el valor cuasipermanente, salvo que el viento sea dependiente del agente climático predominante en cuyo caso se considerará para el viento el valor compatible con el adoptado para dicho agente. (Ver tabla 4.6.2.2).</p> <p>3) En el caso de que el viento no sea el agente climático predominante y sea dependiente de este último se considerará para el viento el valor compatible con el adoptado para el predominante (Ver tabla 4.6.2.2)</p> <p>4) El proyectista evaluará la incertidumbre estadística asociada a los datos disponibles con los que se ha estimado las funciones de distribución de la velocidad del viento. Salvo justificación detallada, para la obtención de los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos de manipulación se tomarán los valores superiores del intervalo de confianza del 90 %.</p>				

- **Cargas mínimas**

Las grúas móviles son cada vez más utilizadas como equipos de manipulación de mercancías en obras de atraque y amarre en las que estén previstos sistemas discontinuos de carga-descarga de los buques por elevación, debido a la versatilidad de dichos equipos para los operadores portuarios que están asumiendo las inversiones en equipos de manipulación, a su rápida movilidad que permiten su utilización en diferentes obras de atraque y a que la evolución tecnológica de los mismos está permitiendo alcanzar mejores rendimientos en las operaciones portuarias realizadas con estos equipos, haciéndolos progresivamente más competitivos en relación con los equipos de manipulación de movilidad restringida, particularmente para algunos tráficos. Por dichas razones, es recomendable que las obras de atraque y amarre accesibles al tráfico rodado en las que se prevea la carga-descarga de los buques por elevación mediante sistemas discontinuos se considere siempre la actuación de este tipo de equipos, aunque inicialmente no estén previstos por el promotor. Además, en previsión de posibles variaciones

razonables en las condiciones de utilización y criterios de explotación de las instalaciones durante la vida útil, es recomendable que se adopten como mínimo las siguientes cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida en las obras de atraque y amarre en función de los usos y de las características de los buques de proyecto:

TABLA 4.6.4.14. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR GRÚAS PORTUARIAS MÓVILES TIPO ⁶⁾



		TIPO DE GRÚA MÓVIL						
Capacidad de carga bajo gancho (kN) con máximo alcance (m)		100/25	150/30	250/35	300/40	400/45	500/50	
Capacidad de carga (kN) bajo gancho con mínimo alcance (m)		350/6	400/8	600/8	850/10	1000/10	1500/11	
Tamaño buque máximo de proyecto ¹⁾		Feeder			Panamax	Post Panamax	Super Post Panamax	
Tonelaje (TPM)		< 10000	10000-15000	15000-25000	25000-50000	50000-100000	> 100000	
Manga del buque (m)		< 22.5	22.5-25	25-28.5	28.5-32.5	32.5-40	>40	
CARACTERÍSTICAS GRUA	Max. altura elevación sobre muelle (m)	18-22	18-25	25-30	30-32	30-35	35-38	
	Max. Altura total de elevación (m)	30-33	33-35	40-45	45-47	45-50	50-53	
	Peso (kN)	800-1200	1100-1500	1800-2400	2500-3000	3000-4000	4000-4500	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Nº calzos estabilizadores (N)	4	4	4	4	4	4	
	Disposición de los calzos	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	
	Forma de los calzos	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	
	Tamaño de los calzos ²⁾ (a x b)							
	Dimensiones de la base soporte (S ₁ x S ₂) (m x m)	10 x 8	12 x 9	11 x 10	11 x 11	12 x 12	15 x 12	
MÁXIMA CARGA POR CALZO (kN) ³⁾⁴⁾	En condiciones de operación ⁵⁾	Vertical	550	750	1200	1500	2000	2500
		Horizontal	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert

NOTAS

- Cuando, de acuerdo con lo previsto en esta Recomendación, se adopten los valores consignados en esta tabla para la definición de cargas mínimas, en aquellos parámetros que se incluya un rango de valores se utilizará a estos efectos el valor medio.

1) El tipo de grúa que se recomienda en función del buque máximo de proyecto debe tomarse como especialmente indicada para obras de atraque y amarre de usos comerciales para graneles sólidos y mercancía general convencional ordinaria. Para obras de atraque multipropósito, ferris, carga convencional pesada y contenedores debe tomarse en consideración adicionalmente el peso unitario de las mercancías a manipular, por lo que es conveniente la utilización como mínimo de grúas móviles 250/35 para estos usos, independientemente de la manga del máximo buque de proyecto. Para el resto de usos, siempre que el tráfico rodado sea accesible a la instalación, es conveniente la utilización como mínimo de grúas móviles 100/25 en previsión de que pueda ser necesario utilizar una grúa móvil por cualquier causa (p.e. para el montaje, desmontaje o reparación de un brazo articulado de carga/descarga de graneles líquidos, la reparación de un buque pesquero o deportivo, etc.).

2) No se incluyen tamaños tipo de calzos estabilizadores ya que éstos pueden ser muy variables en función del fabricante del equipo, adaptándose en general a los requerimientos del promotor. A falta de datos más precisos pueden considerarse como usuales presiones del orden de 1000 kN/m².

3) Las cargas máximas por calzo estabilizador consignadas en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud para cada tipo de grúa, habiéndose obtenido del análisis de las correspondientes a diferentes fabricantes. Dependiendo del fabricante y de la configuración geométrica, las variaciones pueden ser significativas por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si éste no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por este tipo de equipos, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación.

4) Del lado de la seguridad, puede considerarse que las cargas verticales sobre cada uno de los calzos estabilizadores puede inferirse a partir de la máxima carga por calzo, considerando que ésta actúa simultáneamente sobre dos calzos situados en un mismo lado del equipo, actuando sobre cada uno de los dos restantes las cargas resultantes de considerar que la suma de todas las cargas debe igualar a la suma de todas las cargas actuantes (peso propio+máxima carga izada + efectos inerciales). Los efectos inerciales pueden estimarse como el 15 % de la máxima carga izada. La carga horizontal en cada calzo será el 5% de la máxima carga vertical, en la dirección de actuación del viento. En estos equipos puede considerarse que no es relevante la componente de la acción horizontal debida al viento.

5) Considerando una velocidad de viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 24\text{ m/s}$ ($\cong 86\text{ km/h}$) en la dirección más desfavorable, incluyendo los efectos inerciales asociados al movimiento de la carga manipulada.

6) Puede considerarse suficientemente aproximado adoptar como valores frecuente y cuasi-permanente de las cargas transmitidas por las grúas móviles los valores reducidos de las componentes verticales que para el caso del valor frecuente serán iguales a 0.95 los correspondientes a dichos valores nominales y para el caso del valor cuasi-permanente el 0.90 de dichos valores. En ambos casos se considerará que las componentes horizontales de actuación simultánea son nulas.

○ Para usos comerciales de graneles sólidos y mercancía general convencional ordinaria

En función de la manga del buque máximo de proyecto, las cargas correspondientes a las grúas móviles incluidas en la tabla 4.6.4.14 tendrán la consideración de cargas mínimas en proyectos de obras de atraque y amarre para usos comerciales de graneles sólidos y mercancía general convencional ordinaria.

○ Para usos comerciales de mercancía general convencional pesada, contenedores, ferris y multipropósito, así como para usos industriales y militares

Para buques máximos de proyecto tipo Panamax, Post-Panamax y Super Post-Panamax, las cargas correspondientes a las grúas móviles incluidas en la tabla 4.6.4.14. tendrán la consideración de cargas mínimas en proyectos de obras de atraque y amarre para usos comerciales de mercancía general convencional pesada, contenedores, ferris y multipropósito, así como para usos industriales y militares. Para buques máximos tipo Feeder o Sub-Panamax, las cargas correspondientes a la grúa móvil 250/35 incluidas en dicha tabla tendrán la consideración de cargas mínimas, independientemente de la manga del máximo buque de proyecto.

En obras de atraque y amarre para el resto de usos, independientemente del sistema de manipulación de mercancías previsto, las cargas transmitidas por la grúa móvil 100/25 incluidas en la tabla 4.6.4.14 tendrán la consideración de cargas mínimas, siempre que la obra de atraque sea accesible al tráfico rodado. En las obras de atraque y amarre no accesibles al tráfico rodado no se considerarán cargas mínimas transmitidas por equipos de manipulación de movilidad no restringida.

El resumen de las cargas mínimas transmitidas por equipos de manipulación de mercancías de movilidad no restringida a adoptar en las áreas de operación de obras de atraque y amarre en las que estén previstos sistemas de carga y descarga del buque mediante sistemas discontinuos por elevación se incluye en la tabla 4.6.4.23.

a₂) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio

Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable para dicha verificación en cada condición de trabajo sea la combinación poco probable o fundamental será de aplicación lo dispuesto en el subapartado a₁) de este apartado para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos. Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable sea la combinación frecuente o cuasi-permanente (ver apartado 4.1.1.2) se adoptarán como valores representativos de las cargas transmitidas por equipos de manipulación de movilidad no restringida los valores frecuentes y cuasi-permanentes definidos en el subapartado anterior.

a₃) Para la verificación de modos de parada operativa

El agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de operaciones de carga y descarga con buque atracado es el agente “manipulación de mercancías mediante sistemas discontinuos por elevación con equipos de movilidad no restringida (grúas móviles) ($q_{v,212}$)” cuando la operativa de carga y descarga del buque se realiza mediante este tipo de equipos.

A los efectos de verificar este modo de parada operativa se considerará de aplicación lo dispuesto a estos efectos en el subapartado a₃ del apartado 4.6.4.2.1.1.1. Cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación.

b) Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilistas es admisible considerar simplificada que las cargas más desfavorables para el modo de fallo analizado transmitidas por equipos de movilidad no restringida durante el ciclo de sollicitación correspondiente a condiciones operativas (realización de operaciones de carga y descarga) se comportan como deterministas cuando se definen directamente valores nominales límite de las mismas. Cuando se definen límites de operatividad del equipo asociados a la velocidad del viento, se considerará para cada configuración del equipo, posición de la carga y dirección del viento que las componentes debidas al viento que se introducen en la relación fun-

cional que relaciona en cada equipo las cargas transmitidas con los agentes causantes se comportan como deterministas en los estados de proyecto representativos de los límites de operatividad. En el caso de que la variable que define el ciclo de sollicitación correspondiente a estas condiciones operativas no sea el viento (p.e. movimientos del buque debido a agitación por oleaje) se considerará que la componente debida al viento de las cargas transmitidas por los equipos se define a través de una función derivada de la función de distribución de la variable velocidad del viento condicionada al valor del límite de operatividad de la variable climática que determina la operatividad de la instalación, siempre que puedan considerarse correlacionadas, y truncada en el límite de operatividad establecido por el viento por el fabricante de los equipos o por otras causas. En el caso de que el viento se considere independiente del agente climático que condiciona las operaciones de carga y descarga, la función de distribución de la componente de las cargas debidas al viento se derivará del régimen medio de la velocidad del viento en el emplazamiento, truncado por el límite de operatividad establecido para el mismo (Ver apartado 4.6.2.1.b. Definición de los agentes climáticos para formulaciones probabilistas).

Para los ciclos de sollicitación correspondientes a condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental, así como a condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica, las funciones de distribución de las componentes debidas al viento de las cargas transmitidas por los equipos se derivarán de los regímenes medios marginales de la velocidad del viento (ver apartado 4.6.1.1.b).

En ambos casos se considerará que las componentes debidas al peso propio del equipo que se introducen en la relación funcional que relaciona en cada equipo las cargas transmitidas con los agentes causantes se definen considerando su valor nominal y que las componentes debidas al peso y movimiento de la carga manipulada se definen considerando que la función de distribución del peso de la carga manipulada es una normal de media el 80 % del valor nominal y coeficiente de variación 0.15.

En el caso de que se apliquen las cargas máximas incluidas en la tabla 4.6.4.14 correspondientes a grúas móviles tipo podrán considerarse como valores nominales de los límites operativos establecidos por criterios de explotación del equipo y por tanto, simplificada, carentes de incertidumbre estadística durante la fase de servicio, siempre que sea el viento el agente que determine la operatividad de la instalación para las operaciones de carga y descarga.

Para la verificación probabilista del modo de parada correspondiente a la paralización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado será de aplicación lo dispuesto a estos efectos en el subapartado b) del apartado 4.6.4.2.1.1.1 para los equipos de manipulación fijos y de movilidad restringida.

4.6.4.2.1.1.3 Cargas transmitidas por equipos auxiliares sobre neumáticos, de movilidad no restringida, utilizados para el transporte horizontal y depósito ($q_{v,213}$)

Los equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito son los necesarios para los traslados de las mercancías desde las zonas de almacenamiento y estacionamiento o desde los modos de transporte terrestre hasta el costado del buque, en los casos de carga

del buque por elevación, o desde el costado del buque hasta su lugar de almacenamiento y estacionamiento o hasta los modos de transporte terrestre en los casos de descarga del buque por idéntico sistema. En general, estas operaciones de transporte horizontal de las mercancías suelen hacerse por medio de los siguientes tipos de equipos sobre neumáticos, de movilidad no restringida, seleccionados por el promotor en función de las condiciones y criterios de explotación establecidos para la instalación, tomando en consideración las características de las mercancías a manipular, así como las condiciones de almacenamiento o estacionamiento adoptados para las mismas (altura de almacenamiento, anchura de pasillos de apilamiento, sistema de manipulación en áreas de almacenamiento,...):

- Carretillas elevadoras frontales (forklift truck) o de carga lateral (side loader)³⁵
- Apiladores de alcance (reach stackers/log stackers/...)³⁶
- Carretillas puente o pórtico (straddle carriers) o lanzadera (shuttle carriers)
- Unidades tractor-semiremolque (tractor-semitrailer) y sistemas multiplataforma (multi-trailer systems (MTS))
- Camiones volquetes (dumpers)
- Otros específicos: por ejemplo, manipuladores de bobinas (steel coil handlers), etc....

La utilización de cada uno de estos tipos no es excluyente. En la práctica, en función del tipo de los usos de la obra de atraque y amarre y de las condiciones de almacenamiento o estacionamiento pueden preverse sistemas de transporte horizontal formado por mezcla de los anteriormente expuestos. Además es previsible su variación a lo largo de la vida útil de la instalación.

Las cargas a tomar en consideración transmitidas por estos equipos son debidas fundamentalmente a las acciones y presiones verticales y a las acciones horizontales que se producen en las distintas ruedas de las que dispone el equipo en condiciones de equipo cargado. No se consideran las cargas transmitidas por los equipos en la situación de despliegue de calzos o plataformas de apoyo, ya que puede considerarse que la carga-descarga con este sistema no es compatible con los rendimientos exigibles para las áreas de operación, estando además cubiertas por las cargas mínimas correspondientes a grúas móviles exigidas por esta Recomendación.

Dichas cargas están asociadas fundamentalmente con los siguientes factores:

- Configuración geométrica del equipo, particularmente en lo que se refiere a la separación entre ejes, número y separación entre centros de las ruedas en cada eje, así como tamaño de las mismas y del área de contacto asociada.
- Peso propio del equipo
- Capacidad de carga
- Efectos inerciales asociados con el movimiento del equipo y con la elevación de la carga (impacto, traslación, frenada,...)

³⁵ La terminología inglesa denomina forklift trucks o side loaders a las carretillas elevadoras de carga frontal o lateral respectivamente, independientemente del dispositivo o sistema de manipulación de las cargas que incorporen (horquillas, spreader, eslingas, etc.)

³⁶ La terminología inglesa distingue la denominación en función de los distintos dispositivos o sistemas de manipulación de las cargas que pueden incorporar las apiladoras de alcance: reach stackers para la manipulación de contenedores bajo spreader, log stacker para la manipulación de cargas fraccionadas como maderas o graneles mediante distintos tipo de abrazaderas, eslingas,....

- Los efectos de los agentes del medio físico pueden considerarse como no significativos.

Los parámetros que definen a este agente para cada uno de los tipos de equipos auxiliares de transporte horizontal más comunes se incluyen en la tabla 4.6.4.15.

La distribución espacial de las cargas transmitidas por cada equipo se considerará libre, limitada, en su caso, únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la instalación. Para cada estado de proyecto, se adoptará la posición de las ruedas y la distribución de cargas entre cada una de ellas correspondiente a la configuración del equipo y posición de la carga que produzca el efecto más desfavorable para el modo de fallo analizado.

A los efectos de la verificación de modos de fallo globales y locales, en general será suficiente adoptar las cargas verticales correspondientes al eje simple o, en su caso tándem, más cargado correspondientes a un único equipo, considerando todas las configuraciones del equipo, carga y viento compatibles con el estado de proyecto analizado, conjuntamente con las cargas horizontales compatibles con las mismas. No será necesaria la consideración de este agente para la verificación de modos de fallo globales en aquellos casos en los que la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento considerada en el emplazamiento sea mayor o igual que la sobrecarga uniforme equivalente a dichos equipos. Las cargas debidas a las carretillas elevadoras de carga lateral, a las carretillas puente, pórtico o lanzadera y a los sistemas tractor/plataformas, así como las debidas a las carretillas elevadoras frontales y a los apiladores de alcance con capacidad de elevación menor o igual a 150 kN se consideran cubiertas por las debidas al tráfico terrestre viario cuando éstas se consideren; es decir, en aquellas áreas abiertas o accesibles a este tipo de tráfico (Ver apartado 4.6.4.3.1 correspondiente a tráfico viario).

Al igual que las cargas transmitidas por los equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación, las cargas transmitidas por los equipos auxiliares de transporte horizontal de movilidad no restringida se considerarán únicamente en los estados de proyecto representativos de los ciclos de solicitud asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones operativas correspondientes a la realización de las operaciones de carga y descarga del buque), así como en los estados sísmicos y en los estados asociados a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario (condiciones excepcionales), ya que cuando no está operando o se presentan condiciones de temporal (condiciones extremas o excepcionales debidas a viento extraordinario) se considera que el equipo está fuera de servicio, estacionándose en áreas alejadas de la obra de atraque y amarre. Las cargas transmitidas por cada uno de los equipos en estas condiciones se considerarán cargas compuestas, obteniéndose a partir de la combinación de las acciones simultáneas y compatibles que actúan sobre los equipos en dichos estados; es decir, las debidas al peso propio del equipo y a la carga manipulada (incluyendo los efectos inerciales asociados con el movimiento del equipo y de la carga), tomando en consideración, en su caso, las diferentes posiciones de la carga manipulada. Para ello, el fabricante del equipo deberá suministrar las cargas verticales y horizontales transmitidas por cada agente, actuando aisladamente, sobre el eje más cargado, considerando para cada una de ellas, en el caso de que sea relevante (p.e para los apiladores de alcance), las combinaciones máxima capacidad de carga/alcance. En este sentido es recomendable solicitar estos datos al fabricante de los equipos auxiliares, diferenciando los debidos al peso propio del equipo de

los debidos a la carga manipulada, de forma que sea posible definir los valores representativos y, en su caso, las funciones de distribución asociados con dichas cargas.

En función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación, las cargas transmitidas por los equipos auxiliares sobre neumáticos, de movilidad no restringida, de transporte horizontal y depósito se definirán:

a) Para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas

a₁) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos

- Para condiciones de operación correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de transporte horizontal y depósito, las cargas transmitidas por los equipos podrán definirse a través de valores nominales establecidos directamente por el promotor cuando no esté en condiciones de explicitar en la fase de proyecto los equipos concretos o de valores representativos establecidos por criterios de explotación o bien por criterios ambientales, climáticos, legales o de seguridad existentes para la operatividad de los equipos previstos o de los buques de proyecto.

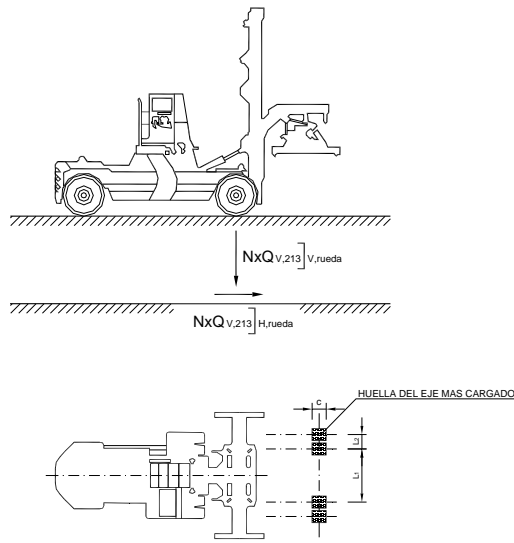
En el caso de que el promotor fije directamente el valor nominal límite de dichas cargas, no será necesario asociarlo a una velocidad y dirección del viento ya que se considera que en este tipo de equipos los efectos de los agentes del medio físico no son significativos para las cargas transmitidas. No obstante lo anterior, puede considerarse que estos valores nominales están asociados, como máximo, con la velocidad del viento límite para la cual este tipo de equipos pueden realizar las operaciones de transporte horizontal y depósito en condiciones seguras [generalmente una velocidad media en el intervalo (ráfaga) de 3 s a 10 m de altura de 24 m/s (\cong 86 km/h)].

Cuando en una fase posterior se conozcan con detalle los equipos o éstos se adquieran por el explotador de la instalación de atraque, deberá comprobarse que el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos, obtenido de acuerdo con la metodología definida en este apartado, no supera el valor nominal establecido. En caso contrario, deberán definirse condiciones de explotación de los mismos más restrictivas con el objeto de garantizar esta condición (p.e. limitar el peso máximo de la mercancía manipulada o, en algún tipo de equipos, el alcance). Lo mismo deberá realizarse si previamente a la entrada en servicio de la instalación de atraque o durante una fase de rehabilitación o readaptación de la misma a nuevas necesidades de la demanda se modifican los equipos previstos en la fase de proyecto.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos auxiliares para transporte horizontal y depósito de movilidad no restringida, el valor representativo de las cargas transmitidas por los mismos se obtendrá como:

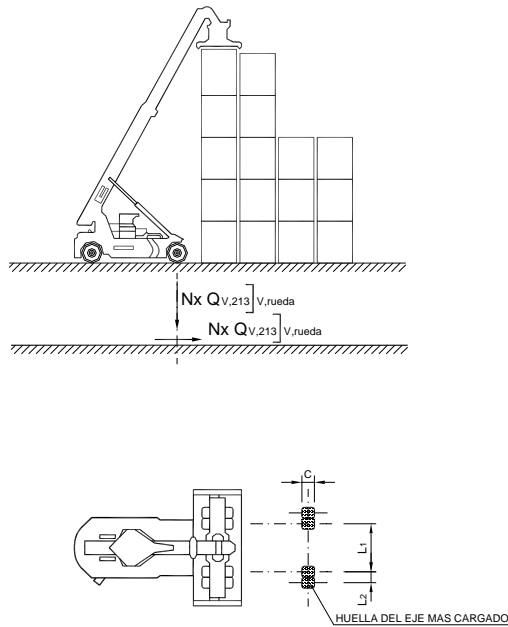
TABLA 4.6.4.15. PARÁMETROS QUE DEFINEN LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS AUXILIARES SOBRE NEUMÁTICOS, CON MOVILIDAD NO RESTRINGIDA, UTILIZADOS PARA EL TRANSPORTE HORIZONTAL Y DEPÓSITO

A. CARRETILLAS ELEVADORAS FRONTALES



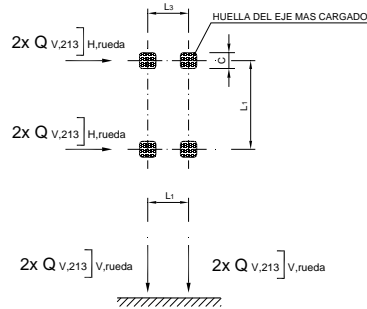
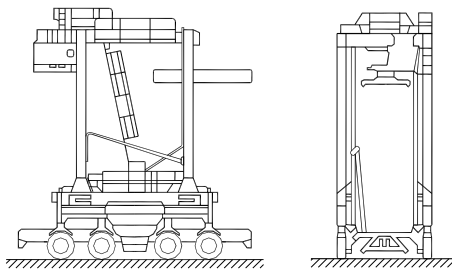
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL EJE MÁS CARGADO	Nº ruedas		N
	Posición de las ruedas	Separación entre centros de ruedas internas	L_1
		Separación entre centros de ruedas externa e interna	L_2
	Forma y dimensiones de las áreas de contacto		cuadrada de lado c
CARGA POR RUEDA EN EJE MÁS CARGADO	VERTICAL		$Q_{V,213} V, Rueda$
	HORIZONTAL		$Q_{V,213} H, Rueda$

B. APILADORES DE ALCANCE



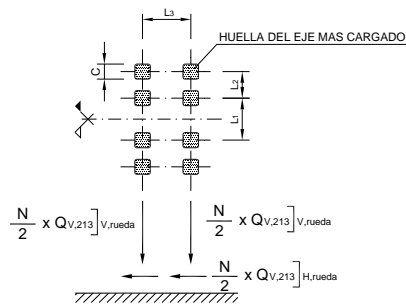
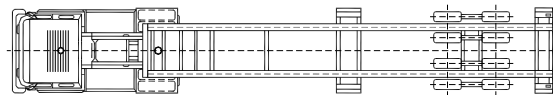
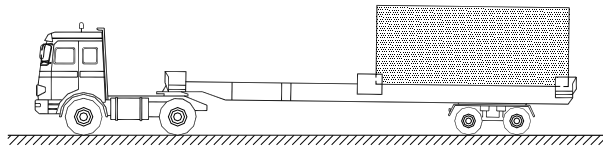
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL EJE MÁS CARGADO	Nº ruedas		N
	Posición de las ruedas	Separación entre centros de ruedas internas	L_1
		Separación entre centros de ruedas externa e interna	L_2
	Forma y dimensiones de las áreas de contacto		cuadrada de lado c
CARGA POR RUEDA EN EJE MÁS CARGADO	VERTICAL		$Q_{V,213} V, Rueda$
	HORIZONTAL		$Q_{V,213} H, Rueda$

C. CARRETILLAS PUENTE, PÓRTICO Y LANZADERA



CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE EJES MÁS CARGADO	Tipo de sistema de ejes	Simple o tándem	
	Posición de las ruedas	Separación entre centros de ruedas	L_1
		Separación entre centros de ruedas en tándem	L_3
Forma y dimensiones de las áreas de contacto	cuadrada de lado c		
CARGA POR RUEDA EN EJE MÁS CARGADO	VERTICAL	$Q_{V,213}$ V. Rueda	
	HORIZONTAL	$Q_{V,213}$ H. Rueda	

D. UNIDADES TRACTOR-SEMIREMOLQUE Y SISTEMAS MULTIPLATAFORMA



CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE EJES MÁS CARGADO	Tipo de sistema de ejes	Simple o tándem	
	Nº de ruedas	N	
	Posición de las ruedas	Separación entre centros de ruedas internas	L_1
		Separación entre centros de ruedas externa e interna	L_2
Separación entre centros de ruedas en tándem		L_3	
Forma y dimensiones de las áreas de contacto	cuadrada de lado c		
CARGA POR RUEDA EN EJE MÁS CARGADO	VERTICAL	$Q_{V,213}$ V. Rueda	
	HORIZONTAL	$Q_{V,213}$ H. Rueda	

- El valor más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por dichos equipos en condiciones de servicio y en situación de rodadura, en las condiciones climáticas establecidas como límite para que dichos equipos puedan realizar las operaciones de transporte horizontal y depósito. Únicamente a estos efectos y con el objeto de simplificar los estados operativos a verificar, las condiciones climáticas límite establecidas para las operaciones de transporte horizontal y depósito en áreas de operación se considerarán las mismas que para las operaciones de carga y descarga con buque atracado mediante equipos con capacidad de carga y descarga del buque por elevación (Ver apartados 4.6.4.2.1.1.1 y 4.6.4.2.1.1.2), dada la poca relevancia que tienen los efectos del viento en las cargas transmitidas por los equipos de transporte y depósito debido al tamaño, características y condiciones de operación de los mismos. No obstante, en el caso de que los fabricantes de los equipos auxiliares de transporte y depósito establecieran por criterios de seguridad condiciones climáticas de operación mucho más restrictivas que las resultantes para los equipos de carga y descarga del buque por elevación, se consideraría que esas también limitan la realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado.

Simplificadamente, en otras condiciones operativas de la instalación (p.e. operaciones de atraque) no se considerará la actuación de este agente.

- En condiciones extremas y en condiciones excepcionales debidas a la presentación del agente climático viento de carácter extraordinario no se considerarán cargas transmitidas por equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito de movilidad no restringida.
- En condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario y en condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica, se considera únicamente la situación de equipo en servicio cuando se produce el estado asociado a la presentación de la acción accidental o sísmica.

Cuando estén definidos en la fase de proyecto los equipos auxiliares de manipulación y depósito, en esta situación el valor representativo de las cargas será su valor cuasi-permanente, que se definirá como:

- El valor más desfavorable para el modo de fallo analizado de las cargas que pueden ser transmitidas por el equipo en servicio actuando el valor cuasi-permanente de las cargas de elevación y de los efectos inerciales asociados (Ver tabla 4.6.4.1). Dado que las acciones debidas al viento son poco significativas en relación con las componentes debidas a los otros agentes por causa del tamaño, características y condiciones de operación de estos equipos, simplificadamente en esta situación es aceptable no tomar en consideración la componente debida al viento. En la situación sísmica, a los efectos de la verificación de la obra de atraque y amarre pueden despreciarse las acciones horizontales debidas al sismo asociadas a la masa del equipo auxiliar.

Cuando en la fase de proyecto no se hayan explicitado los equipos concretos, habiéndose definido valores nominales para condiciones normales de operación, simplificada en estas condiciones excepcionales podrán adoptarse valores reducidos de las componentes verticales iguales a 0.90 los correspondientes a dichos valores nominales si las condiciones de explotación de la instalación prevén que los equipos auxiliares sean del tipo carretilla frontal, apilador de alcance o carretilla puente, pórtico o lanzadera. Cuando prevean que los equipos auxiliares sean unidades tractor-remolque o sistemas multiplataforma los valores reducidos se adoptarán 0.80 los correspondientes a los valores nominales³⁷. Si en la fase de proyecto se desconocen completamente los tipos de equipos auxiliares se adoptará, del lado de la seguridad, el coeficiente 0.90. En estos casos podrá considerarse que las componentes horizontales de actuación simultánea son nulas.

Los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito cuando estén definidos en la fase de proyecto se resumen en la tabla 4.6.4.16.

TABLA 4.6.4.16. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS AUXILIARES SOBRE NEUMÁTICOS DE TRANSPORTE HORIZONTAL Y DEPÓSITO, CON MOVILIDAD NO RESTRINGIDA (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos)¹⁾				
CONDICIÓN DE TRABAJO	Valor Característico ($q_{v,213k}$)	Valor de Combinación ($\psi_0 q_{v,213k}$)	Valor Frecuente ($\psi_1 q_{v,213k}$)	Valor Cuasipermanente ($\psi_2 q_{v,213k}$)
Condiciones de Trabajo Operativas correspondiente al estado límite de realización de las operaciones de transporte horizontal y depósito (CT1)²⁾	Límites operativos establecidos para las operaciones de transporte horizontal y depósito ³⁾ (carga más desfavorable transmitida por equipo en condiciones de servicio = [valores nominales de (peso propio+elevación de carga según alcance+efectos inerciales) + velocidad del viento límite de operatividad para realizar estas operaciones. En general $V_{v,3s} = 24$ m/s si el viento es el agente predominante para la definición del estado límite ⁴⁾]			
Condiciones de Trabajo Extremas (CT2)	-----	-----	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario (CT3,1)	-----	-----	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario (CT3,2) y condiciones extremas o excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica (CT3,31 y CT3,32)	Cargas más desfavorables transmitidas por el equipo en situación de servicio = valor nominal del peso propio + cargas de elevación según alcance y efectos inerciales asociados correspondientes a:			
	-----	-----	-----	0.80 las cargas nominales de elevación según alcance
NOTAS				
1) Esta tabla también es de aplicación a los equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes (Ver apartado 4.6.4.2.1.2.1).				
2) Con el objeto de simplificar los estados operativos a considerar, con carácter general esta condición se considera que es la misma que la de carga y descarga del buque.				
3) Simplificada, las condiciones climáticas límite establecidas para las operaciones de transporte horizontal y depósito en áreas de operación se considerarán las mismas que las de las operaciones de carga y descarga con buque atracado. En el caso de que los fabricantes de los equipos de transporte y depósito establecieran por criterios de seguridad condiciones climáticas de operación para los mismos mucho más restrictivas que las resultantes para los equipos de carga y descarga del buque por elevación, se consideraría que éstas también limitan la realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado.				
4) Si el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga es otro agente climático (p.e. el oleaje que produce la agitación máxima compatible con las operaciones de carga y descarga) se adoptará la velocidad del viento compatible con el valor adoptado para dicho agente.				

³⁷ En situación equivalente, cuando en sistemas discontinuos de manipulación de mercancías por medios rodantes se prevean unidades tractor-plataforma rodantes (Ver apartado 4.6.4.2.1.2.1), se aplicará un coeficiente 0.9 a los valores nominales de las cargas transmitidas por la unidad tractora y 0.8 a los valores nominales de las cargas transmitidas por la plataforma rodante.

En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados por el fabricante para los equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito de movilidad no restringida previstos por el promotor en función de las condiciones y criterios de explotación de la instalación adoptados, podrán adoptarse como órdenes de magnitud indicativos de los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos portuarios auxiliares considerados actualmente como tipo los consignados en la tabla 4.6.4.17, los cuales incluyen la amplificación dinámica y los efectos inerciales debidos a la traslación, frenada, etc.

- **Cargas mínimas**

En previsión de posibles variaciones razonables en las condiciones de utilización y criterios de explotación de la obra de atraque y amarre durante su vida útil o de incertidumbres que puedan producirse entre la fase de proyecto y de servicio de la obra, es recomendable que se adopten como mínimo las siguientes cargas transmitidas por equipos portuarios auxiliares de movilidad no restringida en las áreas de operación de obras de atraque y amarre en las que estén previstos sistemas de carga y descarga del buque mediante sistemas discontinuos por elevación, aunque la utilización de dichos equipos auxiliares no esté inicialmente prevista o detallada por el promotor:

- Para usos comerciales de mercancía general convencional ordinaria

Las cargas correspondientes a las carretillas elevadoras frontales con capacidad de elevación de carga de 200 kN incluidas en la tabla 4.6.4.17.

- Para usos comerciales de mercancía general convencional pesada, ro-ro, ferries y multipropósito, así como para los usos industrial y militar

Las cargas correspondientes a las carretillas elevadoras frontales con capacidad de elevación de carga de 300 kN incluidas en la tabla 4.6.4.17.

- Para usos comerciales de contenedores

Las cargas correspondientes a los apiladores de alcance del tipo 450/300/150 incluidas en la tabla 4.6.4.17.

En obras de atraque y amarre para el resto de usos no se considerarán cargas mínimas debidas a equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito siempre que el área de operación de la obra de atraque sea accesible a tráfico rodado viario ya que, en estos casos, las cargas mínimas debidas a equipos auxiliares pueden considerarse cubiertas por las cargas debidas al tráfico viario terrestre. En las obras de atraque y amarre no accesibles al tráfico rodado viario tampoco se considerarán cargas mínimas transmitidas por equipos auxiliares, lo que no significa que el promotor no pueda considerar la actuación de equipos auxiliares de transporte y depósito en función de las condiciones de explotación definidas para la instalación.

TABLA 4.6.4.17. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS PORTUARIOS AUXILIARES TIPO DE TRANSPORTE Y DEPÓSITO CON MOVILIDAD NO RESTRINGIDA ¹³⁾

A. CARRETILLAS ELEVADORAS FRONTALES								
		TIPO DE CARRETILLA ELEVADORA FRONTAL¹⁾						
Capacidad de elevación de carga (kN)		100 ²⁾	150	200	300	400	500	
CARACTERÍSTICAS EQUIPO	Max. altura elevación sobre muelle (m)	4.0-18.0	4.0	4.0	5.0-10.0	5.0-10.0	5.0-10.0	
	Peso (kN)	150-400	200	300	400-600	500-700	600-750	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL EJE MÁS CARGADO	Nº ruedas (N)	4	4	4	4	4	4	
	Separación centros ruedas int (L ₁) (m)	1.50-2.60	1.60	1.80	2.20-2.50	2.40-2.70	2.60-2.70	
	Separación centros ruedas ex/in (L ₂) (m)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.60	0.60	
	Dimensiones área contacto (c x c) (m x m)	3)	3)	3)	3)	3)	3)	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA EJE MÁS CARGADO (kN) ⁴⁾	Sin carga	Vertical	30-70	40	60	80-90	90-100	110-120
	En condiciones de operación ⁵⁾	Vertical	50-80	65	110	180	240	300
		Horizontal	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert
CARGA VERTICAL UNIFORME EQUIVALENTE (kN/m ²)			20	23	25	30	35	40
B. APILADORES DE ALCANCE								
		TIPO DE APILADOR DE ALCANCE⁶⁾						
Capacidad de elevación de carga (kN)	Bajo spreader en 1ª/2ª/3ª pila o vía	100/100/50 ⁷⁾				450/300/150 ⁹⁾	450/450/300 ¹⁰⁾	
	Bajo abrazadera con mínimo alcance		150 ⁸⁾	250 ⁸⁾	300 ⁸⁾			
CARACTERÍSTICAS EQUIPO	Max. altura elevación 1ª fila (m)	15-18	7-9	7-9	7-9	12-15	10-12	
	Peso (kN)	400	450	700	750	750	1000	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL EJE MÁS CARGADO	Nº ruedas (N)	4	4	4	4	4	4	
	Separación centros ruedas int (L ₁) (m)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
	Separación centros ruedas ex/in (L ₂) (m)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	
	Dimensiones área contacto (c x c) (m x m)	3)	3)	3)	3)	3)	3)	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA EJE MÁS CARGADO (kN) ⁴⁾	Sin carga	Vertical	60	65	85	90	90	110
	En condiciones de operación ⁵⁾	Vertical	85	100	150	200	275	330
		Horizontal	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert
CARGA VERTICAL UNIFORME EQUIVALENTE (kN/m ²)			20	25	28	30	35	40
C. CARRETILLAS PUENTE, PÓRTICO Y LANZADERA								
		TIPO DE CARRETILLA						
		LANZADERA		PUENTE O PÓRTICO				
Capacidad de elevación de carga (kN)/Máxima altura de elevación (nº contenedores)		400/2	500/2	400/3	400/4	500/3	500/4	
CARACTERÍSTICAS EQUIPO	Peso (kN)	430	450	600	660	620	680	
	Tipo de sistema de ejes	simple	simple	tándem	tándem	tándem	tándem	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE EJES MÁS CARGADO	Separación entre centros de ruedas (L ₁) (m)	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	
	Separación entre centros de ruedas en tándem (L ₂) (m)	-----	-----	2.10	2.10	2.10	2.10	
	Dimensiones área de contacto (cxc) (mxm)	3)	3)	3)	3)	3)	3)	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA EJE MÁS CARGADO (kN) ⁴⁾	Sin carga	Vertical	110	115	75	85	80	85
	En condiciones de operación ⁵⁾	Vertical	200	240	125	135	140	150
		Horizontal	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert
CARGA VERTICAL UNIFORME EQUIVALENTE (kN/m ²)			15	20	15	15	20	20
D. UNIDADES TRACTOR-SEMI-REMOLQUE Y SISTEMAS MULTIPLATAFORMA¹¹⁾								
		TIPO DE PLATAFORMA						
Capacidad de carga (kN)		500 ¹¹⁾			650 ¹²⁾			
CARACTERÍSTICAS EQUIPO	Peso (kN)	65-80			85-95			
	Tipo de sistema de ejes	Simple			tándem			
	Longitud (m)	14.10			14.15			
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE EJES MÁS CARGADO	Nº de ruedas (N)	4			8			
	Separación entre centros de ruedas internas (L ₁) (m)	1.70			1.70			
	Separación entre centros de ruedas externa e internas (L ₂) (m)	0.40			0.40			
	Separación entre centros de ruedas en tándem (L ₃) (m)	-----			1.30			
	Dimensiones área de contacto (cxc) (mxm)	3)			3)			

MÁXIMA CARGA POR RUEDA EJE MÁS CARGADO (kN) ⁴⁾	Sin carga	Vertical	10	6
	En condiciones de operación ⁵⁾	Vertical	75-70	65
		Horizontal	0.05 Vert	0.05 Vert
CARGA VERTICAL UNIFORME EQUIVALENTE (kN/m ²)			15	15

NOTAS

- 1) Cuando se dan rangos de valores para un tipo de carretillas elevadoras frontales es función de los dispositivos o sistemas de elevación de la carga que pueden incorporar. En general, los valores menores se corresponden con horquillas y los mayores con sistemas laterales de elevación o spreader superior.
- 2) Los valores mayores corresponden a equipos para manipulación de contenedores vacíos mediante spreader lateral o superior.
- 3) Para obtener las dimensiones del área de contacto pueden considerarse presiones del orden de 800 kN/m².
- 4) Las máximas cargas por rueda consignadas en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud para cada tipo de equipo, habiéndose obtenido del análisis de los correspondientes a diferentes fabricantes. Dependiendo del fabricante y de la configuración geométrica, las variaciones pueden ser significativas por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por este tipo de equipos, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación. Las acciones horizontales se considerarán en la dirección de circulación de los equipos.
- 5) Considerando una velocidad del viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 24\text{ m/s}$ ($\cong 86\text{ km/h}$) e incluyendo la amplificación dinámica y los efectos inerciales asociados al movimiento de la carga y del equipo (traslación o frenada). No se incluyen los efectos debidos a posibles giros de los equipos. En las zonas en las que concentren giros de estos equipos puede considerarse que las cargas transmitidas son un 30 % superiores a las consignadas en la tabla. En estos equipos puede considerarse que no es relevante la componente de la acción horizontal debida al viento. Por dicha razón, simplificada se podrá considerar que las cargas incluidas en esta tabla son válidas para cualquier velocidad del viento menor o igual que la fijada como límite de operación.
- 6) Los apiladores de alcance son equipos que permiten manipular cargas que se encuentran situadas alejadas del chasis del equipo. Particularmente, en el caso de los contenedores o plataformas permiten la manipulación de los que se encuentran situados en las pilas 2º y 3º sin necesidad de mover los de la primera. Por dicha razón estos equipos se definen normalmente por su capacidad de elevación de carga situada en la primera, segunda y tercera pila o vía. Sin embargo, los apiladores de alcance para la manipulación de cargas fraccionadas mediante abrazaderas se definen por su capacidad de elevación de carga con mínimo alcance.
- 7) Apiladores de alcance utilizados generalmente para la manipulación de contenedores vacíos.
- 8) Apiladores de alcance utilizados generalmente para la manipulación de carga fraccionada.
- 9) Apiladores de alcance utilizados generalmente para la manipulación de contenedores cargados.
- 10) Apiladores de alcance utilizados generalmente para la manipulación intermodal (contenedores y cajas móviles sobre plataformas o ferrocarril)
- 11) Las plataformas portuarias, también denominadas chasis, se distinguen de las de carretera fundamentalmente por el peso que pueden soportar. El peso máximo por carretera no suele superar los 300 kN de carga útil, dependiendo de cada país. Sin embargo, en los puertos al no regir el principio de pesos máximos establecidos para los camiones, una plataforma puede llegar a cargar dos contenedores de 20° ó uno de 40 ó 45°. Estos equipos suelen ser remolcados por unidades tractoras con capacidad de elevación de la 5ª rueda de la plataforma de 250 a 300 kN y una capacidad de remolque de hasta 800 kN. En el caso de sistemas multiplataformas son necesarias unidades tractoras con mayor capacidad de remolque. Las cargas por eje transmitidas por estas unidades tractoras son menores que las transmitidas por las plataformas o chasis por lo que pueden no tomarse en consideración específicamente. Así mismo, las unidades incluidas en esta tabla se distinguen de las unidades tractor-plataforma rodante descritas en el apartado de equipos con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes (roll trailers) (apartado 4.6.4.2.1.2.1) en que las plataformas correspondientes a estos últimos equipos tienen características completamente diferentes debido a que están diseñadas para facilitar su acceso al interior de los buques y permanecer conjuntamente con la mercancía en el interior de los mismos. Se diferencian fundamentalmente por ser estas últimas de baja altura y tener ruedas de pequeño diámetro de caucho sólido (Comparar figura D de la tabla 4.6.4.15 con figura B de la tabla 4.6.4.18).
- 12) Cuando se dan rangos de valores para un tipo de plataforma, los primeros están asociados con semirremolques y los segundos con plataformas para sistemas multiplataforma.
- 13) Puede considerarse suficientemente aproximado adoptar como valor cuasi-permanente de las cargas transmitidas por los equipos auxiliares de transporte y depósito incluidos en esta tabla 0.90 el valor de las componentes verticales en condiciones de operación en los casos de carretillas frontales (A), apiladores de alcance(B) y carretillas puente, pórtico o lanzadera (C). Para unidades tractor-remolque y sistemas multiplataforma (D) se adoptará un coeficiente reductor de 0.80. En todos los casos se considerará que las componentes horizontales de actuación simultánea son nulas.

El resumen de las cargas mínimas transmitidas por equipos auxiliares de transporte y depósito de movilidad no restringida a adoptar en las áreas de operación de obras de atraque y amarre en las que esté prevista la carga y descarga del buque mediante sistemas discontinuos por elevación se incluye en la tabla 4.6.4.23.

a₂) *Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio*

Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable para dicha verificación en cada condición de trabajo sea la combinación poco probable o fundamental será de aplicación lo dispuesto en el subapartado a₁) de este apartado para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos. Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable sea la combinación frecuente o cuasi-permanente (ver apartado 4.1.1.2) se adoptarán como valores representativos de las cargas transmitidas por equipos de manipulación de movilidad no restringida el valor cuasi-permanente definido en el subapartado anterior.

a₃) Para la verificación de modos de parada operativa

Salvo que el promotor de la instalación de atraque y amarre especifique lo contrario, se considerará que el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de las operaciones de transporte horizontal y depósito queda verificado al comprobar el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado, al adoptarse simplificada como criterio de explotación que las operaciones de transporte horizontal y depósito en las áreas de operación se paralizan cuando se paralizan las correspondientes a la carga y descarga del buque.

En el caso de que el promotor de la instalación defina límites de operatividad para el agente “equipos auxiliares sobre neumáticos, de movilidad no restringida, utilizados para el transporte horizontal o depósito ($q_{v,213}$)”, asociados con otros criterios de explotación, deberá verificarse expresamente este modo de parada operativa. En estos casos, la verificación del nivel de operatividad asociada a este modo de parada se realizará definiendo la probabilidad de no excedencia del valor de la velocidad del viento que paraliza las operaciones de transporte horizontal y depósito por medio del régimen medio y de persistencias de dicho parámetro en el emplazamiento.

b) Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación de los modos de fallo es admisible considerar simplificada que las cargas más desfavorables para el modo de fallo analizado transmitidas por equipos auxiliares de transporte y depósito de movilidad no restringida durante el ciclo de solicitud correspondiente a condiciones operativas (realización de operaciones de transporte horizontal y depósito) se comportan como deterministas cuando se definen directamente valores nominales límite de las mismas. En los otros casos, dada la poca relevancia que tiene el viento en las cargas transmitidas por estos equipos dentro de los límites de operatividad establecidos por el fabricante para los mismos en relación con este agente, la componente debida al viento que interviene en la relación funcional que relaciona en cada equipo las cargas transmitidas con el agente causante es admisible considerarla como determinista en los estados de proyecto representativos de las condiciones operativas, independientemente de que sea o no sea el viento el agente climático que define el ciclo de solicitud correspondiente a estas condiciones normales operativas. Igualmente esto último es aplicable a las componentes debidas al viento de las cargas transmitidas por los equipos cuando consideremos condiciones excepcionales por presentación de una acción accidental, así como condiciones excepcionales o extremas por presentación de una acción sísmica.

Al igual que lo indicado tanto para equipos de manipulación de movilidad restringida (apartado 4.6.4.2.1.1.1) como no restringida (apartado 4.6.4.2.1.1.2), para definir la función de distribución de las cargas transmitidas por los equipos como función derivada de la de los agentes causantes se considerará en todos los casos que las componentes debidas al peso propio del equipo que se introducen en la relación funcional que relaciona en cada equipo las cargas transmitidas con los agentes causantes se definen considerando su valor nominal y que las componentes debidas al peso y movimiento de la carga transportada se definen considerando que la función de distribución del peso de la

carga transportada es una normal de media el 80% del valor nominal y coeficiente de variación 0.15.

En el caso de que se apliquen las cargas máximas incluidas en la tabla 4.6.4.17 correspondientes a equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito tipo, podrán considerarse como valores nominales de los límites operativos establecidos por criterios de explotación del equipo y, por tanto, simplificada, carentes de incertidumbre estadística durante la fase de servicio, independientemente de que sea o no sea el viento el agente que determine la operatividad de la instalación para las operaciones de carga y descarga.

4.6.4.2.1.2. Cargas transmitidas por sistemas discontinuos de carga y descarga del buque por medios rodantes ($q_{v,22}$)

4.6.4.2.1.2.1 Cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes ($q_{v,221}$)

Las operaciones de carga, descarga, estiba y desestiba del buque mediante sistemas discontinuos por medios rodantes están limitadas a los usos comerciales de mercancía general y pasajeros (ferris). Estas operaciones pueden realizarse de forma autopropulsada (camiones con semirremolques, con o sin carga, así como turismos y autobuses que tienen por sí mismos el carácter de mercancía) o por medio de la utilización de equipos auxiliares de transporte o remolque que no permanecen en el buque (carretillas elevadoras frontales y unidades tractoras). En este último caso, la introducción-extracción de la mercancía del buque por rodadura puede hacerse bien directamente mediante la utilización de carretillas elevadoras o bien, cuando está depositada sobre otros elementos rodantes que permanecen conjuntamente con la mercancía en el interior del buque como semirremolques de carretera o plataformas rodantes (roll trailers), mediante la utilización de unidades tractoras.

Cuando la carga o descarga del buque por medios rodantes no se haga de forma autopropulsada, para las operaciones, previas a la carga o posteriores a la descarga del buque, de traslado de las mercancías entre el costado del buque y las zonas de estacionamiento y almacenamiento, así como, en su caso, para la carga y descarga de las mercancías directamente en la zona de operación a o desde los modos de transporte terrestre, puede ser necesario tomar en consideración la utilización complementaria de equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito sobre neumáticos, de movilidad no restringida, de los descritos en el apartado 4.6.4.2.1.1.3 (apiladores de alcance, ...) en el caso de que estas operaciones no puedan realizarse con los mismos equipos de transporte o remolque con los que se realiza la carga y descarga del buque por medios rodantes³⁸.

La posible utilización de cada uno de estos equipos y las características de los mismos se definirán por el promotor, tomando en consideración el tipo y características de las

³⁸ Las características de las plataformas rodantes: baja altura y ruedas de pequeño diámetro formadas por caucho sólido para facilitar el acceso al interior de los buques y soportar altas cargas, así como máximas velocidades operativas del orden de 10 km/h, no las hacen recomendables para distancias de transporte o remolque superiores a 500 m.

mercancías a manipular y de su forma de presentación, así como las condiciones de explotación establecidas para la instalación portuaria. La utilización de cada uno de estos equipos no es excluyente; es decir, puede preverse la utilización simultáneamente de varios tipos de equipos. En cualquier caso, en obras de atraque y amarre en las que se considere la carga y descarga del buque mediante sistemas discontinuos por medios rodantes se considerará siempre, del lado de la seguridad, la utilización de equipos no autopropulsados, tanto carretillas elevadoras como unidades tractoras y plataformas rodantes, así como de equipos auxiliares de transporte y depósito sobre neumáticos que permiten completar la operativa en el área de operación, con el objeto de prever posibles cambios en las condiciones de explotación a lo largo de la vida útil de la instalación.

Las cargas a tomar en consideración transmitidas por los equipos que permiten la carga y descarga del buque por medios rodantes son debidas a las acciones y presiones verticales y a las acciones horizontales que se producen en las distintas ruedas de las que dispone el equipo en condiciones de equipo cargado.

Dichas cargas están asociadas con los mismos factores que las transmitidas por los equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.3)

Los parámetros que definen a este agente se incluyen en la tabla 4.6.4.15 para las carretillas elevadoras frontales y en la tabla 4.6.4.18 para las unidades tractor/plataforma rodante. Los parámetros que definen a las unidades tractor/semirremolque de carretera se incluyen en la tabla 4.6.4.27 al considerarse las cargas transmitidas por este tipo de equipos cubiertas por los modelos de carga normalizados equivalentes al tráfico terrestre viario en áreas portuarias.

La distribución espacial de las cargas transmitidas por cada equipo se considerará libre, limitada, en su caso, únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la instalación. Para cada estado de proyecto se adoptará la posición de las ruedas y distribución de cargas entre cada una de ellas correspondiente a la configuración del equipo y posición de la carga que produzca el efecto más desfavorable para el modo de fallo analizado.

A los efectos de la verificación de modos de fallo globales y locales, en general será suficiente adoptar las cargas verticales correspondientes al eje simple más cargado correspondientes a un único equipo, en el caso de que se utilicen para la carga y descarga del buque carretillas elevadoras frontales, y al eje más cargado de un tractor conjuntamente con el eje tándem de la plataforma rodante cuando se considere este tipo de sistema de carga y descarga. También se tomarán en consideración las cargas horizontales compatibles con dichas cargas verticales. No será necesaria la consideración de este agente para la verificación de modos de fallo globales en aquellos casos en los que la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento considerada en el emplazamiento sea mayor o igual que la sobrecarga uniforme equivalente al equipo considerado. A los efectos de la verificación de modos de fallo locales, las cargas transmitidas por las unidades tractoras pueden considerarse cubiertas por las debidas al tráfico terrestre viario cuando éstas se consideren. Sin perjuicio de lo anterior, las obras de atraque y amarre en las que se prevean las operaciones de carga, descarga, estiba y desestiba por medios rodantes deberán verificarse también considerando la actuación de equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito en aquellas zonas del área de operación accesibles a los mismos según los criterios de explotación definidos por el promotor, de acuerdo con lo establecido en

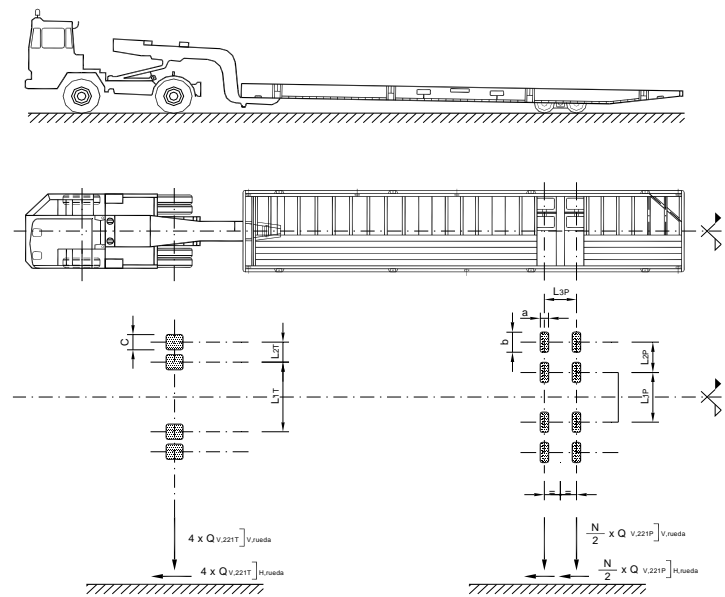
el apartado 4.6.4.2.1.1.3. En este sentido, salvo que el promotor lo exija específicamente no se considerará la actuación de estos equipos auxiliares en los planos inclinados o rampas necesarios para acceder a la bodega del buque desde la coronación de la obra de atraque.

TABLA 4.6.4.18. PARÁMETROS QUE DEFINEN LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS DE MOVILIDAD NO RESTRINGIDA CON CAPACIDAD DE CARGA Y DESCARGA DEL BUQUE POR MEDIOS RODANTES

A. CARRETILLAS ELEVADORAS FRONTALES

Ver Tabla 4.6.4.15.

B. UNIDADES TRACTOR-PLATAFORMA RODANTE



CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE CARGAS TRACTOR-PLATAFORMA RODANTE	Separación entre el eje más cargado de tractor y el punto medio entre los ejes de la plataforma		L_4
	Nº de ruedas plataforma rodante		N
	TRACTOR	Separación entre centros de ruedas internas	L_{1T}
		Separación entre centros de ruedas externa e interna	L_{2T}
		Forma y dimensiones de las áreas de contacto	Cuadrada de lado c
	PLATAFORMA RODANTE	Separación entre centros de ruedas internas	L_{1P}
		Separación entre centros de ruedas externa e interna	L_{2P}
Separación entre centros de ruedas en tándem		L_{3P}	
Forma y dimensiones de las áreas de contacto		Rectangular a x b	
CARGA POR RUEDA	TRACTOR	VERTICAL	$Q_{v,221T} V, Rueda$
		HORIZONTAL	$Q_{v,221T} H, Rueda$
	PLATAFORMA RODANTE	VERTICAL	$Q_{v,221P} V, Rueda$
		HORIZONTAL	$Q_{v,221P} H, Rueda$

Las cargas transmitidas por los equipos sobre neumáticos, de movilidad no restringida, con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes se considerarán únicamente en los estado de proyecto representativos de los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones de trabajo operativas correspondientes a la realización de las operaciones de carga y descarga del buque), así como en los estados sísmicos y en los asociados a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario (condiciones excepcionales), ya que en el resto de estados se considera que estos equipos se encuentran fuera de servicio.

Las cargas transmitidas por estos equipos en estas condiciones se considerarán cargas compuestas, obteniéndose a partir de la combinación de acciones simultáneas y compatibles que actúan sobre los equipos en dichos estados; es decir, las debidas al peso propio del equipo y a la carga manipulada (incluyendo los efectos inerciales asociados con el movimiento del equipo y de la carga). El fabricante del equipo deberá suministrar las cargas verticales y horizontales transmitidas por cada agente, actuando aisladamente, sobre los ejes más cargados, considerando la máxima capacidad de carga manipulada.

Salvo en aquellos aspectos que en este apartado se señalen diferencias, la obtención y definición de las cargas transmitidas, sus valores nominales o sus valores representativos y, en su caso, sus funciones de distribución, se realizará de igual forma que lo establecido en esta Recomendación para los equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.3), considerando que las condiciones de trabajo operativas son las correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga del buque por rodadura. El agente climático predominante en estas condiciones puede no ser el viento que paraliza las operaciones de carga y descarga del buque por elevación o que impide la circulación de los equipos (en general, velocidad media en el intervalo (ráfaga) de 3 s a 10 m de altura de 24 m/s (\cong 86 km/h), sino otra velocidad del viento u otros agentes del medio físico (p.e. niveles del agua, oleaje,...) que a partir de cierto nivel impidan la realización de las operaciones de carga y descarga por medio rodantes al dar lugar a movimientos del buque atracado o desniveles entre la bodega del buque y la coronación de la obra de atraque o, en su caso, de los planos o rampas disponibles, no compatibles con estas operaciones (Ver apartado 3.2.2.1)³⁹. A falta de otros estudios más precisos de compatibilidad de los movimientos de cada buque causados por los agentes climáticos con la carga y descarga del mismo por medios rodantes, puede adoptarse con carácter general cuando se consideren condiciones de amarre tipo como valor del agente climático predominante que define el estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga del buque por medios rodantes el recogido en la tabla 3.2.1.3. ($V_{v,1min}=22$ m/s; $V_{c,10 min} = 1.5$ m/s en dirección longitudinal al buque o 0.5 m/s en sentido transversal; o $H_s = 0.5$ m en dirección longitudinal al buque o 0.3 m en dirección transversal con longitudes de onda mayores que la eslora del buque, respectivamente). Dada la poca relevancia que tienen los efectos del viento debido al tamaño, características y condiciones de operaciones de estos equipos, las cargas transmitidas por los mismos pueden considerarse independientes de la velocidad del viento considerada en esta condición.

Los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes cuando estén definidos en la fase de proyecto se resumen en la tabla 4.6.4.16.

En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados por el fabricante para los equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes previstos por el promotor en función del uso de la obra de atraque y amarre y de las condiciones de explotación establecidas, podrán

³⁹ En general, los máximos movimientos admisibles de los buques respecto a la posición de reposo para poder realizar las operaciones de carga y descarga por medios rodantes oscilan entre 0.3-0.6 metros para los movimientos horizontales y entre 1 y 1.2 metros para los verticales en función de la posición de la rampa en el buque (proa, popa, lateral o tres cuartos). Para más detalles, así como para los máximos giros admisibles del buque, ver la tabla 4.6.4.22.

adoptarse como órdenes de magnitud de los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos considerados actualmente como tipo los consignados en la tabla 4.6.4.19, los cuales incluyen la amplificación dinámica y los efectos inerciales debidos a la traslación, frenada, etc....

TABLA 4.6.4.19. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR EQUIPOS DE MOVILIDAD NO RESTRINGIDA TIPO CON CAPACIDAD DE CARGA Y DESCARGA DEL BUQUE POR MEDIOS RODANTES ⁶⁾								
A. CARRETILLAS ELEVADORAS FRONTALES								
En general, el tipo de carretillas elevadoras frontales que se utilizan para la carga y descarga de buque por medios rodantes son aquéllas con una capacidad de elevación de carga del orden de 300 kN. La configuración y los valores característicos de las cargas transmitidas por estos equipos se incluyen en la tabla 4.6.4.17.								
B. UNIDADES TRACTOR-PLATAFORMA RODANTE								
		TIPO DE TRACTOR- PLATAFORMA RODANTE						
PLATAFORMA RODANTE	Capacidad de carga plataforma (kN) ¹⁾	450	600	800	1000	1200		
	Carga 5ª rueda de plataforma con máxima carga (kN)	140	185	215	265	320		
TRACTOR	Capacidad 5ª rueda (kN) ²⁾	300-350	300-350	300-350	300-350	300-350		
CARACTERÍSTICAS EQUIPO	Peso plataforma(kN)	50	55	60	70	90		
	Peso tractor (kN)	90-150	90-150	90-150	90-150	90-150		
	Longitud plataforma(m)	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30		
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE CARGAS TRACTOR /PLATAFORMA	Separación entre el eje más cargado del tractor y el punto medio entre los ejes de la plataforma (L ₄) (m)		10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	
	Nº de ruedas plataforma rodante (N)		8	8	8	8	8	
	TRACTOR	Separación entre centros de ruedas internas (L _{1T}) (m)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
		Separación entre centros de ruedas externas e internas (L _{2T}) (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
		Forma y dimensiones del área de contacto (c x c) (m x m)	3)	3)	3)	3)	3)	
	PLATAFORMA	Separación entre centros de ruedas internas (L _{1P}) (m)	0.80	0.70	0.50	0.45	0.45	
		Separación entre centros de ruedas externas e internas (L _{2P}) (m)	0.48	0.52	0.60	0.75	0.75	
		Separación entre centros de ruedas en tándem (L _{3P}) (m)	0.65	0.75	0.75	0.80	0.90	
Forma y dimensiones del área de contacto (a x b) (m x m)		ax0.40 ⁴⁾	ax0.40 ⁴⁾	ax0.40 ⁴⁾	ax0.40 ⁴⁾	ax0.40 ⁴⁾		
MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN) ⁵⁾	TRACTOR	Sin carga	Vertical	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
		En condiciones de operación	Vertical	50	60	70	80	90
	PLATAFORMA	Sin carga	Vertical	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert
			Horizontal	4.50	5.00	6.00	7.00	9.00
		En condiciones de operación	Vertical	45	60	85	105	125
			Horizontal	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert
CARGA VERTICAL UNIFORME EQUIVALENTE (kN/m ²)			15	20	25	30	35	
NOTAS								
- Cuando, de acuerdo con lo previsto en esta Recomendación, se adopten los valores consignados en esta tabla para la definición de cargas mínimas, en aquéllos parámetros que se incluya un rango de valores se utilizará a estos efectos el valor medio.								
1) Si bien están disponibles plataformas rodantes con menor (250 a 400 kN) o mayor (hasta 2000 kN) capacidad de carga, se incluyen en esta tabla únicamente las que se consideran más comunes en las terminales portuarias por su mayor adaptación a diferentes condiciones de explotación y de presentación de las mercancías, con longitudes capaces de transportar tanto carga fraccionada como simultáneamente 2 contenedores de 20' o un contenedor de hasta 45' (longitudes del orden de 12 m).								
2) Aunque pueden utilizarse unidades tractoras con menor capacidad en 5ª rueda para los tipos de plataformas rodantes incluidos en esta tabla hasta 800 kN de capacidad de carga, en general se considera recomendable para estas plataformas utilizar unidades tractoras con capacidad en la 5ª rueda mayor de 300 kN y con capacidad de remolque hasta 1200 kN.								
3) Para obtener las dimensiones del área de contacto correspondiente a la rueda de la unidad tractora puede considerarse presiones de contacto del orden de 800 kN/m ² .								
4) La dimensión (a) del área de contacto correspondientes a las ruedas de la plataforma puede obtenerse considerando presiones de contacto del orden de 2500 kN/m ² .								
5) Las máximas cargas por rueda consignadas en esta tabla incluyen amplificación dinámica y los efectos inerciales debidos a la traslación (aceleración, frenada, ...). No se incluyen los efectos debidos a posibles giros de los equipos. En las zonas en la que se concentren giros de estos equipos puede considerarse que las cargas transmitidas son un 30 % superiores a las consignadas en la tabla. Tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud para cada tipo de equipo, habiéndose obtenido del análisis de los correspondientes a diferentes fabricantes. Dependiendo del fabricante y de la configuración geométrica, las variaciones pueden ser significativas por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por este tipo de equipos, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación. Las acciones horizontales se considerarán en la dirección de circulación de los equipos. En estos equipos puede considerarse que no es relevante la componente de la acción horizontal debida al viento. Por dicha razón, simplificadaamente se podrá considerar que las cargas incluidas en esta tabla son válidas para cualquier velocidad del viento menor o igual que la fijada como límite de operación.								
6) Puede considerarse como suficientemente aproximado adoptar como valor cuasi-permanente de las cargas transmitidas por los equipos con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes incluidos en esta tabla 0.90 el valor de las componentes verticales en condiciones de operación en los casos de carretillas frontales (A). Para unidades tractor-plataforma rodante (B) se adoptará un coeficiente reductor de 0.9 para las cargas transmitidas por unidades tractoras y 0.80 para las transmitidas por las plataformas rodantes. En todos los casos se considerará que las componentes horizontales de actuación simultánea son nulas.								

- **Cargas mínimas**

En previsión de posibles variaciones razonables en las condiciones de utilización y criterios de explotación de la obra de atraque y amarre durante su vida útil o de incertidumbres que puedan producirse entre la fase de proyecto y de servicio de la obra, es recomendable que se adopten como mínimo las siguientes cargas transmitidas por equipos sobre neumáticos, de movilidad no restringida, con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes, aunque la utilización de dichos equipos no este inicialmente prevista o inicialmente detallada por el promotor:

- Para usos comerciales de mercancía general y pasajeros en los casos ro-ro, ferris y multipropósito
- Las cargas correspondientes a las carretillas elevadoras frontales con capacidad de elevación de carga de 300 kN incluidas en la tabla 4.6.4.17.
- Las cargas correspondientes a las unidades tractor-plataforma rodante con capacidad de carga de 800 kN incluidas en la tabla 4.6.4.19.

En obras de atraque y amarre para el resto de usos no se considerarán cargas mínimas debidas a equipos sobre neumáticos, de movilidad no restringida, con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes, sin perjuicio de considerar en esos usos las cargas mínimas debidas a equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito que sean de aplicación de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.6.4.2.1.1.3.

El resumen de las cargas mínimas transmitidas por equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por medios rodantes a adoptar en las áreas de operación de obras de atraque y amarre en las que esté prevista la carga y descarga del buque mediante sistemas discontinuos por medios rodantes se incluye en la tabla 4.6.4.23.

En lo que respecta a la verificación de modos de parada operativa, el agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado es el agente “manipulación de mercancías mediante sistemas discontinuos por medios rodantes ($q_{v,22}$)” cuando la operativa de carga y descarga del buque se realiza mediante este sistema de manipulación.

A los efectos de verificar este modo de parada operativa se definirán los valores umbral de las variables de los agentes climáticos que limitan las operaciones de carga y descarga del buque por rodadura, para cada una de las siguientes causas de paralización de estas operaciones que sean relevantes para el emplazamiento, de acuerdo con lo dispuesto en este apartado para las condiciones de trabajo operativas:

- Paralización por incompatibilidad con los movimientos del buque atracado.
- Paralización por incompatibilidad de niveles entre la bodega del buque y la coronación de la obra de atraque o, en su caso, de los planos o rampas disponibles.
- Paralización por rebases de las aguas exteriores o, en su caso, del trasdós sobre el nivel de coronación de la obra de atraque.
- Paralización por rebases del oleaje sobre la coronación de las obras de abrigo, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a éstas.

El nivel de operatividad conjunto correspondiente a este modo de parada podrá obtenerse de forma equivalente a lo dispuesto a estos efectos en el apartado 4.1.1.3. Verificación de modos de parada operativa, de esta Recomendación.

En general, en las instalaciones de atraque es recomendable que el nivel de coronación de las mismas se fije de forma que nominalmente no se produzca la paralización de la instalación por rebases de las aguas (Ver apartado 3.2.2.1. Niveles de coronación). De igual forma, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a diques es recomendable que los niveles de coronación de las obras de abrigo se proyecten de modo que la probabilidad de paralización de las operaciones de carga y descarga asociada con los rebases de oleaje a través de la coronación del dique sea también nominalmente nula.

Se adoptará como variable climática predominante el nivel alto y bajo de las aguas para la causa de paralización por incompatibilidad de niveles, así como el nivel alto de las aguas exteriores o, en su caso, la altura de ola para la paralización por rebases. Para la paralización por incompatibilidad de movimientos del buque atracado se adoptará la velocidad del viento, la altura de ola, el periodo del oleaje o la velocidad de la corriente. En esta última causa, cuando debido a las condiciones locales no sea factible discriminar cuál es la variable climática predominante, se repetirá el proceso considerando cada una de ellas como predominante.

4.6.4.2.1.3 Cargas transmitidas por sistemas continuos de carga y descarga del buque ($q_{v,23}$)

Las operaciones de carga, descarga, estiba y desestiba del buque mediante sistemas continuos están limitadas a los usos comerciales de graneles líquidos y sólidos, siendo los equipos que permiten la realización de estas operaciones diferentes para cada uno de estos usos.

4.6.4.2.1.3.1 Cargas transmitidas por sistemas continuos de carga y descarga de graneles líquidos ($q_{v,231}$)

El procedimiento de carga-descarga de los graneles líquidos mediante sistemas continuos y su transporte desde o hasta las zonas de almacenamiento se realiza por bombeo a través de tuberías y de sistemas de conexión de éstas con el buque que permiten la realización de estas operaciones en condiciones de seguridad y sostenibilidad ambiental, al adaptarse a los movimientos verticales, movimientos horizontales y giros generados en el buque atracado por los agentes del medio físico (niveles de agua, corrientes, viento, oleaje, ...) hasta los límites de operación considerados.

Esta conexión puede realizarse por medio de:

- Brazos articulados.
- Mangueras o tuberías flexibles, incluyendo, en su caso, instalaciones que faciliten su manejo y almacenamiento.

La posible utilización de cada uno de estos sistemas de conexión y las características de los mismos serán definidas por el promotor, tomando en consideración el tipo de granel líquido a manipular, en particular su peligrosidad y los rendimientos exigidos, así como

su compatibilidad con la configuración física de la obra de atraque (monoboya, campos de boyas o pantalanés) y con las condiciones climáticas en el emplazamiento. Con carácter general la tecnología actualmente existente permite utilizar ambos sistemas para todo tipo de graneles líquidos, independientemente de la configuración física del atraque adoptada y de la severidad climática en el emplazamiento. No obstante lo anterior, puede considerarse que los brazos articulados situados sobre pantalanés o plataformas en zonas abrigadas o sometidas a climas marítimos no demasiado severos son el mecanismo más seguro y eficaz de conexión para todo tipo de productos, particularmente los que exigen una manipulación a temperatura no ambiental, bien más elevada (productos asfálticos) o bien criogénica (gases licuados), y cuando se realiza la carga-descarga del buque de costado. En zonas no abrigadas con climatología severa o cuando la configuración física del atraque adoptada sea un duque de alba de amarre aislado, una monoboya o un campo de boyas, como criterio general suelen utilizarse mangueras o tuberías flexibles.

Los equipos de conexión suelen ser, en general, fijos, aunque también pueden ser de movilidad restringida o sobre un chasis móvil, con el objeto de dotarles de mayor flexibilidad de posición en la línea de atraque en función de la flota previsible de buques.

Este agente se define mediante las acciones (verticales, horizontales y momentos) y presiones asociadas transmitidas directamente a la obra de atraque en el caso del equipo fijo o, en el caso de equipos de movilidad restringida y de equipos sobre chasis, transmitidas a través de las ruedas que permiten la movilidad del equipo en una banda de circulación o de forma no restringida respectivamente, así como, en el caso de equipos de movilidad restringida, a través de los anclajes en aquellos estados de proyecto en los cuales se considere su inmovilización.

Dichas cargas están asociadas fundamentalmente con los siguientes factores:

- Configuración geométrica del equipo, particularmente en la interfase equipo/obra de atraque (forma y dimensiones del área de contacto, ...)
- Peso propio del equipo
- Efectos inerciales asociados con los movimientos del equipo y el paso del fluido durante las operaciones de carga y descarga.
- Los efectos de los agentes del medio físico, particularmente el viento.

En el caso de equipos de movilidad restringida también deberá tomarse en consideración la configuración geométrica de la interfase equipo-obra de atraque (separación entre ejes, número y separación entre ruedas,...).

Los parámetros que definen a este agente se incluyen en la tabla 4.6.4.20 para equipos fijos. Para los equipos de movilidad restringida, los parámetros que definen este agente pueden considerarse equivalentes a los definidos en la tabla 4.6.4.5 para los equipos de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación. Para los equipos situados sobre chasis móvil, los parámetros que definen este agente pueden considerarse equivalentes en general a los modelos de carga normalizados 1 y 2, correspondientes al tráfico viario en áreas portuarias, incluidos en la tabla 4.6.4.28.

La distribución espacial de estas cargas se considerará libre con las restricciones asociadas a la configuración geométrica de los equipos, limitada únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para los mismos y para la instala-

ción portuaria. Por condiciones de explotación de la instalación, así como por exigencias de seguridad es recomendable que la distancia entre el cantil de la obra de atraque y el eje de la estructura vertical fija más próxima al lado mar sea mayor de 2.50 m⁴⁰, debiéndose garantizar una distancia mínima entre el cantil y cualquier parte del equipo en configuración replegada mayor de 1.50 m. para evitar su posible colisión con el buque durante las maniobras de atraque o durante la permanencia del mismo en el atraque (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.1). Para cada estado de proyecto se adoptarán las cargas correspondientes a la posición del equipo y dirección del viento que, siendo compatibles con dicho estado, produzca los efectos más desfavorables para el modo de fallo analizado.

TABLA 4.6.4.20. PARÁMETROS QUE DEFINEN LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR BRAZOS ARTICULADOS FIJOS EN SISTEMAS CONTINUOS PARA MANIPULACIÓN DE GRANELES LÍQUIDOS

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Forma y dimensiones área contacto	Cuadrada c x c
ACCIONES EN LA BASE DE ANCLAJE DEL BRAZO	VERTICAL	$Q_{v,231}V$
	HORIZONTAL	$Q_{v,231}H$
	MOMENTO	$Q_{v,231}M$

A los efectos de la verificación de modos de fallo tanto globales como locales se considerarán las cargas transmitidas por todos los equipos de conexión definidos por el promotor en cada uno de los estados de proyecto, considerando, salvo que las condiciones de explotación definan lo contrario, que los ubicados en un mismo atraque pueden estar en servicio simultáneamente.

⁴⁰ Esta recomendación tiene un carácter general sin perjuicio de que en algunos casos puede generar dificultades en la cimentación del equipo que no haga conveniente dicha disposición. Por ejemplo en obras de atraque de pantallas, con el objeto de poder apoyar el equipo sobre la pantalla, pueden admitirse excepcionalmente distancias menores entre el cantil y el equipo, pero nunca menores de 0.80 m. Por otra parte, salvo que las condiciones de explotación establecidas para la instalación de atraque lo exijan específicamente, no es conveniente aumentar demasiado esta distancia ya que reduce el alcance efectivo del equipo de manipulación.

Las cargas transmitidas por los equipos de conexión se considerarán cargas compuestas, obteniéndose a partir de la combinación de las acciones simultáneas y compatibles que en cada estado de proyecto representativo de los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones de trabajo operativas) a la inoperatividad de la misma en el caso de equipos fijos o de movilidad restringida (condiciones de trabajo extremas y excepcionales debidas a la actuación de viento extraordinario) o la presentación de un agente extraordinario o insólito (condiciones excepcionales debidas a la presentación de una accidental y condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica) actúan sobre el equipo, tomando en consideración las diferentes posiciones y configuraciones que puede adoptar el equipo en dicho estado y la dirección del viento. Para ello el fabricante del equipo deberá suministrar las cargas verticales, horizontales y los momentos transmitidos separadamente por el peso propio del equipo, los debidos a efectos inerciales durante el proceso de carga y descarga, incluido el peso del fluido, y el viento, tomando en consideración las diferentes posiciones del equipo y la dirección del viento, de forma que sea posible definir los diferentes valores representativos y, en su caso, las funciones de distribución asociados a dichas cargas. Para los equipos sobre chasis será de aplicación lo dispuesto a estos efectos para el tráfico viario.

Para los equipos fijos y de movilidad restringida, la obtención y definición de las cargas transmitidas, de sus valores representativos y, en su caso, sus funciones de distribución se realizará de forma equivalente a lo establecido para los equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.1), considerando, igualmente, que las condiciones de operación correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado pueden no estar definidas únicamente por la velocidad límite del viento que permite operar al equipo de conexión sino por los valores de éste y otros agentes del medio físico que dan lugar a movimientos del buque atracado no compatibles con las operaciones de carga-descarga del buque con sistemas continuos y que pueden ser más desfavorables para el modo de fallo analizado, aunque sean más limitativas en lo que respecta a la velocidad del viento. En este último caso, se considerará en estas condiciones para la definición de las cargas que actúa sobre el equipo la velocidad y dirección del viento que da lugar a los máximos movimientos admisibles para el buque cuando a estos efectos el viento sea el agente predominante, siempre que sea menor que el valor umbral de la velocidad del viento que permite operar al equipo de conexión, o la velocidad y dirección del viento simultáneo compatible con el valor adoptado para el agente climático predominante en el caso de que no sea el viento el que define el estado meteorológico en dichas condiciones. A los efectos de las cargas transmitidas por estos equipos, únicamente se tomará en consideración esta última situación si la velocidad del viento compatible no supera el valor umbral más limitativo establecido en aquellos casos en que se considera que el viento es el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado.

A falta de estudios más precisos de compatibilidad de los movimientos de los buques atracados con los equipos de conexión considerados o de especificaciones del fabricante, puede adoptarse con carácter general como valores de los distintos agentes climáticos, cuando cada uno de ellos es el predominante y, por tanto, define el estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga de graneles líquidos mediante sistemas continuos, los consignados en la tabla 3.2.1.3, obtenidos considerando que los mo-

vimientos que producen en los buques atracados con condiciones de amarre tipo son los máximos admisibles usuales para equipos convencionales ⁴¹.

En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados por el fabricante para los equipos de conexión previstos por el promotor para la carga-descarga de graneles líquidos por sistemas continuos en función de las condiciones de explotación establecidas, en particular los rendimientos de carga y descarga considerados, podrán adoptarse como órdenes de magnitud de los valores representativos de las cargas transmitidas por los equipos de conexión fijos considerados actualmente como tipo o más usuales los consignados en la tabla 4.6.4.21, los cuales incluyen los efectos inerciales asociados a los movimientos del equipo durante las operaciones de carga y descarga.

			TIPO DE BRAZO ARTICULADO				
Diámetro de tubería (mm) [“]			203 [8”]	254 [10”]	305 [12”]	406 [16”]	508 [20”]
Máximo rendimiento bruto (m³/h)			1100	1700	2500	4000	5500
CARACTERÍSTICAS BRAZO ARTICULADO	Alcance tipo de conexión desde el eje del brazo (m)		10.0	10.0	12.0	13.0	15.0
	Altura tipo de conexión sobre base (m)		7.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	Altura tipo de conexión por debajo de base (m)		7.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	Peso (kN)		190	240	320	360	400
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Máx. altura en posición replegada (m)		20	22	25	28	30
	Dimensiones base soporte (c x c) (m x m)		1.50x1.50	1.50x1.50	1.50x1.50	1.50x1.50	1.50x1.50
MÁXIMA CARGA EN BASE SOPORTE (kN o kNm)	En condiciones de operación²⁾	Vertical	250	300	400	450	500
		Horizontal	35	40	43	50	53
		Momento	600	800	1000	1200	1350
	En condiciones Extremas y excepcionales debidas a viento extraordinario³⁾	Vertical	190	240	320	360	400
		Horizontal	100	110	125	140	147
		Momento	1000	1200	1500	1900	2200
NOTAS							
<p>1) Los valores consignados en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud para cada tipo de brazo articulado hasta 20” de diámetro de tubería., habiéndose obtenido de los análisis de los correspondientes a varios fabricantes. Estos brazos son los más comunes, aunque para grandes buques pueden utilizarse brazos con mayores diámetros de tubería (24”). Dependiendo del fabricante, así como del alcance y alturas de conexión necesarios en función del tipo de buque y de los resguardos de seguridad exigidos, las variaciones pueden ser significativas por lo que deben contrastarse por las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por los equipos, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación.</p> <p>2) Considerando una velocidad de viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m})=24\text{ m/s}$ ($\cong 86\text{ km/h}$) actuando en la dirección de la posición del brazo y en el sentido más desfavorable, e incluyendo los efectos inerciales asociados con los movimientos del brazo y el paso del fluido. Para otra velocidad del viento, se considerará que la componente vertical de las cargas incluida en la tabla no varía y que las componentes horizontal y la parte del momento debidas al viento se modifican aplicando la relación $(V_1/V_0)^2$. Simplificadamente, puede considerarse que la componente del momento no debida al viento es igual a la componente vertical incluida en la tabla por una excentricidad de 1.1 m.</p> <p>3) Considerando una velocidad de viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m})=40\text{ m/s}$ (144 km/h) en la dirección perpendicular o paralela al cantil de la obra de atraque. Para la determinación de la carga máxima horizontal y el momento para otra velocidad del viento (V_1) puede aplicarse la relación $(V_1/V_0)^2$ a los datos de la tabla.</p>							

⁴¹ Para brazos articulados convencionales en general son admisibles semiamplitudes en los movimientos horizontales de vaivén del buque menores a 2 m y amplitudes en los movimientos de deriva menores a 2 m, dependiendo de los periodos de oscilación del buque atracado. No obstante, particularmente para productos petrolíferos y químicos, actualmente existen en el mercado tecnologías de equipos de conexión que admiten un mayor rango de movimientos horizontales del buque en las operaciones de carga y descarga, con amplitudes del orden de 6 m o más para los movimientos de vaivén y de 3 m para los movimientos de deriva, lo que permite operar incluso con alturas de olas significante entre 3 y 5 m (Para más detalles ver tabla 4.6.4.22).

4) Los otros valores representativos (de combinación, frecuente y cuasi-permanente) en condiciones de equipo fuera de servicio pueden obtenerse a partir de los valores consignados en esta tabla para condiciones extremas, considerando que la componente vertical no varía y que la componente horizontal y el momento se modifican en función de la velocidad del viento que le corresponda a cada valor representativo de acuerdo con lo dispuesto en la tabla 4.6.4.8, calculados a través del procedimiento establecido en la cláusula 3). Los valores frecuente y cuasi-permanente en condiciones del equipo en servicio, pueden obtenerse a partir de los valores consignados en esta tabla para condiciones de operación, considerando que la componente vertical no varía y que la componente horizontal y la parte del momento debidas al viento se modifican en función de la velocidad del viento que le corresponda a cada valor representativo de acuerdo con lo dispuesto en la tabla 4.6.4.8, calculados a través del procedimiento establecido en la cláusula 2).

- **Cargas mínimas**

En previsión de posibles variaciones razonables en las condiciones de utilización y criterios de explotación de la obra de atraque y amarre durante su vida útil o de incertidumbres que puedan producirse entre la fase de proyecto y de servicio de la obra, para formulaciones deterministas y determinista-probabilista de las ecuaciones de verificación es recomendable que se adopten en obras de atraque y amarre para usos comerciales de graneles líquidos como mínimo los siguientes valores representativos de las cargas transmitidas por sistemas continuos de carga y descarga del buque, independientemente de que esté o no inicialmente previsto o detallado por el promotor el tipo y número de equipo de conexión:

- Para buques máximos de proyecto de menos de 20.000 TPM
 - Máximas cargas en base soporte incluidas en la tabla 4.6.4.21 correspondientes a un brazo articulado para una tubería de 203 mm de diámetro (8’’).
 - Cargas lineales equivalentes a la actuación simultánea de varios brazos articulados para tuberías de 203 mm de diámetro (8’’), situados con una separación entre ejes de las estructuras verticales fijas de sustentación de 3 m.
- Para buques máximos de proyecto entre 20.000 a 30.000 TPM
 - Máximas cargas en base soporte incluidas en la tabla 4.6.4.21 correspondientes a un brazo articulado para una tubería de 254 mm de diámetro (10’’).
 - Cargas lineales equivalentes a la actuación simultánea de varios brazos articulados para tuberías de 254 mm de diámetro (10’’), situados con una separación entre ejes de las estructuras verticales fijas de sustentación de 3 m.
- Para buques máximos de proyecto entre 30.000 a 40.000 TPM
 - Máximas cargas en base soporte incluidas en la tabla 4.6.4.21 correspondientes a un brazo articulado para una tubería de 305 mm de diámetro (12’’).
 - Cargas lineales equivalentes a la actuación simultánea de varios brazos articulados para tuberías de 305 mm de diámetro (12’’) situados con una separación entre ejes de las estructuras verticales fijas de sustentación de 4 m.
- Para buques máximos de proyecto entre 40.000 a 50.000 TPM
 - Máximas cargas en base soporte incluidas en la tabla 4.6.4.21 correspondientes a un brazo articulado para una tubería de 406 mm de diámetro (16’’).
 - Cargas lineales equivalentes a la actuación simultánea de varios brazos articulados para tuberías de 406 mm de diámetro (16’’), situados con una separación entre ejes de las estructuras verticales fijas de sustentación de 4 m.

- Para buques máximos de proyecto de más de 50.000 TPM
- Máximas cargas en base soporte incluidas en la tabla 4.6.4.21 correspondientes a un brazo articulado para una tubería de 508 mm de diámetro (20’’).
- Cargas lineales equivalentes a la actuación simultánea de varios brazos articulados para tuberías de 508 mm de diámetro (20’’), situados con una separación entre ejes de las estructuras verticales fijas de sustentación de 5 m.

Las cargas lineales se obtendrán por división de las cargas transmitidas por los equipos considerados, incluidas en la tabla 4.6.4.21, por la separación entre ejes de las estructuras verticales fijas de sustentación.

Para formulaciones probabilistas, la obtención de las funciones de distribución de las cargas transmitidas en los diferentes ciclos de sollicitación por los brazos articulados tipo considerados en la tabla 4.6.4.21 que se exige que se adopten como mínimos para las obras de atraque y amarre de uso comercial de graneles líquidos en función del buque máximo de proyecto, se realizará a través de la adaptación a estos equipos del procedimiento establecido a estos efectos en el apartado 4.6.4.2.1.1.1. (Cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación). En cualquier caso, las cargas máximas incluidas en la tabla 4.6.4.21 correspondientes a condiciones de operación podrán considerarse como valores nominales de los límites establecidos por criterios de explotación del equipo y, por tanto, simplificada, carentes de incertidumbre estadística durante la fase de servicio, siempre que sea el viento el agente que determine la operatividad de la instalación.

El resumen de las cargas mínimas transmitidas por brazos articulados fijos a adoptar en las áreas de operación de obras de atraque y amarre de uso comercial de graneles líquidos se incluye en la tabla 4.6.4.23.

Para la verificación de modos de fallo globales, con carácter general puede considerarse que las cargas debidas a los poliductos de tuberías desplegadas en las áreas de operación (en general, como máximo dos niveles de tuberías) están cubiertas por las sobrecargas mínimas de estacionamiento y almacenamiento establecidas en esta Recomendación para dichas áreas para usos comerciales de graneles líquidos con sistemas de manipulación continuos cuando son accesibles al tráfico viario (10 kN/m^2 de acuerdo con tabla 4.6.4.4 más los efectos del viento compatibles). En los casos en que el promotor de la instalación prevea más niveles de tuberías puede considerarse una sobrecarga uniforme vertical equivalente a cada nivel de tuberías igual a 5 kN/m^2 y una horizontal longitudinal de 2 kN/m^2 debida a la fuerza de rozamiento horizontal producida por los efectos de dilatación/contracción de las tuberías. Adicionalmente se considerará una sobrecarga uniforme horizontal, con la misma distribución espacial que la carga vertical, debida a la acción del viento, resultante de adoptar como valor representativo de la velocidad del viento en magnitud y dirección el correspondiente al ciclo de sollicitación considerado y como superficie expuesta la resultante de considerar un metro de altura por cada nivel de tuberías. En zonas de operación no accesibles al tráfico rodado se considerará como mínimo las sobrecargas correspondientes a un nivel de tuberías.

En lo que respecta a la verificación de modos de parada operativa, el agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de carga y descarga con buque atracado es el agente “manipulación de graneles líquidos mediante sistemas continuos ($q_{v,231}$)” cuando la operativa de carga y descarga del granel líquido se realiza mediante este sistema de manipulación.

A los efectos de verificar este modo de parada operativa se considerarán como valores umbral de las variables de los agentes climáticos que limitan las operaciones de carga y descarga, para cada una de las causas posibles de paralización de estas operaciones en el emplazamiento, los definidos de acuerdo con lo dispuesto en este apartado para las condiciones de trabajo operativas. Para la verificación del nivel de operatividad de la instalación asociado a este modo de parada operativa será de aplicación lo dispuesto a estos efectos en el apartado 4.1.1.3. Verificación de modos de parada operativa, así como en el subapartado a_3 del apartado 4.6.4.2.1.1.1. Cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación.

4.6.4.2.1.3.2. Cargas transmitidas por sistemas continuos de carga y descarga de graneles sólidos ($q_{v,232}$)

La carga y descarga de buques de graneles sólidos mediante sistemas continuos y su transporte desde o hasta las zonas de almacenamiento se realiza mediante procedimientos mecánicos o neumáticos por medio de equipos cargadores o descargadores, situados bien en el buque (buques autocargadores o autodescargadores) bien sobre la obra de atraque, y, en su caso, de elementos de conexión entre dichos equipos y la zona de almacenamiento o los modos de transporte terrestre viario o ferroviario (cintas transportadoras, tuberías, tornillos sin fin ...).

La utilización de cada uno de estos procedimientos y las características de los mismos serán definidas por el promotor, tomando en consideración el tipo o tipos de granel sólido a manipular, en particular sus pesos específicos y sus condiciones de alterabilidad, la flota de buques, el tipo de operación a realizar en la instalación (carga, descarga o ambas), los rendimientos necesarios, los requerimientos ambientales exigidos y las características de la instalación de almacenamiento asociada, así como su compatibilidad con la configuración física del atraque y con las condiciones climáticas en el emplazamiento. En general, los equipos utilizados en función del tipo de operación a realizar en la instalación y el tipo o tipos de granel sólido a manipular son los siguientes:

- Las operaciones de carga del buque por medios continuos se realizan en el caso de graneles sólidos pesados por procedimientos mecánicos con vertido al buque por gravedad, utilizando equipos cargadores alimentados por cintas transportadoras. Los equipos cargadores pueden ser tanto pórticos fijos como de movilidad restringida, sobre raíles o neumáticos, con plumas de longitud fija o variable, con posibilidad o no de movimientos de giro y basculamiento.

En función de las características de los equipos cargadores se distinguen entre:

- Cargador longitudinal: Equipo de movilidad restringida, con pluma de longitud fija o variable sin posibilidad de movimientos de giro o basculamiento.

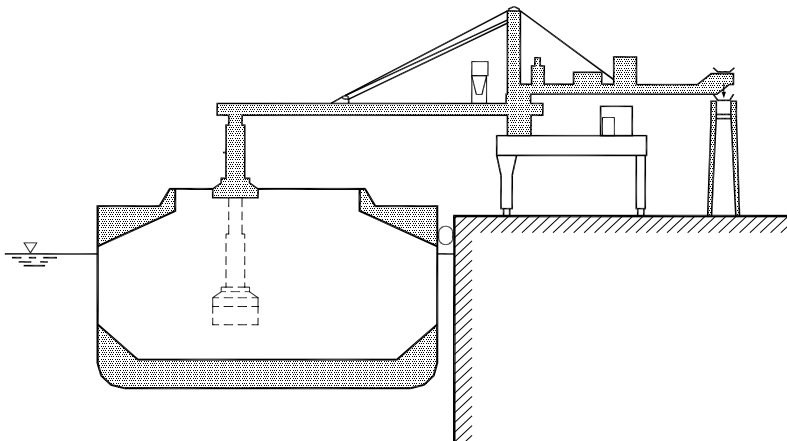
- Cargador en arco: Equipo fijo, con pluma de longitud fija o variable, con posibilidad de movimientos de giro y basculamiento.
- Cargador lineal: Equipo de movilidad restringida, con pluma de longitud fija con posibilidad de movimientos de giro y basculamiento.

Los rendimientos de estos equipos son los de la cinta transportadora de alimentación.

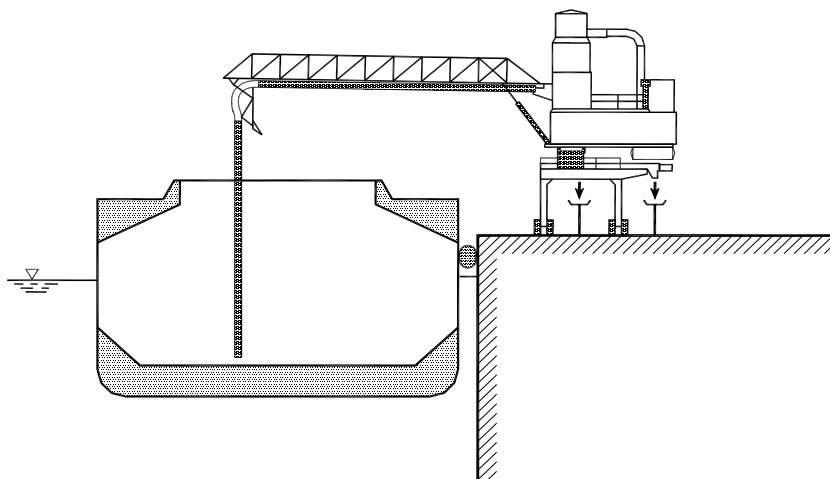
En el caso de graneles sólidos ordinarios o pulverulentos, las operaciones de carga por medios continuos se realizan con medios que no difieren mucho de los utilizados para los graneles sólidos pesados aunque incluyendo sistemas de vertido que evitan el polvo y la disgregación en una gran caída. Para este tipo de graneles los sistemas de alimentación del cargador también pueden ser neumáticos con tubería (Ver figura 4.6.4.1).

FIGURA 4.6.4.1. EJEMPLOS DE SISTEMAS CONTINUOS EN CARGA Y DESCARGA PARA BUQUES DE GRANELES SÓLIDOS

A. PÓRTICO CARGADOR MEDIANTE PROCEDIMIENTO MECÁNICO



B. PÓRTICO DESCARGADOR MEDIANTE PROCEDIMIENTO NEUMÁTICO



- Las operaciones de descarga del buque por medios continuos se realizan en el caso de graneles sólidos pesados por procedimientos mecánicos, utilizando equipos descargadores que incluyen sistemas de elevación vertical del granel hasta cintas que permiten su transporte hasta las áreas de almacenamiento. Los sistemas de elevación vertical más comunes son los elevadores de tornillo, los elevadores de cangilones, las rotopalas, los scrapers y las dobles cintas. Los equipos descargadores pueden ser tanto pórticos fijos como de movilidad restringida, sobre carriles o neumáticos, similares a los pórticos cargadores, e incluso de movilidad no restringida sobre neumáticos, con plumas de longitud fija o variable, con o sin capacidad de giro. Los rendimientos de estos equipos son los de los sistemas de elevación. En el caso de graneles sólidos ordinarios o pulverulentos la descarga puede hacerse tanto por los procedimientos mecánicos similares a los utilizados para los graneles pesados, aunque con equipos menos pesados, como por procedimientos neumáticos de aspiración o impulsión, que permiten reducir la producción de polvo y las pérdidas de material. En este caso, el sistema de elevación está formado por una tubería flexible en cuyo extremo está la boca de aspiración o el dispositivo de introducción del material en la tubería de impulsión. Los sistemas de transporte hasta las áreas de almacenamiento o directamente hasta otros modos de transporte pueden ser tanto neumáticos como mecánicos (Ver figura 4.6.4.1).

Las cargas a tomar en consideración debidas a dichos equipos, los factores que influyen en las mismas, los parámetros que las definen, su distribución espacial y los criterios para la obtención de sus valores representativos y, en su caso, sus funciones de distribución, son equivalentes a los asociados con los equipos fijos, los de movilidad restringida y los de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación, en función del tipo de pórtico cargador o descargador considerado (Ver apartados 4.6.4.2.1.1.1 y 4.6.4.2.1.1.2). De igual forma que estos equipos, las condiciones de operación correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado pueden estar definidas no únicamente por la velocidad límite del viento que permite operar con seguridad a los equipos cargadores o descargadores sino por los valores de éste y otros agentes del medio físico que dan lugar a movimientos del buque atracado no compatibles con las operaciones de carga o descarga del buque por medios continuos. A estos efectos, existe una gran diferencia entre las operaciones de carga y descarga. En las operaciones de carga no existe contacto entre el buque y el utillaje por lo que son admisibles movimientos del buque mucho mayores que en las operaciones de descarga. Por dicha razón, las instalaciones de carga pueden construirse en zonas menos abrigadas que las instalaciones de descarga para los mismos niveles de operatividad. A falta de estudios más precisos de compatibilidad de los movimientos de los buques atracados con los equipos de carga y descarga considerados o de especificaciones del fabricante, puede adoptarse con carácter general como valores de los agentes climáticos, cuando cada uno de ellos es el predominante y, por tanto, define el estado límite de realización de las operaciones de carga o descarga de graneles sólidos mediante sistemas continuos los consignados en la tabla 3.2.1.3, obtenidos considerando que los movimientos que producen en los buques atracados con condiciones de amarre tipo son los máximos admisibles usuales para equipos convencionales.⁴² En

⁴² Para operaciones de carga en general son admisibles amplitudes de los movimientos horizontales del buque de vaivén del orden de hasta 5.0 m y de deriva del orden de hasta 2.5 m. Para operaciones de descarga son admisibles menores movimientos horizontales del buque de vaivén y deriva (1.0 m y 0.5 m respectivamente), así como verticales de alzada (hasta 1.0 m). Para más detalles ver tabla 4.6.4.22.

estos casos se considerará para la definición de las cargas, que actúa sobre el equipo cargador/descargador la velocidad y dirección del viento que da lugar a los máximos movimientos admisibles para el buque cuando el viento sea, a estos efectos, el agente predominante y siempre que dicha velocidad sea menor que el valor umbral de la misma que permite operar al equipo por razones de seguridad o la velocidad y dirección del viento simultáneo compatible con el valor adoptado para el agente climático predominante en el caso de que no sea el viento el que define el estado meteorológico en estas condiciones. A los efectos de las cargas transmitidas por estos equipos, únicamente se tomará en consideración esta última situación si la velocidad del viento compatible no supera el valor umbral más limitativo establecido en aquellos casos en que se considera que el viento es el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de carga y descarga con buque atracado mediante sistemas continuos de manipulación de graneles sólidos.

La elección de las características de los equipos cargadores y descargadores se realizará considerando que se debe dar servicio a todas las escotillas de los buques que utilicen la instalación con las limitaciones impuestas por la configuración física de la obra de atraque, mediante uno o varios equipos, con los rendimientos exigidos. Las cargas transmitidas por los mismos se solicitarán al fabricante de acuerdo con los formatos y requerimientos señalados en las tablas 4.6.4.6 y 4.6.4.7 para el caso de grúas pórtico y grúas de contenedores en función del tipo de cargador/descargador adoptado.

En ausencia de información precisa obtenida a partir de datos suministrados por los fabricantes, disponer con carácter general de órdenes de magnitud de los valores característicos de las cargas transmitidas por estos equipos es difícil debido a la diversidad tipológica existente en el mercado. No obstante lo anterior, las cargas transmitidas por equipos cargadores o descargadores longitudinales pueden aproximarse del lado de la seguridad a las transmitidas por las grúas para contenedores de igual alcance máximo incluidas en la tabla 4.6.4.10.

En previsión de posibles variaciones razonables durante la vida útil en las condiciones de utilización y criterios de explotación de una obra de atraque para uso comercial de graneles sólidos en la que se prevea la carga o descarga del buque por medios continuos o de incertidumbres que puedan producirse entre la fase de proyecto y de servicio de la obra, es recomendable que se adopten, en estos casos, las cargas mínimas establecidas en esta Recomendación para usos de graneles sólidos con instalación especial, cuando están previstos sistemas de manipulación de mercancías discontinuos por elevación (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.1).

El resumen de las cargas mínimas a adoptar en las áreas de operación de obras de atraque y amarre de uso comercial de graneles sólidos en las que esté prevista la carga y descarga del buque mediante sistemas continuos se incluye en la tabla 4.6.4.23.

Para la verificación de los modos de fallo globales, con carácter general puede considerarse que las cargas debidas a los sistemas de transporte desde o hasta las áreas de almacenamiento (cintas transportadoras, tuberías, ...) desplegadas en las áreas de operación están cubiertas ampliamente por las sobrecargas mínimas de estacionamiento y almacenamiento establecidas en esta Recomendación para dichas áreas para usos comerciales de graneles sólidos con sistemas de manipulación continuos (10 kN/m² de acuerdo con la tabla 4.6.4.4, considerando los efectos del viento compatibles).

En lo que respecta a la verificación de modos de parada operativa, el agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de carga y/o descarga con buque atracado es el agente “manipulación de graneles sólidos mediante sistemas continuos ($q_{v,232}$)” cuando la operativa de carga y/o descarga del granel sólido se realiza mediante este sistema de manipulación. A los efectos de verificar este modo de parada operativa se considerarán como valores umbral de los agente climáticos que limitan las operaciones de carga y descarga los definidos de acuerdo con lo dispuesto en este apartado para las condiciones de trabajo operativas. Para la verificación del nivel de operatividad de la instalación asociado a este modo de parada operativa será de aplicación lo dispuesto a estos efectos en apartado 4.1.1.3. Verificación de modos de parada operativa, así como en el subapartado a_3 del apartado 4.6.4.2.1.1.1. Cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación.

TABLA 4.6.4.22. MÁXIMOS MOVIMIENTOS ADMISIBLES RECOMENDADOS DEL BUQUE ATRACADO COMPATIBLES CON LAS OPERACIONES DE CARGA O DESCARGA DE MERCANCÍAS Y EMBARQUE O DESEMBARQUE DE PASAJEROS CON EQUIPOS CONVENCIONALES EN CONDICIONES SEGURAS ^{1) 2)}

TIPO DE BUQUE	SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS O EMBARQUE Y DESEMBARQUE DE PASAJEROS	VAIVÉN (m)	DERIVA (m)	ALTEADA (m)	GUIÑADA (°)	CABECEO (°)	BALANCE (°)
Petrolero	Continuo: brazo articulado	±3.0	3.0	---	---	---	---
Gasero	Continuo: brazo articulado	±2.0	2.0	---	±1	±1	±1
Granelero y polivalente	Discontinuo elevación: carga	±1.0	1.0	---	±1	±1	±1
	Discontinuo elevación: descarga	±0.5	0.5	±0.5	±1	±1	±1
	Continuo: carga	±2.5	2.5	---	±1.5	---	---
	Continuo: descarga	±0.5	0.5	±0.5	±1	±1	±1
Mercante de Carga general	Discontinuo: elevación	±1.0	1.5	±0.5	±1.5	±1	±2.5
Portacontenedores	Discontinuo: elevación	±0.5	0.6	±0.4	±0.5	±0.5	±0.5
Ro-ro/Ferry/Transportador de coches³⁾	M. rodantes: rampa lateral	±0.5	0.6	±1.2	±0.1	±1	±2.5
	M. rodantes: rampa 3/4	±0.5	0.6	±1.0	±0.8	±0.6	±1
	M. rodantes: rampa a proa o popa	±0.3	0.6	±1.0	±0.5	±0.6	±0.8
Ferry/Crucero	Pasarela embarque / desembarque de pasajeros	±0.4	0.8	±0.25	±0.1	±0.1	±0.1
Pesquero	Discontinuo: elevación	±0.5	1.0	±0.2	±1.5	±1.5	±1.5

NOTAS

1) Los máximos movimientos horizontales y verticales incluidos en esta tabla se corresponden con su semi-amplitud respecto a la si-

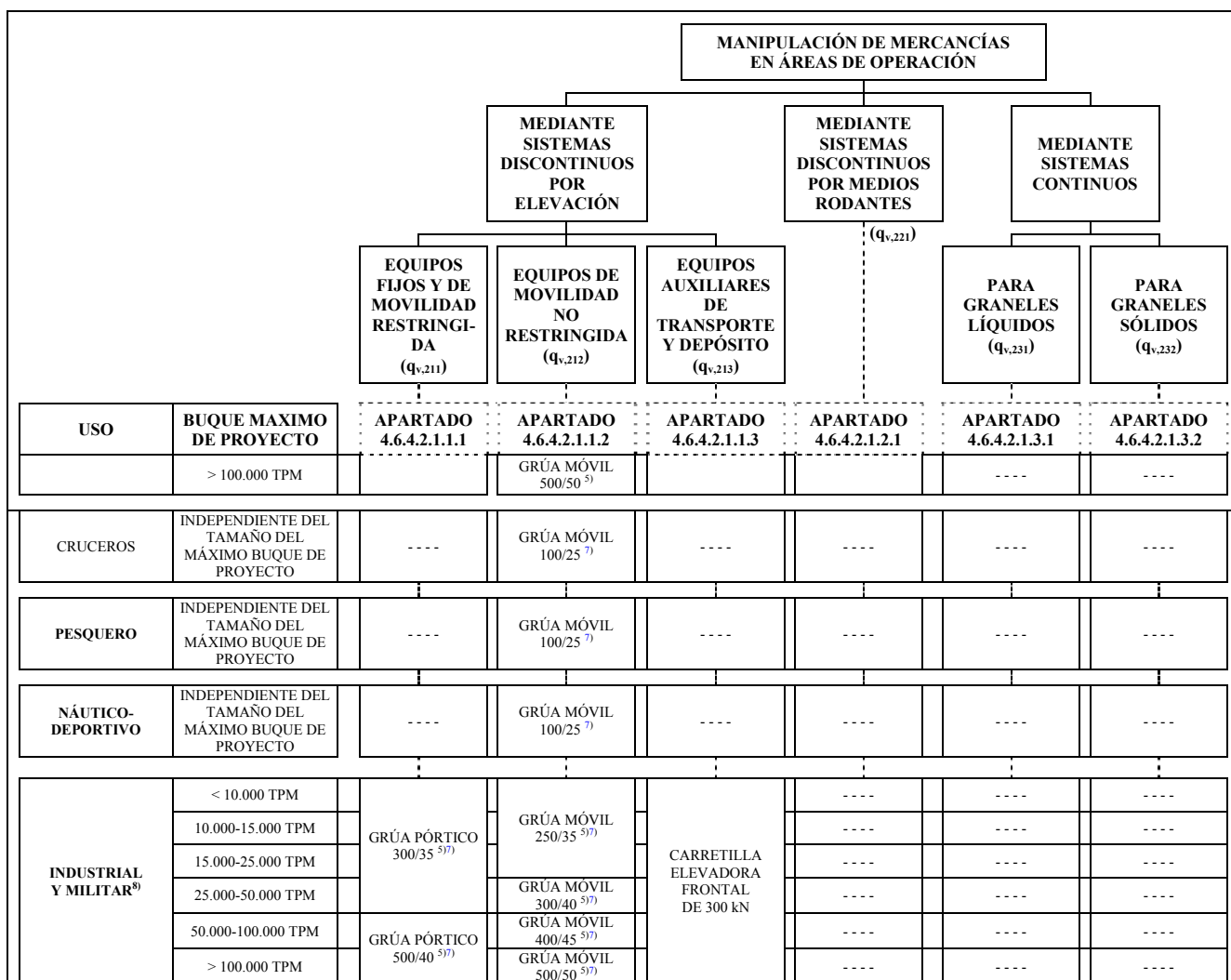
tuación de reposo de buque atracado, medidos en su centro de gravedad, excepto para el caso del movimiento de deriva en que se corresponde con la amplitud medida en la dirección de alejamiento del sistema atraque (obra de atraque + defensa). Los giros se corresponden también con su semiamplitud, respecto a la situación de reposo, medidos alrededor de los ejes horizontales y vertical que pasan por su centro de gravedad.

- 2) Los valores reflejados en la tabla son válidos para movimientos causados por viento, corrientes y oleajes. En presencia de ondas largas podrán aceptarse valores mayores. A su vez, los datos de la tabla corresponden a buques de dimensiones medias en relación con el rango de los existentes de cada tipo (Ver tabla 4.6.4.34). Los movimientos admisibles tienden a ser más reducidos para los buques de mayores dimensiones que las correspondientes al buque medio y más amplios para los buques de menores dimensiones que éste.
- 3) Si un buque opera con tipos de rampa diferente, los movimientos deben entenderse para la operación de cada rampa específica.

TABLA 4.6.4.23. RESUMEN SOBRE CARGAS MÍNIMAS PARA MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS EN ÁREAS DE OPERACIÓN

		MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS EN ÁREAS DE OPERACIÓN						
		MEDIANTE SISTEMAS DISCONTINUOS POR ELEVACIÓN			MEDIANTE SISTEMAS DISCONTINUOS POR MEDIOS RODANTES	MEDIANTE SISTEMAS CONTINUOS		
		EQUIPOS FIJOS Y DE MOVILIDAD RESTRINGIDA (q _{v,211})	EQUIPOS DE MOVILIDAD NO RESTRINGIDA (q _{v,212})	EQUIPOS AUXILIARES DE TRANSPORTE Y DEPÓSITO (q _{v,213})	(q _{v,221})	PARA GRANELES LÍQUIDOS (q _{v,231})	PARA GRANELES SÓLIDOS (q _{v,232})	
USO	BUQUE MAXIMO DE PROYECTO	APARTADO 4.6.4.2.1.1.1	APARTADO 4.6.4.2.1.1.2	APARTADO 4.6.4.2.1.1.3	APARTADO 4.6.4.2.1.2.1	APARTADO 4.6.4.2.1.3.1	APARTADO 4.6.4.2.1.3.2	
COMERCIAL	< 10.000 TPM	----	GRÚA MÓVIL 100/25 ¹⁾	----	----	BRAZOS ARTICULADOS PARA TUBERIAS DE 8" ²⁾	----	
	10.000-20.000 TPM	----		----	----	BRAZOS ARTICULADOS PARA TUB. 10" ²⁾	----	
	20.000-30.000 TPM	----		----	----	BRAZOS ARTICULADOS PARA TUB. 12" ²⁾	----	
	30.000-40.000 TPM	----		----	----	BRAZOS ARTICULADOS PARA TUB. 16" ²⁾	----	
	40.000-50.000 TPM	----		----	----	BRAZOS ARTICULADOS PARA TUB. 20" ²⁾	----	
	> 50.000 TPM	----		----	----	----	----	
GRANELES SÓLIDOS	SIN INSTALACIÓN ESPECIAL DE CARGA Y DESCARGA	< 2.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 60/25	GRÚA MÓVIL 100/25 ⁴⁾	----	----	----	
		2.000-8.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 120/25		----	----	----	
		8.000-15.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 160/30		----	----	----	
		15.000-25.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 300/35		GRÚA MÓVIL 250/35 ⁴⁾	----	----	----
		25.000-50.000 TPM			GRÚA MÓVIL 300/40 ⁴⁾	----	----	----
	> 50.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 500/40	GRÚA MÓVIL 400/45 ⁴⁾	----	----	----		
	CON INSTALACIÓN ESPECIAL DE CARGA Y DESCARGA ³⁾	< 10.000 TPM	GRÚA PORTACONTENEDORES TIPO 13	GRÚA MÓVIL 100/25 ⁴⁾	GRÚA MÓVIL 150/30 ⁴⁾	----	----	GRÚA PORTACONTENEDORES TIPO 13
		10.000-15.000 TPM		GRÚA MÓVIL 250/35 ⁴⁾				
		15.000-25.000 TPM		GRÚA MÓVIL 300/40 ⁴⁾				
		25.000-50.000 TPM		GRÚA MÓVIL 400/45 ⁴⁾				
50.000-100.000 TPM		GRÚA MÓVIL 500/50 ⁴⁾						
> 100.000 TPM	GRÚA PORTACONTENEDORES TIPO 16	GRÚA MÓVIL 500/50 ⁴⁾	----	----	----	GRÚA PORTACONTENEDORES TIPO 16		
MERCANCÍA GENERAL CONVENCIONAL ORDINARIA	< 2.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 60/25	GRÚA MÓVIL 100/25	CARRETILLA ELEVADORA FRONTAL DE 200 kN	----	----	----	
	2.000-8.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 120/25			----	----	----	
	8.000-15.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 160/30			GRÚA MÓVIL 150/30	----	----	----
	15.000-25.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 300/35			GRÚA MÓVIL 250/35	----	----	----
	25.000-50.000 TPM				GRÚA MÓVIL 300/40	----	----	----
	> 50.000 TPM	GRÚA PÓRTICO			GRÚA MÓVIL	----	----	----

MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS EN ÁREAS DE OPERACIÓN									
		MEDIANTE SISTEMAS DISCONTINUOS POR ELEVACIÓN			MEDIANTE SISTEMAS DISCONTINUOS POR MEDIOS RODANTES		MEDIANTE SISTEMAS CONTINUOS		
		EQUIPOS FIJOS Y DE MOVILIDAD RESTRINGIDA (q _{v.211})	EQUIPOS DE MOVILIDAD NO RESTRINGIDA (q _{v.212})	EQUIPOS AUXILIARES DE TRANSPORTE Y DEPÓSITO (q _{v.213})	(q _{v.221})		PARA GRANELES LÍQUIDOS (q _{v.231})	PARA GRANELES SÓLIDOS (q _{v.232})	
USO	BUQUE MAXIMO DE PROYECTO	APARTADO 4.6.4.2.1.1.1	APARTADO 4.6.4.2.1.1.2	APARTADO 4.6.4.2.1.1.3	APARTADO 4.6.4.2.1.2.1	APARTADO 4.6.4.2.1.3.1	APARTADO 4.6.4.2.1.3.2		
COMERCIAL									
MERCANCÍA GENERAL CONVENCIONAL PESADA	< 10.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 300/35	GRÚA MÓVIL 250/35	CARRETILLA ELEVADORA FRONTAL DE 300 kN	----	----	----		
	10.000-15.000 TPM				----	----	----		
	15.000-25.000 TPM				----	----	----		
	25.000-50.000 TPM				----	----	----		
	> 50.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 500/40	GRÚA MÓVIL 400/45		----	----	----		
CONTENEDORES	> 3.000 TEU	GRÚA DE CONTENEDORES TIPO 13	GRÚA MÓVIL 250/35	APILADOR DE ALCANCE 450/300/150	----	----	----		
	3.000-4.000 TEU		GRÚA MÓVIL 300/40		----	----	----		
	4.000-5.000 TEU	GRÚA DE CONTENEDORES TIPO 16	GRÚA MÓVIL 400/45		----	----	----		
	5.000-6.000 TEU	GRÚA DE CONTENEDORES TIPO 18	GRÚA MÓVIL 500/50		----	----	----		
	6.000-10.000 TEU	GRÚA DE CONTENEDORES TIPO 20			----	----	----		
	> 10.000 TEU	GRÚA DE CONTENEDORES TIPO 22			----	----	----		
RO-RO	INDEPENDIENTE DEL TAMAÑO DEL MÁXIMO BUQUE DE PROYECTO	----	GRÚA MÓVIL 100/25 ⁵⁾	CARRETILLA ELEVADORA FRONTAL DE 300 kN	- CARRETILLA ELEVADORA FRONTAL DE 300 kN - TRACTOR/ PLATAFORMA RODANTE DE 800 kN	----	----		
FERRIS	< 10.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 300/35 ⁵⁾	GRÚA MÓVIL 250/35 ⁵⁾	CARRETILLA ELEVADORA FRONTAL DE 300 kN	TRACTOR/ PLATAFORMA RODANTE DE 800 kN ⁶⁾	----	----		
	10.000-15.000 TPM		GRÚA MÓVIL 300/40 ⁵⁾			----	----	----	
	15.000-25.000 TPM		GRÚA MÓVIL 400/45 ⁵⁾			----	----	----	
	25.000-50.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 500/40 ⁵⁾	GRÚA MÓVIL 500/50 ⁵⁾			----	----	----	
	> 100.000 TPM		GRÚA MÓVIL 400/45 ⁵⁾			----	----	----	
MULTIPROPÓSITO	< 10.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 300/35 ⁵⁾	GRÚA MÓVIL 250/35 ⁵⁾	CARRETILLA ELEVADORA FRONTAL DE 300 kN	TRACTOR/ PLATAFORMA RODANTE DE 800 kN ⁶⁾	----	----		
	10.000-15.000 TPM		GRÚA MÓVIL 300/40 ⁵⁾			----	----	----	
	15.000-25.000 TPM		GRÚA MÓVIL 400/45 ⁵⁾			----	----	----	
	25.000-50.000 TPM	GRÚA PÓRTICO 500/40 ⁵⁾	GRÚA MÓVIL 500/50 ⁵⁾			----	----	----	
	50.000-100.000 TPM		GRÚA MÓVIL 400/45 ⁵⁾			----	----	----	



NOTAS

- 1) Únicamente en obras de atraque y amarre accesibles al tráfico rodado, tanto si la carga o descarga del buque es mediante sistemas continuos como discontinuos.
- 2) Únicamente en obras de atraque y amarre fijas.
- 3) Se considera a estos efectos instalación especial de carga y descarga de graneles sólidos a los sistemas de manipulación continuos y a los discontinuos por elevación mediante pórticos de descarga con cuchara.
- 4) Únicamente en obras de atraque y amarre accesibles al tráfico rodado, tanto si la carga o descarga del buque es mediante sistemas continuos como discontinuos.
- 5) No se considerará la actuación de esta carga en los planos inclinados o rampas necesarios para acceder al buque desde la coronación de la obra de atraque.
- 6) Deberán además considerarse las cargas mínimas debidas a equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito establecidas para este uso en los casos de sistemas discontinuos de carga y descarga del buque por elevación.
- 7) Únicamente en obras de atraque y amarre accesibles al tráfico rodado.
- 8) Las cargas mínimas consignadas para usos industrial y militar serán de aplicación a estos usos con carácter general. No obstante, en el caso de que los usos industrial o militar sean más específicos y se refieran exclusivamente a la manipulación de graneles líquidos, sólidos o cualquier otro uso equivalente a los usos comerciales, se aplicarán como cargas mínimas las correspondientes a dicho uso.

4.6.4.2.2 Manipulación de mercancías en áreas de almacenamiento ($q_{v,24}$)

El agente manipulación de mercancías en las áreas de almacenamiento está asociado con las cargas transmitidas por los equipos e instalaciones necesarios para la realización de las actividades de depósito, apilamiento, recogida y transporte de las mercancías en las áreas establecidas para su almacenamiento temporal para su ordenación y control con objeto de hacer posible con seguridad y eficiencia las operaciones de carga y descarga del buque, así como las actividades de transporte de las mercancías entre las áreas de operación y de almacenamiento y entre éstas u otras zonas dentro de la zona de servicio del puerto y las de transferencia con los modos de transporte terrestre utilizados para su entrega o recepción en puerto e incluso las de consolidación (grupaje) y desconsolidación de las mismas. No se incluyen en este apartado las cargas transmitidas por las instalaciones específicas de contención como tanques para graneles líquidos o silos para graneles sólidos, los cuales se considerará que forman parte de los agentes de estacionamiento y almacenamiento. Dichas instalaciones suelen llevar incorporados sistemas continuos de transferencia de las mercancías con el área de operación y desde o hasta los modos de transporte terrestre.

En función de su variabilidad espacial se distinguirán los siguientes equipos e instalaciones de manipulación de mercancías en áreas de almacenamiento:

- Equipos de apilamiento, recogida o intercambio modal de movilidad restringida ($q_{v,241}$) como pórticos, puentes grúa, máquinas apiladoras o recogedoras, instalaciones de carga y descarga de vagones, ..., bien fijos o que circulan sobre carriles o sobre neumáticos con movimientos canalizados sobre bandas longitudinales o circulares.
- Equipos de apilamiento, recogida o intercambio modal de movilidad no restringida ($q_{v,242}$), como grúas móviles.
- Equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito sobre neumáticos de movilidad no restringida ($q_{v,243}$), como carretillas elevadoras frontales o laterales, carretillas puente o pórtico (straddle carriers), apiladores de alcance (reach stackers), ..., e incluso, unidades tractor-plataforma rodante utilizadas para la carga y descarga del buque por medios rodantes si se utilizan estos equipos para el traslado de las mercancías desde las áreas de operación hasta las de almacenamiento o viceversa.

Salvo para los equipos fijos y de movilidad restringida, la distribución espacial de las cargas transmitidas por estos equipos se considera libre, limitada únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la instalación. En el caso de los equipos de movilidad restringida se considerará libre en las bandas de circulación establecidas. Se adoptará aquella distribución que produzca los efectos más desfavorables para el modo de fallo analizado.

La utilización de cada uno de estos equipos no es excluyente y puede ser simultánea en función de las condiciones de explotación establecidas. En la práctica, en función del tipo de mercancía, de la composición de los tráficos (importación, exportación o trasbordo), del sistema de entrega/recepción de las mercancías (viario, ferroviario o navegación interior), del sistema adoptado para la carga y descarga del buque, de las características físicas del área de almacenamiento (dimensiones y alejamiento del área de operación) y

de las condiciones de depósito o apilamiento adoptadas pueden considerarse sistemas de manipulación combinados formados por varios equipos tanto fijos y de movilidad restringida como no restringida de actuación simultánea. Además es previsible su variación a lo largo de la vida útil de la instalación. Los sistemas y equipos de manipulación de mercancías en el área de almacenamiento y las características de los mismos serán definidos por el promotor tomando en consideración los aspectos citados. En general, los equipos utilizados para cada uso en dicha área son los siguientes:

- Para usos comerciales de graneles líquidos, el transporte desde el buque al área de almacenamiento y viceversa suele realizarse mediante sistemas continuos (tuberías) hasta tanques de almacenamiento. Así mismo, la transferencia de la carga a o desde los modos de transporte terrestre se realiza mediante instalaciones especiales de carga y descarga y sistemas de transporte continuo.
- Para usos comerciales de graneles sólidos, cuando la mercancía descargada del buque alcance el área de almacenamiento mediante sistemas de transporte continuos (cinta transportadora, tubería) las operaciones de apilamiento se realizan mediante máquinas apiladoras, en general de movilidad restringida, formadas por brazos móviles que permiten que dichos sistemas de transporte alcancen los distintos puntos de apilamiento. De igual forma, cuando la carga del buque se hace por medios continuos se utilizan máquinas recogedoras, también generalmente de movilidad restringida, que permiten alimentar los sistemas continuos de transporte hacia el área de operación mediante procedimientos mecánicos (cangilones,...) o neumáticos. Existen máquinas combinadas que permiten realizar ambas funciones de apilamiento y recogida. Aunque poco común y únicamente para volúmenes de carga pequeños, si el transporte del granel desde o hasta el área de almacenamiento para su carga o descarga en el buque se hace por medios discontinuos (camiones), las operaciones de apilamiento o recogida se realizan normalmente mediante palas o grúas móviles. Por otra parte, la transferencia de la carga a los modos de transporte terrestre desde o hasta el área de apilamiento suele realizarse de forma equivalente, bien mediante instalaciones especiales de carga y descarga y sistemas de transporte continuo (especialmente con el modo ferroviario) o sistemas discontinuos (palas o grúas móviles más camiones volquete (dumpers)).
- Para usos comerciales de mercancía general convencional, cargada o descargada del buque mediante sistemas discontinuos por elevación, tanto las operaciones de apilamiento y recogida como las de transferencia con los modos de transporte terrestre en el área de almacenamiento se realizan con los equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito sobre neumáticos de movilidad no restringida, especialmente las carretillas elevadoras frontales y los apiladores de alcance. El transporte horizontal desde o hasta el área de operación suele realizarse con estos mismos equipos o mediante sistemas tractor-remolque.
- Para usos comerciales de contenedores las operaciones de apilamiento y recogida, así como las de transferencia con los modos de transporte terrestre, se realizan en el área de almacenamiento mediante los siguientes sistemas:

- Sistema tractor-remolque, en el cual los contenedores son manipulados y apilados sobre plataformas o semirremolques aptos para su circulación por carretera. El transporte horizontal de los mismos en el área de almacenamiento y entre ésta y el área de operación se realiza mediante unidades tractoras.
- Sistema carretilla puente, pórtico o lanzadera (straddle carrier), en el cual los contenedores son apilados, recogidos, transferidos desde o hasta los modos de transporte terrestre y transportados horizontalmente en el área de almacenamiento mediante carretillas pórtico. El transporte horizontal de los mismos entre el área de almacenamiento y el área de operación puede realizarse mediante los mismos equipos (sistema directo) o mediante otros equipos auxiliares de transporte horizontal, especialmente mediante unidades tractor-remolque.
- Sistema de pórticos, en el cual los contenedores son apilados, recogidos y transferidos desde o hasta los modos de transporte terrestre mediante equipos de movilidad restringida como grúas pórtico sobre neumáticos⁴³, grúas pórtico sobre carriles⁴⁴ o puentes grúas⁴⁵. El transporte horizontal de los mismos en el área de almacenamiento o entre ésta y el área de operación se realiza mediante unidades tractor-remolque.
- Sistema de carretillas elevadoras/apiladoras (forklift truck/reach stackers), en el cual los contenedores son apilados, recogidos y transferidos desde o hasta los modos de transporte terrestre mediante carretillas elevadoras, apiladoras o combinaciones de ambas. El transporte horizontal de los mismos entre el área de almacenamiento y operación puede realizarse mediante los mismos equipos (sistema directo) o mediante otros equipos auxiliares de transporte horizontal como las unidades tractor-remolque.
- Sistema mixto, en el cual se utilizan para las operaciones en el área de almacenamiento una combinación de pórticos, carretillas puente y otros equipos auxiliares simultáneamente, cada uno de ellos para una función específica.
- Para usos comerciales de mercancía general cargada o descargada del buque por medios rodantes (instalaciones ro-ro y ferris), cuando las operaciones de carga y descarga del buque se hacen de forma autopropulsada (camiones con semirremolques, turismos como mercancía, ...) o no autopropulsada aunque utilizando semirremolques de carretera no son necesarios equipos de manipulación en el caso de que se prevean áreas de almacenamiento asociadas, salvo las unidades tractoras necesarias para el traslado de los semirremolques entre estas áreas y las de operación. Cuando las operaciones de carga y descarga del buque no son autopropulsadas utilizando plataformas rodantes (roll trailers), tanto las operaciones de apilamiento y recogida como las de transferencia con los modos de transporte terrestre en el área de almacenamiento se realizan con los equipos auxiliares de transporte horizontal y de-

⁴³ En terminología inglesa los pórticos sobre neumáticos se denominan Rubber Tyred Gantry Cranes (RTG)

⁴⁴ En terminología inglesa los pórticos sobre carriles se denominan Rail Mounted Gantry Cranes (RMG)

⁴⁵ En terminología inglesa los puentes grúa se denominan Over Head Bridge Cranes (OHBC).

pósito sobre neumáticos de movilidad no restringida, especialmente las carretillas elevadoras frontales y los apiladores de alcance. El transporte horizontal entre el área de operación y almacenamiento suele realizarse con estos mismos equipos o, si no están muy alejadas (<500 m), remolcando las plataformas rodantes mediante las unidades tractoras utilizadas para la carga y descarga del buque.

- Para usos comerciales multipropósito, al poderse realizar las operaciones de carga y descarga del buque tanto por elevación como por medios rodantes, los equipos de manipulación a considerar en las áreas de almacenamiento asociadas serán en general carretillas elevadoras frontales y apiladores de alcance. El transporte horizontal entre las áreas de operación y almacenamiento se realizarán con estos mismos equipos, con sistemas tractor-plataforma, remolcando, en su caso, las plataformas rodantes o de forma autopropulsada.

Las cargas a tomar en consideración debidas a los equipos de manipulación en áreas de almacenamiento ($q_{v,24}$), los factores que influyen en las mismas, los parámetros que las definen, su distribución espacial y los criterios para la obtención de sus valores representativos y, en su caso, sus funciones de distribución son equivalentes a los definidos para los mismos equipos en las áreas de operación (Ver apartados 4.6.4.2.1.1.2, 4.6.4.2.1.1.3 y 4.6.4.2.1.2.1). Asimismo, para los equipos específicos de movilidad restringida que se utilizan en las áreas de almacenamiento se adoptarán criterios equivalentes a los de los equipos de movilidad restringida en áreas de operación, con las simplificaciones que en su caso sean necesarias debidas a la configuración geométrica del equipo (por ejemplo, ausencia de brazo o pluma en los pórticos sobre neumáticos o raíles (RTG/RMG)) (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.1). No obstante, en este caso las condiciones de operación se considerarán las correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de depósito, apilamiento, recogida y transporte en el área de almacenamiento, definiéndose para la velocidad límite del viento que permite dicha operación en condiciones de seguridad. A falta de otros criterios, se adoptará como viento límite aquél cuya velocidad media en el intervalo (ráfaga) de 3 s a 10 m de altura sea 24 m/s. En el caso que se considere que la actuación de estos equipos puede ser relevante para la verificación de otras condiciones límite operativas de la instalación distintas a las de depósito, apilamiento, recogida y transporte en el área de almacenamiento se adoptará la velocidad de viento que corresponda a estas condiciones, tomando en consideración la situación en la que se encuentra la configuración de cada equipo cuando se presenta dicha velocidad de viento (en servicio o no).

Las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de mercancías en las áreas de almacenamiento se considerarán compatibles con las debidas a las de almacenamiento de mercancías y al tráfico terrestre. En general, para la verificación de modos de fallo globales será suficiente únicamente considerar en las áreas de almacenamiento conjuntamente las sobrecargas repartidas de almacenamiento o de tráfico terrestre con las cargas debidas a equipos de manipulación fijos y de movilidad restringida en su banda de actuación cuando esté previsto la utilización de este tipo de equipos, sin perjuicio de que se analice para cada caso particular la relevancia para los mismos de las combinaciones simplificadas indicadas en esta Recomendación asociadas con la manipulación de mercancías en el área de operación (Ver apartado 4.6.4.2.1). Para la verificación de modos de fallo locales deberán tomarse en consideración alternativamente las cargas concen-

tradas más desfavorables transmitidas tanto por las mercancías almacenadas y el tráfico terrestre como las transmitidas por todos los equipos de manipulación considerados. A estos efectos no se considerará la actuación simultánea de este tipo de cargas cuando correspondan a diferentes equipos o elementos.

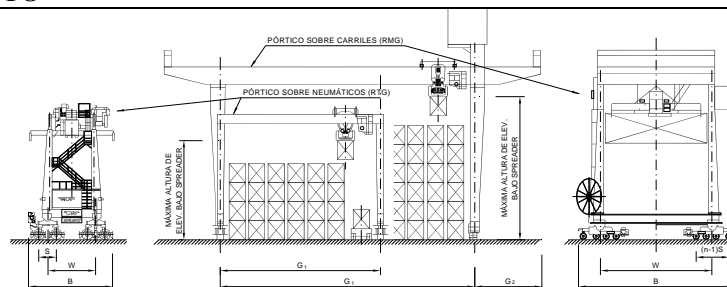
En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados por el fabricante para los equipos previstos por el promotor, podrán adoptarse como órdenes de magnitud indicativos de los valores representativos de las cargas transmitidas por equipos considerados actualmente como tipo los consignados en las tablas 4.6.4.14 para grúas móviles, en las tablas 4.6.4.14 y 4.6.4.19 para equipos auxiliares de transporte y depósito, en la tabla 4.6.4.24 para pórticos sobre neumáticos (RTG) o sobre carriles (RMG) y en la tabla 4.6.4.25 para camiones volquetes. Para otros equipos de movilidad restringida de depósito, apilamiento y recogida, particularmente los utilizados para graneles sólidos, es difícil dar órdenes de magnitud de las cargas transmitidas debido a la diversidad tipológica existente en el mercado.

- **Cargas mínimas**

Aunque las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de mercancías en las áreas de almacenamiento pueden ser muy distintas en función de las condiciones de explotación establecidas, en previsión de posibles variaciones razonables en las condiciones de utilización y criterios de explotación durante la vida útil o de incertidumbres que puedan producirse entre la fase de proyecto y de servicio de la obra, es recomendable que se adopten como mínimo en las áreas de almacenamiento asociadas a instalaciones de atraque y amarre las cargas de manipulación adoptadas para su área de operación en lo que respecta a equipos de movilidad no restringida y equipos auxiliares de transporte y depósito. En el caso de que se adopten las cargas mínimas, serán de aplicación a las áreas de almacenamiento las cargas consignadas en la tabla 4.6.4.23 para equipos de movilidad no restringida y para equipos auxiliares de transporte y depósito en función del uso de la instalación adoptada, del buque máximo de proyecto y del sistema de carga y descarga del buque adoptado.

En lo que respecta a la verificación del modos de parada operativa, el agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de las operaciones de depósito, apilamiento, recogida y transporte en el área de almacenamiento es el agente “manipulación de mercancías en áreas de almacenamiento ($q_{v,24}$). A los efectos de verificar este modo de parada operativa se considerarán como valores umbral de las variables de los agentes climáticos que limitan estas operaciones, para cada una de las posibles causas de paralización de estas operaciones en el emplazamiento, los definidos de acuerdo en lo dispuesto en este apartado para las condiciones de trabajo operativas. Para la verificación del nivel de operatividad de la instalación asociado a este modo de parada operativa será de aplicación lo dispuesto a estos efectos en el apartado 4.1.1.3. Verificación de modos de parada operativa, así como en los subapartados correspondientes a esta verificación de los apartados 4.6.4.2.1.1.1 a 4.6.4.2.1.1.3, considerando únicamente aquellas causas de paralización no dependientes de la interfase con el buque.

TABLA 4.6.4.24. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS CON LOS PÓRTICOS SOBRE NEUMÁTICOS (RTG) O CARRILES (RMG) TIPO PARA LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO¹⁰⁾

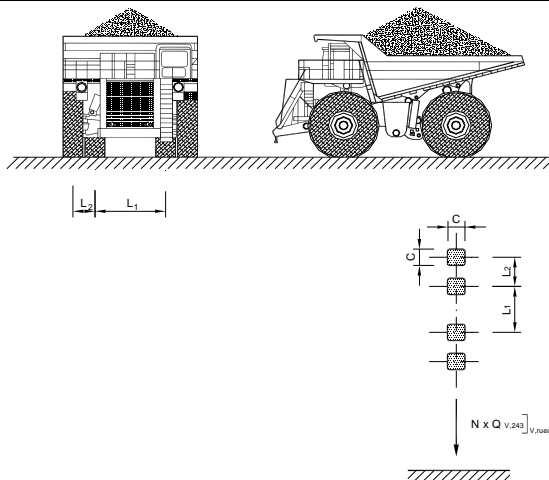


		TIPO DE PÓRTICO				
		SOBRE NEUMÁTICOS (RTG)			SOBRE CARRILES (RMG) ¹⁾	
CARACTERÍSTICAS PÓRTICO	Capacidad de carga bajo spreader (kN)	400			400-500	
	Máx. Altura de elevación bajo spreader	n° contenedores	3+1	4+1	5+1	3+1 a 8+1
		m	12,5	15,5	18,5	12,5 a 28,0
	Peso (kN)	800	1200	1500	1600-3500 ²⁾	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Distancia entre ejes bandas circular (G ₁)	n° contenedores	5+calzada	6+calzada	7+calzada	6 a 20
		m	20,7	23,5	26,5	20,7 a 60
	Alcance de voladizos (G ₂)	n° contenedores	-	-	-	0 a 3 en uno o ambos lados
		m	-	-	-	0 a 15 en uno o ambos lados
	Separación entre patas (W) (m)	7,4	7,4	7,4	15-17	
	N° ruedas por pata (n)	1 ³⁾	2 ⁴⁾	2 ⁴⁾	2 a 4 ²⁾	
	Separación de ruedas (S) (m)	-	2,5	2,5	1,1 a 1,5	
Distancia entre topes (B) (m)	11	14	14	20 a 25		
Dimensiones del área de contacto (c x c) (m x m)	5)	5)	5)	---		
MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN) ⁶⁾	En condiciones de operación ⁷⁾	Vertical ⁹⁾	530	320	360	300-320
		Horizontal ⁹⁾	65	40	45	45-50
	En condiciones extremas y excepcionales debidas a viento extraordinario ⁸⁾	Vertical ⁹⁾	225	170	210	230-250
		Horizontal ⁹⁾	40	25	30	40-45

NOTAS

- Los pórticos sobre carriles (RMG) se distinguen de los pórticos sobre neumáticos (RTG) principalmente por alcanzar mayores separaciones entre bandas de rodadura, permitiendo el almacenamiento de hasta 20 filas de contenedores, así como por disponer de voladizos laterales en uno o ambos lados del pórtico. En algunos casos incluso estos voladizos pueden ser mayores que los considerados estándar (hasta 15 m), utilizándose no únicamente en el área de almacenamiento sino simultáneamente para la carga y descarga por elevación de buques de tamaño pequeño (barcazas y feeder). Las tipologías existentes de este tipo de pórticos son, por tanto, muy variadas y de difícil sistematización por lo que se incluye únicamente en la tabla los rangos de variación estándar de cada uno de los parámetros. En general, los primeros valores de cada rango se refieren a los pórticos de menor altura y distancia entre caniles, siendo los finales correspondientes a los pórticos de mayor luz y altura.
- Equipos más pesados (hasta 6500 kN) están también disponibles en el mercado, En este caso se suelen disponer hasta 16 ruedas por banda de rodadura con el objeto de mantener las cargas por rueda en los órdenes de magnitud consignados en esta tabla. Bajo cada pata se mantiene el carretón con cuatro ruedas, introduciéndose dos nuevos carretones con cuatro ruedas en el espacio libre entre patas.
- Este tipo de equipo también está disponible en el mercado con 2 ruedas por pata (8 en todo el equipo) siendo de aplicación la configuración geométrica de separación de ruedas definidas para los equipos con este número de ruedas por pata. Las cargas máximas en este caso deberán dividirse por 2 respecto a las consignadas en esta tabla.
- Este tipo de equipo también está disponible en el mercado con 4 ruedas por pata (16 en todo el equipo). En este caso se dispone doble rueda en la dirección perpendicular a la banda de circulación, manteniéndose la separación de ruedas en la dirección de circulación. Las cargas máximas en este caso deberán dividirse por 2 respecto a las consignadas en esta tabla. Puede observarse que las cargas transmitidas por los equipos con 16 ruedas están cubiertas por las transmitidas por el tráfico terrestre viario, no siendo necesario un dimensionamiento específico de las bandas de circulación.
- Para obtener las dimensiones del área de contacto pueden considerarse presiones del orden de 1000 kN/m².
- Las cargas máximas por rueda consignadas en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud para cada tipo de pórtico, habiéndose obtenido del análisis de las correspondientes a diferentes fabricantes. Dependiendo del fabricante puede variar de forma significativa tanto la configuración geométrica como las cargas máximas por rueda, por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por los equipos, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación.
- Considerando una velocidad del viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 24\text{ m/s}$ ($\approx 86\text{ km/h}$) en dirección transversal a la banda de circulación, incluyendo los efectos inerciales asociados al movimiento de la carga y del equipo (traslación o frenada). No se tienen en cuenta los efectos debidos a posibles giros de los equipos sobre neumáticos (RTG). En las zonas en las que se produzca giros de estos equipos puede considerarse que las cargas transmitidas son un 30 % superiores a las consignadas en la tabla. Definidas las cargas verticales en las ruedas de las patas más cargadas, las cargas en las ruedas de las otras patas pueden obtenerse considerando que la suma de todas las cargas transmitidas debe igualar a la suma de las cargas verticales actuantes (peso propio+máxima carga izada+efectos inerciales). Los efectos inerciales pueden estimarse como el 15 % de la máxima carga izada. Para otra velocidad del viento se calculará de acuerdo con lo dispuesto en la cláusula 3) de la tabla 4.6.4.10.
- Considerando una velocidad del viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 40\text{ m/s}$ (144 km/h) en dirección transversal a la banda de circulación. Para la determinación de la carga máxima para otra velocidad del viento puede utilizarse el procedimiento simplificado consignado en la tabla 4.6.4.10. Definidas las cargas verticales por rueda en las patas más cargadas, las correspondientes a las otras patas pueden obtenerse considerando que la suma de todas las cargas debe igualar a las cargas verticales actuantes (peso propio).
- Carga horizontal en dirección transversal a la dirección de rodadura, concordante con la dirección de actuación del viento. Definidas las cargas horizontales en las patas más cargadas, puede considerarse que sobre las otras patas actúa la misma carga horizontal. En condiciones de operación, la componente de la acción horizontal debida al viento puede aproximarse a la acción horizontal en condiciones extremas incluida en la tabla dividida por el coeficiente $2,78 [40^2 / 24^2]$. En condiciones de operación debe considerarse que también actúa simultáneamente una acción horizontal adicional en la dirección de la banda de rodadura, causada por los movimientos del equipo (traslación o frenada), igual al 15% de las cargas verticales. No están incluidos en este valor los efectos debidos a los giros.
- Los otros valores representativos (de combinación, frecuente y cuasipermanente) tanto en condiciones del equipo en servicio como fuera de servicio pueden obtenerse de acuerdo con lo consignado a estos efectos en la nota 6) de la tabla 4.6.4.10.

TABLA 4.6.4.25. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR CAMIONES VOLQUETE TIPO (DUMPER)⁴⁾



		TIPO DE CAMIÓN VOLQUETE			
Capacidad de carga (kN)		2000	2400	4000	
CARACTERÍSTICAS EQUIPO	Peso (kN)	1500	1550	2300	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EJE MÁS CARGADO	Nº ruedas (N)	4	4	4	
	Separación entre centros de ruedas internas (L ₁) (m)	3.7	3.7	3.9	
	Separación entre centros de ruedas externa e interna (L ₂) (m)	1.1	1.2	1.75	
	Dimensiones área de contacto (c x c) (m x m)	1)	1)	1)	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA EJE MÁS CARGADO (kN) ²⁾	Sin carga	Vertical	250	250	350
		Vertical	650	750	1100
	En condiciones de operación	Horizontal ³⁾	0.05 Vert	0.05 Vert	0.05 Vert
CARGA VERTICAL UNIFORME EQUIVALENTE (kN/m ²)		30	35	45	

NOTAS

- 1) Para obtener las dimensiones del área de contacto pueden considerarse presiones del orden de 1000 kN/m².
- 2) Las cargas máximas consignadas en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo de su orden de magnitud, habiéndose obtenido del análisis de las correspondientes a varios fabricantes. Dependiendo del fabricante pueden variar de forma significativa, por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación. Las máximas cargas por rueda incluyen la amplificación dinámica y los efectos inerciales debidos a la traslación y frenada, aunque no el giro. En las zonas en las que se produzca el giro de estos equipos puede considerarse que las cargas transmitidas son un 30 % superiores a las consignadas en esta tabla.
- 3) Acción horizontal en la dirección de circulación del equipo.
- 4) Puede considerarse como suficientemente aproximado adoptar como valor cuasi-permanente de las cargas transmitidas por los equipos incluidos en esta tabla 0.90 el valor de las componentes verticales en condiciones de operación. La acción horizontal de actuación simultánea se considerará nula.

4.6.4.2.3. Embarque y desembarque de pasajeros (q_{v,25})

El agente embarque y desembarque de pasajeros está asociado con las cargas transmitidas por los equipos e instalaciones que permiten el acceso de los pasajeros y de los equipajes desde la estación marítima o la superficie de la obra de atraque y amarre a los buques de pasaje y viceversa, en condiciones de seguridad.

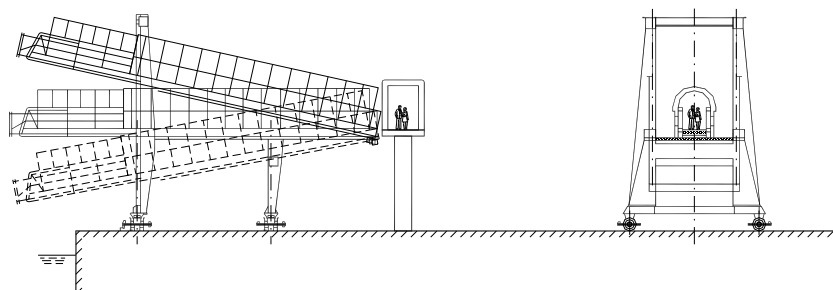
La actuación de este agente se considerará limitada a las obras de atraque y amarre para usos comerciales de pasajeros, tanto para ferris como para cruceros y otras embarcaciones de pasajeros.

Es recomendable que el acceso de los pasajeros a los buques se realice a través de instalaciones que finalicen en pasarelas elevadas que independicen el movimiento de los pa-

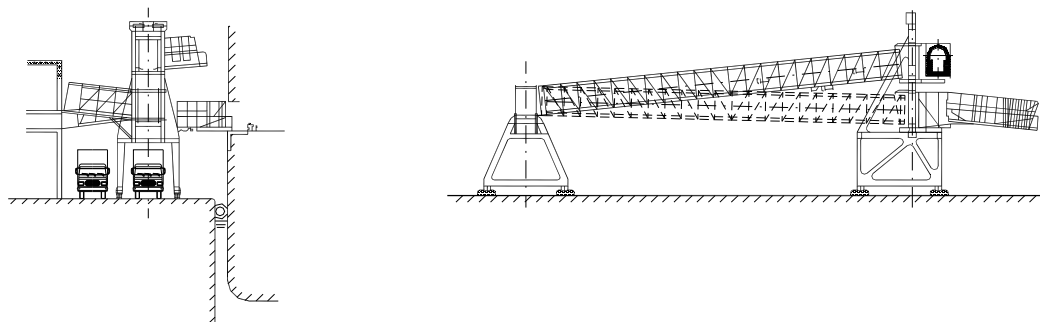
sajeros del tráfico viario y de otras actividades portuarias que se desarrollan en el área de operación de la obra de atraque y amarre. La tipología, características y dimensiones de este tipo de instalaciones son muy variadas. En general suelen estar formadas por instalaciones fijas elevadas que permiten a los pasajeros alcanzar la zona de operación de la obra de atraque desde la estación marítima sin interferencias, complementadas en su tramo final por una o una serie de pasarelas conectadas sustentadas en pórticos de movilidad restringida circulando normalmente sobre carriles, aunque también pueden circular sobre bandas de circulación utilizando ruedas macizas. Estos pórticos tienen normalmente limitación de movimientos, bien según una banda de circulación paralela a la línea de atraque, bien según un arco circular, con el objeto de compatibilizar la instalación fija y la posición en planta de los portalones de la flota de buques de proyecto en cada atraque y en cada momento. Una vez alineados con el portalón del buque, estos pórticos permiten un cierto rango de movimientos verticales y horizontales de las pasarelas para su total adaptación a las diferentes alturas de los portalones de la flota de buques de proyecto y a los movimientos de los buques atracados en las condiciones climáticas en el emplazamiento consideradas como operativas, particularmente las que afectan a los niveles de las aguas exteriores. (Ver figura 4.6.4.2).

FIGURA 4.6.4.2. EJEMPLOS SOBRE LOS EQUIPOS PARA EL EMBARQUE Y DESEMBARQUE DE PASAJEROS

A) PASARELA MÓVIL DE TRAMO ÚNICO



B) PASARELA MÓVIL DE TRAMOS MÚLTIPLES



Los equipos para el embarque y desembarque de pasajeros deberán ser definidos por el promotor, tomando en consideración el tamaño y composición de la flota de buques de proyecto, la cota de acceso de los pasajeros al área de operación, bien directamente desde la estación marítima bien a través de una instalación fija elevada, la anchura del área de operación y los niveles de variación de las aguas exteriores, con el objeto de mantener en todas las condiciones que se definan como operativas el acceso al buque con pendientes en valores seguros y confortables para los pasajeros⁴⁶. En general, los equipos formados por una pasarela de tramo único se utilizarán cuando el tamaño y composición de la flota de buques de proyecto sea relativamente homogénea, como en el caso de obras de atraque para ferris, siempre que la zona de operación no sea muy estrecha y la variación de los niveles de las aguas exteriores no sea relevante. Cuando el ancho del área de operación sea reducido, los niveles de variación de las aguas exteriores significativos o el tamaño y composición de la flota de buques de proyecto muy heterogéneo que den lugar a un amplio espectro de alturas de portalón, suelen utilizarse pasarelas de tramos múltiples que permiten mayores desarrollos y, por tanto, mayores niveles de adaptabilidad a las condiciones locales. Este último caso es común en las obras de atraque para cruceros o polivalentes ferris-cruceros, dado que, independientemente de los otros factores, en estos casos en general la composición de la flota suele ser muy heterogénea. (Ver figura 4.6.4.2).

Dadas las características de los equipos más comunes para el embarque y desembarque de pasajeros, las cargas a tomar en consideración transmitidas por estos equipos ($q_{v,25}$), los factores que influyen en las mismas, los parámetros que las definen, su distribución espacial y los criterios para la obtención de sus valores nominales o de sus valores representativos y, en su caso, sus funciones de distribución son equivalentes a las definidas para los equipos de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación, con las simplificaciones que sean necesarias asociadas con la diferente configuración geométrica del equipo y a la no existencia de efectos debidos a distintas posiciones de la pluma y de la carga manipulada (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.1). Como condiciones de operación se considerarán las correspondientes al estado límite de realización de las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros, definidas por los valores de la velocidad del viento que paraliza las operaciones por condiciones de seguridad del equipo y de la operación, por los valores de las variables de los agentes del medio físico que dan lugar a movimientos del buque atracado o por desniveles entre el portalón y la pasarela que impidan las operaciones de embarque y desembarque o no sean compatibles con las condiciones exigibles de seguridad o confort para los pasajeros en el rango de variación de los niveles de las aguas exteriores considerado como operativo (pendientes de la pasarela menores que las máximas admisibles (Ver nota 46). Cuando el agente predominante que determina la paralización por varias causas sea el viento, a los efectos de definición de las cargas se adoptará el menor valor de la velocidad del viento de entre los que limiten estas operaciones. En los casos en que el viento no sea el agente predominante de la causa de paralización, para la definición de las car-

⁴⁶ En general, deben preverse equipos para el embarque y desembarque de pasajeros que permitan el acceso al buque de personas con discapacidad o movilidad reducida que precisan pendientes no superiores al 5 %. En todo caso, con el objeto de garantizar la seguridad y confortabilidad del pasaje, en condiciones operativas las pendientes de las pasarelas de embarque y desembarque de pasajeros no serán superiores del 12 %.

gas en esta situación se adoptará la velocidad del viento compatible con el valor del agente considerado como predominante en el estado meteorológico (Ver apartado 4.6.2.1. Agentes climáticos), por si pudiera ser globalmente más desfavorable para el modo de fallo analizado, aunque sea más limitativa en lo que respecta a la velocidad del viento. A estos efectos, únicamente se tomarán en consideración estas últimas situaciones si la velocidad del viento compatible con las mismas no supera el valor umbral más limitativo establecido en aquellos casos en que se considera que el viento es el agente predominante para la definición del estado límite de realización de las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros.

En ausencia de especificaciones del fabricante, se considerará que la velocidad del viento que paraliza las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros por razones de seguridad del equipo y de la operación es $V_{v,3s} = 24$ m/s. Asimismo, a falta de otros estudios más precisos de compatibilidad de los movimientos de cada buque causados por los agentes climáticos con el embarque y desembarque de pasajeros mediante pasarelas móviles o de especificaciones del fabricante de estos equipos, puede adoptarse con carácter general como valores del agente climático predominante que define el estado límite de realización de las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros los consignados en la tabla 3.2.1.3 ($V_{v,3s} = 24$ m/s); $V_{c 10 \text{ min}} = 1.5$ m/s o $H_s = 0.5/0.3$ m con longitudes de onda mayores que la eslora del buque, en función de que el oleaje actúe en sentido longitudinal o transversal a la línea de atraque), obtenidos considerando que los movimientos que producen en los buques atracados con condiciones de amarre tipo son los máximos admisibles usuales compatibles con las pasarelas convencionales⁴⁷. Si no es el viento el agente climático predominante que define el estado límite de realización de las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros mediante estos equipos, se adoptará para la valoración de las cargas transmitidas por las pasarelas móviles en ese estado límite la velocidad y dirección del viento (considerando la velocidad media en el intervalo de 3 s) simultánea compatible con el valor adoptado para el agente climático predominante. (Ver apartado 4.6.2.1. Agentes climáticos).

Las cargas transmitidas por los equipos para el embarque y desembarque de pasajeros se considerarán incompatibles con las transmitidas por los equipos de manipulación de mercancías en el área de operación. Por el contrario, sí que se considerarán compatibles con las debidas al estacionamiento y almacenamiento de mercancías y al tráfico terrestre. En los casos en los que los equipos para el embarque y desembarque de pasajeros sean de movilidad restringida, en general para la verificación de modos de fallo “globales” es admisible considerar la carga transmitida por cada pata del equipo como una carga lineal equivalente a la carga transmitida por las ruedas, obtenida por división de la carga transmitida por cada una de ellas (o por dos de ellas en los casos en los que se dispone doble rueda por eje) por la separación entre ejes de ruedas. Dicha carga lineal se extenderá a una distancia igual a la existente entre ejes de ruedas extremas, aumentada en una separación entre ruedas. Salvo que las condiciones de explotación definan expresamente otra cosa, del lado de la seguridad se considerará que varios equipos pueden

⁴⁷ En general, las máximas amplitudes admisibles de los movimientos horizontales y verticales de los buques atracados para poder realizar las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros mediante pasarelas móviles convencionales son del orden 0.8 m y 0.5 m respectivamente. Así mismo las amplitudes admisibles de los giros (balance, cabeceo y guiñada) son prácticamente insignificantes (0.2 °). Para más detalles ver la tabla 4.6.4.22.

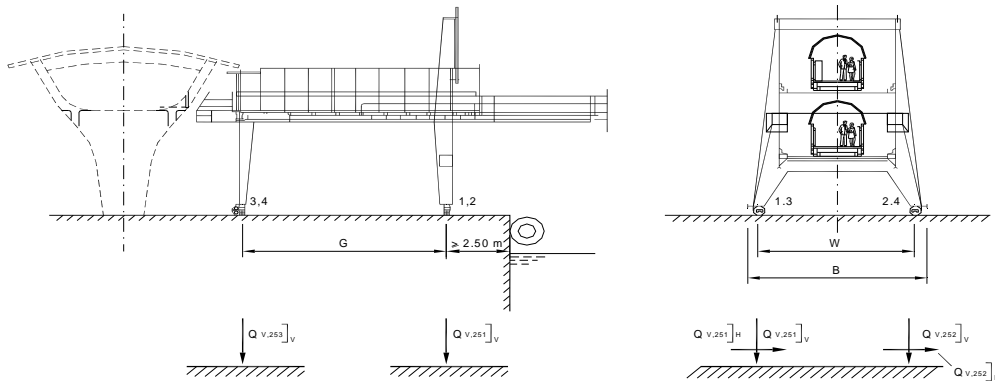
trabajar simultáneamente o estar estacionados en situación de topes unidos. Sin perjuicio de mantener la diferenciación entre las cargas de cada pata para una mejor optimización de la obra, simplificada para facilitar los cálculos, del lado de la seguridad podrá adoptarse en todas las patas situadas en cada uno de los lados (lado mar y lado tierra) una misma carga vertical, horizontal transversal y horizontal longitudinal, considerando los valores compatibles asociados al valor mayor de cada una de estas componentes, obtenidos para todas las configuraciones del equipo y viento compatibles con el estado de proyecto considerado. Para la verificación de modos de fallo locales deberán tomarse en consideración alternativamente todas las cargas concentradas, tanto las transmitidas por dichos equipos como por las mercancías estacionadas o almacenadas, por el tráfico terrestre y por los equipos de manipulación de mercancías cuya actuación se prevea. A estos efectos, no se considerará la actuación simultánea de este tipo de cargas cuando correspondan a diferentes equipos o elementos.

Las cargas transmitidas por las pasarelas móviles se obtendrán a partir de la combinación de las acciones simultáneas y compatibles que en cada estado de proyecto representativo de los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones de trabajo operativas), a la inoperatividad de la misma (condiciones de trabajo extremas) o a la presentación de un agente extraordinario o insólito (condiciones excepcionales) actúan sobre el equipo, tomando en consideración tanto las diferentes configuraciones que puede adoptar el equipo en dicho estado y la dirección del viento, como, en su caso, la disposición o no de sistemas de anclaje. Para ello, el fabricante del equipo deberá suministrar las cargas verticales y horizontales transmitidas por cada agente actuando aisladamente en cada una de las configuraciones del equipo. Es recomendable solicitar estos datos al fabricante de acuerdo con el formato y requerimientos señalados en la tabla 4.6.4.7 para el caso de grúas de contenedores con las simplificaciones necesarias debidas a la diferente configuración del equipo y a la inexistencia de carga manipulada, de forma que sea posible definir los valores representativos y, en su caso, las funciones de distribución asociadas con dichas cargas. En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados directamente por los fabricantes para los equipos de embarque y desembarque de pasajeros previstos por el promotor, podrán adoptarse como órdenes de magnitud de los valores representativos de las cargas transmitidas por algunas pasarelas móviles sobre carriles consideradas actualmente como tipo los consignados en la tabla 4.6.4.26.

- **Cargas mínimas**

En previsión de posibles variaciones razonables en las condiciones de utilización y criterios de explotación de la obra de atraque y amarre durante su vida útil o de incertidumbres que puedan producirse entre la fase de proyecto y de servicio de la obra, para formulaciones deterministas y determinista-probabilistas de las ecuaciones de verificación es recomendable que se adopten como mínimo las siguientes valores representativos de las cargas transmitidas por equipos para el embarque y desembarque de pasajeros, aunque la utilización de dichos equipos no esté inicialmente prevista o detallada por el promotor:

TABLA 4.6.4.26. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR PASARELAS MÓVILES TIPO DE MOVILIDAD RESTRINGIDA PARA EL EMBARQUE Y DESEMBARQUE DE PASAJEROS (TRAMO ÚNICO O TRAMO FINAL DE ACCESO AL BUQUE)⁹⁾



		TIPO DE PASARELA MÓVIL ¹⁾		
		TAMAÑO PEQUEÑO ²⁾	TAMAÑO GRANDE ³⁾	
Peso (kN)		300	600	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Distancia entre carriles (G) (m)	7.5 – 10.0	> 10.0	
	Separación entre patas (W) (m)	4.0-7.0	5.0-8.0	
	Nº ruedas por pata (n)	1 ⁴⁾	2 ⁴⁾	
	Separación entre ruedas (S) (m)	--	1.5	
	Distancia entre topes (B) (m)	5.0-8.0	7.5-10.5	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN) ⁵⁾	En condiciones de operación ⁶⁾	Vertical	125	125
		Horizontal ⁸⁾	18	18
	En condiciones extremas ⁷⁾	Vertical	130	155
		Horizontal ⁸⁾	40	40

NOTAS

- Se consideran únicamente pasarelas sustentadas en pórticos de traslación sobre carriles, uno lado mar y otro lado tierra.
- En general, las pasarelas móviles de tamaño pequeño incluidas en esta tabla se corresponden con pasarelas de tramo único para áreas de operación de ancho medio o reducido (entre 12,5 y 15 m).
- En general, las pasarelas móviles de tamaño grande incluidas en esta tabla se corresponden con pasarelas de tramo único para áreas de operación de gran ancho (> 15 m). Las máximas cargas por rueda incluidas en esta tabla corresponden a pasarelas de tramo único. Para el tramo final de las pasarelas de tramo múltiple puede considerarse la misma configuración geométrica que para las pasarelas de tamaño grande con un aumento del 30 % en las máximas cargas por rueda.
- En algunas tipologías de pasarelas se coloca doble rueda por eje. En esos casos, la carga máxima por rueda es la mitad que la consignada en la tabla al mantenerse la máxima carga por pata.
- Las cargas máximas por rueda consignadas en esta tabla tienen únicamente un valor indicativo del orden de magnitud para cada tipo de pasarela. Dependiendo del fabricante, las variaciones tanto geométricas como de los valores de las cargas máximas pueden ser significativas, por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse por los equipos de embarque y desembarque de pasajeros, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación.
- Considerando que la pasarela está cubierta y que actúa una velocidad de viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 24\text{ m/s}$ ($\cong 86\text{ km/h}$), actuando en la dirección transversal a la banda de circulación del equipo y en la dirección más desfavorable, así como la amplificación dinámica. Definidas las cargas verticales en las patas más cargadas, las cargas verticales sobre el resto de patas pueden aproximarse considerando que la suma de todas las cargas verticales debe ser igual a 1.10 veces el peso propio.
- Considerando que la pasarela está cubierta y una velocidad del viento en el emplazamiento correspondiente a condiciones extremas es $V_{v,3s}(10\text{ m}) = 40\text{ m/s}$ (144 km/h) en la dirección perpendicular a la banda de circulación del equipo. Para la determinación de la carga máxima para otra velocidad del viento puede utilizarse el siguiente procedimiento simplificado:
 - Considerar que el peso propio del equipo se reparte uniformemente entre todas las patas. De esta forma se puede obtener las componentes de la carga debido al viento en cada pata ($Q_{R,2|V_0}$) para la velocidad del viento $V_0 = 40\text{ m/s}$.
 - Considerar que la componente del viento para una velocidad V_1 ($Q_{R,2|V_1}$) puede obtenerse mediante la relación $Q_{R,2|V_1} = Q_{R,2|V_0} (V_1/V_0)^2$.
- Carga horizontal en la dirección transversal a la dirección de rodadura, concordante con la dirección de actuación del viento. Definidas las componentes horizontales en las patas más cargadas, puede considerarse que sobre las otras patas actúa la misma carga horizontal. En condiciones de operación, la componente de la acción horizontal debida al viento puede aproximarse a la acción horizontal en condiciones extremas incluida en la tabla dividida por el coeficiente 2.78. En condiciones de operación debe considerarse que actúa simultáneamente una acción horizontal adicional en la dirección de la banda de circulación del equipo causada por los movimientos del equipo (traslación o frenada) que puede estimarse en el 15 % de las cargas verticales.
- Los otros valores representativos (de combinación, frecuente y cuasipermanente) en condiciones del equipo fuera de servicio pueden aproximarse a partir de las máximas cargas por rueda en condiciones extremas, considerando la velocidad del viento que le corresponda a cada valor representativo de acuerdo con lo dispuesto en la tabla 4.6.4.8., calculados a través del procedimiento establecido en la cláusula 7). En condiciones del equipo en servicio, simplificadaamente podrán adoptarse valores reducidos de los valores establecidos para condiciones normales de operación que, para el caso del valor frecuente serán iguales a 0.95 los correspondientes a dichos valores y para el caso del valor cuasi-permanente el 0.90.

- Para usos comerciales de pasajeros, tanto en los casos ferris como cruceros
 - Cuando la anchura del área de operación sea ≤ 15 m y el tamaño y composición de la flota de buques de proyecto permita mantener con una pasarela de tramo único las pendientes en los rangos admisibles en las condiciones del emplazamiento consideradas como operativas (niveles de las aguas exteriores), se adoptarán como cargas mínimas las correspondientes a la pasarela móvil de tamaño pequeño incluidas en la tabla 4.6.4.26.
 - Cuando la anchura del área de operación sea > 15 m pero el tamaño y composición de la flota de buques de proyecto permite mantener con una pasarela de tramo único las pendientes en los rangos admisibles en las condiciones del emplazamiento consideradas como operativas se adoptarán como cargas mínimas las correspondientes a la pasarela móvil de tamaño grande, incluidas en la tabla 4.6.4.26.
 - En el resto de los casos se adoptarán como cargas mínimas las incluidas en la tabla 4.6.4.26 correspondientes a la pasarela móvil de tamaño grande, incrementadas en un 30 % (equivalentes al tramo final de una pasarela de tramos múltiples).

En obras de atraque y amarre del resto de usos no se considerarán cargas mínimas debidas a equipos para el embarque y desembarque de pasajeros.

El agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la paralización de las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros es el agente “Embarque y desembarque de pasajeros ($q_{v,25}$). A los efectos de verificar este modo de parada operativa se definirán los valores umbral de las variables de los agentes climáticos que limitan las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros, para cada una de las siguientes causas de paralización de estas operaciones que sean relevantes en el emplazamiento, de acuerdo con lo dispuesto para las correspondientes condiciones de trabajo en este apartado:

- Paralización por razones intrínsecas de seguridad del equipo y de las operaciones.
- Paralización por incompatibilidad con los movimientos del buque atracado.
- Paralización por incompatibilidad de niveles entre portalón y pasarela.
- Paralización por rebases de las aguas exteriores o, en su caso, del trasdós, sobre el nivel de coronación de la obra de atraque.
- Paralización por rebases del oleaje sobre la coronación de obras de abrigo, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a éstas.

El nivel de operatividad conjunto correspondiente a este modo de parada podrá obtenerse de forma equivalente a lo dispuesto a estos efectos en el apartado 4.1.1.3. Verificación de modos de parada operativa, así como en el subapartado a₃ del apartado 4.6.4.2.1.1.1 Cargas transmitidas por equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación, sin perjuicio de que cuando se verifique la paralización de la instalación de atraque por incompatibilidad de niveles asociada con el nivel bajo de las aguas la probabilidad de parada no se definirá como la probabilidad de excedencia de dicho valor sino como la probabilidad de no excedencia.

En general, en las instalaciones de atraque es recomendable que el nivel de coronación de las mismas se fije de forma que nominalmente no se produzca la paralización de la instalación por rebases de las aguas (Ver apartado 3.2.2.1. Niveles de coronación). De igual forma, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a diques es recomendable que los niveles de coronación de las obras de abrigo se proyecten de modo que la probabilidad de parada de las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros asociada con los rebases de oleaje a través de la coronación del dique sea nominalmente nula.

Se adoptará como variable climática predominante la velocidad del viento para la causa de paralización por razones intrínsecas de seguridad del equipo y de la operación, el nivel alto y bajo de las aguas exteriores para la paralización por incompatibilidad de niveles, así como el nivel alto o, en su caso, la altura de ola para la paralización por rebases. Para la paralización por incompatibilidad de movimientos del buque atracado se adoptará la velocidad del viento, la altura de ola, el periodo del oleaje o la velocidad de la corriente. En esta última causa, cuando debido a las condiciones locales no sea factible discriminar cuál es la variable climática predominante, se repetirá el proceso considerando cada una de ellas como predominante.

Para formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación de los modos de fallo, la obtención de las funciones de distribución de las cargas transmitidas en los diferentes ciclos de sollicitación por las pasarelas de embarque y desembarque tipo considerados en la tabla 4.6.4.26 que se exige que se adopten como mínimos, se realizará a través de la adaptación a estos equipos del procedimiento establecido a estos efectos en el apartado 4.6.4.2.1.1.1. En cualquier caso, las cargas máximas incluidas en la tabla 4.6.4.26 correspondientes a condiciones de operación podrán considerarse como valores nominales de los límites establecidos por condiciones de explotación del equipo y, por tanto, simplificada, carentes de incertidumbre estadísticas durante la fase de servicio, siempre que sea el viento el agente que determine la operatividad de la instalación.

4.6.4.2.4 Manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo ($q_{v,26}$)⁴⁸

El agente manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo está asociado con las cargas transmitidas por los equipos e instalaciones que permiten la transferencia de dichas embarcaciones entre tierra y agua; es decir, su botadura o su puesta en seco para la realización de las necesarias operaciones de reparación, mantenimiento, limpieza o internada de las mismas, así como su transporte por vía terrestre por el interior del área portuaria.

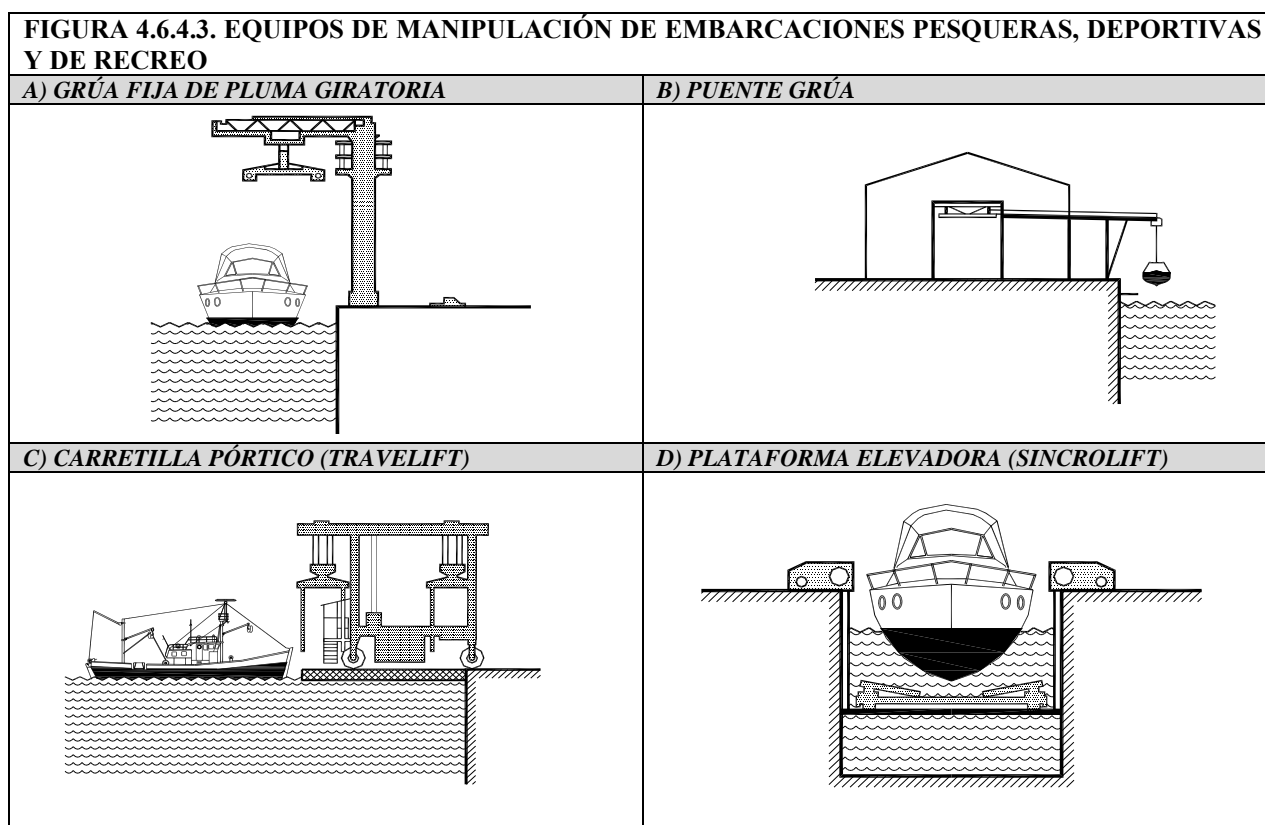
La actuación de este agente se considerará limitada a las obras de atraque y amarre para usos pesquero y náutico-deportivo y únicamente en las zonas de las áreas de operación

⁴⁸ El agente “manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo” se considera simplificada que forma parte de los agentes de manipulación de mercancías y de embarque y desembarque de pasajeros aunque las embarcaciones pesqueras, deportivas o de recreo no son mercancías, dado que las características de los equipos que permiten la manipulación de este tipo de embarcaciones, así como el tratamiento de las cargas transmitidas por los mismos, son equivalentes a los correspondientes a algunos equipos de manipulación de mercancías.

y almacenamiento de las mismas especialmente previstas por el promotor para la realización de estas operaciones para cada uno de los buques considerados (rampas de botadura y varada, pantalanes paralelos, fosos, marinas secas,...), en función de las diferentes actividades a realizar y de los equipos adoptados para su realización.

Los principales tipos de equipos con los que se realizan normalmente estas operaciones son (Ver figura 4.6.4.3):

- Equipos fijos como grúas de pluma giratoria o puentes-grúa.
- Grúas móviles sobre neumáticos.
- Carretillas elevadoras frontales (forklift).
- Carretillas pórtico sumergibles y no sumergibles (travelift).
- Plataformas elevadoras (sincrolift).
- Remolques de transporte (transporters).



La posible utilización de estos equipos y las características de los mismos serán definidas por el promotor, tomando en consideración las características de la instalación, pesquera ó náutico-deportiva, las operaciones a realizar y, en particular, el tamaño y composición de la flota previsible de embarcaciones usuarias. La utilización de estos equipos no es excluyente, pudiéndose utilizar, en algunos casos varios de ellos complementariamente. En general, los equipos utilizados para cada tipo y tamaño de buque son los siguientes:

- Las grúas de pluma giratoria específicas para estas operaciones tienen un alcance máximo inferior a 10-15 m y se utilizan, igual que otros equipos fijos, para dar servicio a una amplia gama de embarcaciones de tamaño pequeño (hasta 150-200 kN de desplazamiento).

- Las carretillas elevadoras frontales, adaptadas con mecanismos que permiten disponer las horquillas por debajo del cantil de la obra de atraque hasta alcanzar el casco en flotación, son también convenientes para embarcaciones de tamaño pequeño (hasta 150 kN de desplazamiento) en dársenas sin marea o con pequeñas oscilaciones del nivel de las aguas.
- Las carretillas pórtico son convenientes para embarcaciones de tamaño medio y grande con desplazamientos entre 150 y 15000 kN.
- Las plataformas elevadoras se aplican principalmente para embarcaciones a partir de 4000 kN de desplazamiento.
- Las grúas móviles sobre neumáticos son justificables únicamente para operaciones extraordinarias o que es previsible que tengan lugar con muy poca frecuencia considerando las características de la instalación pesquera ó náutico-deportiva.

Algunos de estos equipos (puentes grúa, carretillas elevadoras frontales y carretillas pórtico) permiten no solamente la botadura o puesta en seco de la embarcación sino también su transporte hasta o desde la zona de estacionamiento. En los otros casos son necesarios equipos complementarios de transporte. Existen actualmente disponibles en el mercado remolques de transporte para embarcaciones hasta 15000 kN de desplazamiento.

Las cargas a transmitidas por estos equipos ($q_{v,26}$), los factores que influyen en las mismas, los parámetros que las definen, su distribución espacial y los criterios para la obtención de sus valores nominales o de sus valores representativos y, en su caso, sus funciones de distribución son equivalentes a las definidas para los equipos similares de manipulación de mercancías en áreas de operación y de almacenamiento. En particular, a estos efectos para los equipos fijos será de aplicación lo dispuesto en el apartado 4.6.4.2.1.1.1, correspondiente a equipos fijos y de movilidad restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación; para las grúas móviles sobre neumáticos lo dispuesto en el apartado 4.6.4.2.1.1.2 correspondiente a equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga por elevación y para las carretillas elevadoras frontales y para las carretillas pórtico lo dispuesto en el apartado 4.6.4.2.1.1.3 correspondiente a equipos auxiliares de transporte horizontal y depósito sobre neumáticos de movilidad no restringida.

Salvo en el caso de equipos fijos o de movilidad restringida, las cargas transmitidas por los equipos de manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo se considerarán normalmente sólo en los estados de proyecto representativos de los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación (condiciones operativas correspondientes a la realización de las operaciones de manipulación de embarcaciones), así como en los estados sísmicos y en los asociados a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario (condiciones excepcionales), ya que en el resto de estados se considera que estos equipos se encuentran fuera de servicio y estacionados en las zonas establecidas al efecto, normalmente alejadas de la obra de atraque y amarre. Si las condiciones de explotación de la instalación no lo contemplan de este modo, estando previsto que los equipos de movilidad no restringida permanezcan en una zona de la obra de atraque y amarre en condiciones de tormenta, deberán tomarse en consideración también los estados representativos de los ciclos de sollicitación asociados a condiciones de inoperatividad del equipo (condiciones extremas, excepcionales debi-

das a viento extraordinario y excepcionales con el equipo fuera de servicio). Normalmente las condiciones de operación vendrán definidas por la velocidad del viento límite que permite la realización de las operaciones de manipulación de embarcaciones con seguridad, sin perjuicio de que en determinados emplazamientos (p.e. zonas no abrigadas, parcialmente abrigadas o con fuertes corrientes) adicionalmente deba comprobarse si otro agente climático puede ser el predominante para definir el estado meteorológico de proyecto en estas condiciones, al producir movimientos en las embarcaciones a flote no compatibles con la realización de dichas operaciones. A falta de otros criterios, se adoptará como viento límite aquél cuya velocidad media en el intervalo (ráfaga) de 3 s a 10 m de altura sea 24 m/s.

No se considerará la actuación simultánea de diferentes tipos de equipos de manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo, ni la actuación simultánea de varios equipos del mismo tipo, salvo que las condiciones de explotación de la instalación definan otra cosa. Las cargas transmitidas por estos equipos se considerarán compatibles con las debidas al estacionamiento y almacenamiento y al tráfico terrestre que le correspondan, tomando en consideración únicamente las limitaciones debidas a su simultaneidad física en el mismo espacio y a las condiciones de explotación establecidas para la instalación. Para cada estado de proyecto se adoptará la posición de las mismas correspondiente a la configuración del equipo y a la posición de la embarcación manipulada que produzca el efecto más desfavorable para el modo de fallo analizado.

En general, debido a las condiciones de explotación portuaria en estos casos, así como a las características de los equipos que normalmente se utilizan para la manipulación de embarcaciones en función del desplazamiento de las mismas, para la verificación de modos de fallo “globales” será suficiente considerar simultáneamente la actuación de las sobrecargas repartidas de estacionamiento y almacenamiento o de tráfico terrestre en las zonas accesibles al tráfico rodado con las cargas debidas a equipos o plataformas elevadoras fijas, así como las debidas a carretillas pórtico (travelift) en las zonas en las que éstas actúan canalizadas en bandas de rodadura perfectamente definidas (fosos o bañeras de botadura y varada, pantalanés paralelos,...). Para la verificación de modos de fallo “locales” deberán tomarse en consideración alternativamente las cargas concentradas transmitidas por todos los equipos de manipulación de embarcaciones considerados. A estos efectos, no se considerará la actuación simultánea de este tipo de cargas cuando corresponden a diferentes equipos o a diferentes agentes. Cuando los equipos previstos por el promotor para la manipulación de las embarcaciones sean carretillas pórtico para buques hasta 500 kN de desplazamiento, carretillas elevadoras frontales o remolques de transporte, las cargas transmitidas por los mismos se considerarán cubiertas por las debidas al tráfico terrestre cuando éstas se consideren; es decir, en aquellas áreas abiertas o accesibles a este tipo de tráfico (Ver apartado 4.6.4.3.1 correspondiente a tráfico viario).

Es recomendable solicitar a los fabricantes las cargas transmitidas por los equipos previstos por el promotor, diferenciando las debidas al peso propio de los equipos de las debidas a la embarcación manipulada y al viento, tomando en consideración, en su caso, las diferentes posiciones del equipo, de la embarcación manipulada y de la dirección del viento, de forma que sea posible definir los distintos valores representativos y las funciones de distribución asociadas con dichas cargas.

En ausencia de información más precisa obtenida a partir de los datos suministrados directamente por los fabricantes, podrán adoptarse como órdenes de magnitud de los valores representativos de las cargas transmitidas por equipos de manipulación de embarcaciones considerados actualmente como tipo los consignados en la tabla 4.6.4.14 para grúas móviles, en la tabla 4.6.4.17 para las carretillas elevadoras frontales y en la tabla 4.6.4.27 para las carretillas pórtico. Para otros equipos de manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo es difícil dar órdenes de magnitud de las cargas transmitidas debido a la diversidad tipológica existente en el mercado.

Dado que las operaciones de manipulación de estas embarcaciones se realizan en zonas prefijadas por el promotor de acuerdo con los criterios de explotación establecidos para la instalación, exigiendo en general una dotación específica de infraestructuras para estas operaciones (rampas, fosos o bañeras de botadura y varada,...), dimensionadas en función del equipo de manipulación elegido y de la flota de embarcaciones previsible, no se definen cargas mínimas debidas a equipos de manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo. A su vez, las cargas transmitidas por algunos de los equipos que permiten la manipulación de las embarcaciones más comunes en las instalaciones pesqueras, náutico-deportivas (hasta 500 kN de desplazamiento) están cubiertas por las cargas de tráfico. Lo anterior se establece sin perjuicio de aplicar con carácter general en las zonas accesibles al tráfico rodado las cargas mínimas correspondientes a equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación, definidas para usos pesqueros y náutico-deportivos (Grúa móvil 100/25) (Ver apartado 4.6.4.2.1.1.2 y tabla 4.6.4.23).

El agente de uso y explotación cuyos límites de operatividad definen el modo de parada operativa correspondiente a la realización de las operaciones de manipulación de embarcaciones es el agente “Manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo ($q_{v,26}$). A los efectos de verificar este modo de parada operativa se definirán los valores umbral de las variables de los agentes climáticos que limitan la realización de estas operaciones, para cada una de las siguientes causas de paralización que sean relevantes en el emplazamiento, de acuerdo con lo dispuesto para las correspondientes condiciones de trabajo en este apartado:

- Paralización por razones intrínsecas de seguridad del equipo y de la operación.
- Paralización por incompatibilidad de los movimientos de las embarcaciones a flote.
- Paralización por rebases de las aguas exteriores o, en su caso, del trasdós, sobre el nivel de coronación de la obra de atraque.
- Paralización por rebases del oleaje sobre la coronación de obras de abrigo, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a éstas.
- Paralización por insuficiencia de alturas de elevación.

El nivel de operatividad conjunto correspondiente a este modo de parada podrá obtenerse de forma equivalente a lo dispuesto a estos efectos en el apartado 4.1.1.3. Verificación de modos de parada operativa, así como en el subapartado a_3 del apartado 4.6.4.2.1.1.1.

En general, en las instalaciones de atraque es recomendable que el nivel de coronación de las mismas se fije de forma que nominalmente no se produzca la paralización de la

instalación por rebases de las aguas exteriores o por insuficiencia de alturas de elevación (Ver apartado 3.2.2.1. Niveles de coronación). De igual forma, en el caso de obras de atraque adosadas o próximas a diques es recomendable que los niveles de coronación de las obras de abrigo se proyecten de modo que la probabilidad de parada de las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros asociada con los rebases de oleaje a través de la coronación del dique sea nominalmente nula.

Se adoptará como variable climática predominante la velocidad del viento para la causa de paralización por razones intrínsecas de seguridad del equipo y de la operación, el nivel alto de las aguas exteriores y, en su caso, la altura de ola para la paralización por rebases y el nivel alto y bajo de las aguas por insuficiencia de las alturas de elevación. Para la paralización por incompatibilidad de movimientos de las embarcaciones a flote se adoptará la velocidad del viento, la altura de ola, el periodo del oleaje o la velocidad de la corriente. En esta última causa, cuando debido a las condiciones locales no sea factible discriminar cuál es la variable climática predominante, se repetirá el proceso considerando cada una de ellas como predominante.

4.6.4.2.5 Formulación de las acciones debidas a los agentes de manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros ($Q_{v,2}$)

Las cargas de manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros solicitan a las obras de atraque y amarre actuando, bien directamente sobre los elementos estructurales analizados, bien indirectamente a través de otros elementos estructurales, superestructuras o capas de reparto, así como aumentando empujes verticales y horizontales producidos por el terreno natural o los rellenos sobre los que actúan.

- Cargas actuando directamente sobre un elemento estructural

Cuando las cargas actúen directamente sobre un elemento estructural en el que la distancia entre la superficie de aplicación de éstas y la directriz de la estructura sea significativa, se procederá al reparto de las cargas actuantes hasta dicha superficie mediante planos trazados desde los bordes del área de contacto con pendiente 1:1 (45°), sin perjuicio de otro tipo de acciones que pudieran presentarse debido a la no coincidencia entre el punto de aplicación de las cargas y la directriz del elemento analizado. Podrán adoptarse repartos más favorables siempre que se justifiquen debidamente por medio de modelos teóricos de validez reconocida para el elemento estructural analizado.

- Cargas actuando indirectamente a través de otros elementos estructurales o superestructuras

Cuando actúen indirectamente a través de otros elementos estructurales con capacidad de amortiguamiento de efectos dinámicos no se tendrán en cuenta estos efectos para la definición de las cargas actuantes. En estos casos, cuando se utilicen los valores representativos de las cargas transmitidas por los diferentes equipos consignados en las tablas incluidas en esta Recomendación, los cuales incluyen amplificación dinámica y efectos inerciales, las cargas verticales deberán minorarse por me-

dio de un coeficiente 1.2 cuando se trate de equipos fijos y de movilidad restringida, y de un coeficiente 1.15 cuando se trate de equipos de movilidad no restringida. En lo que respecta a las cargas horizontales, únicamente se tomarán en consideración las componentes horizontales debidas a la acción del viento. En resumen, la amplificación dinámica deberá tomarse en consideración para el cálculo de losas, tableros, pavimentos, vigas de apoyo de carriles de grúa, encepados..., pero no para el cálculo de pilas, pilotes o cimentaciones. Simultáneamente, cuando la transmisión de cargas se realice a través de un elemento estructural a otro (p.e. carril-tablero), para la obtención de la superficie de aplicación y la distribución de las cargas se tomarán en consideración las características físicas del apoyo entre los dos elementos y la existencia y localización de juntas de dilatación, así como la distribución de reacciones producida por la interacción entre los dos elementos estructurales en estas condiciones. Para ello se utilizarán modelos específicos de interacción estructural.

Para las cargas correspondientes a equipos de manipulación de movilidad restringida sobre carriles actuando directamente sobre placa, como regla general y en ausencia de estudios más detallados es admisible considerar que las cargas concentradas verticales se distribuyen uniformemente en sentido longitudinal.

- Cargas actuando indirectamente a través de capas de reparto

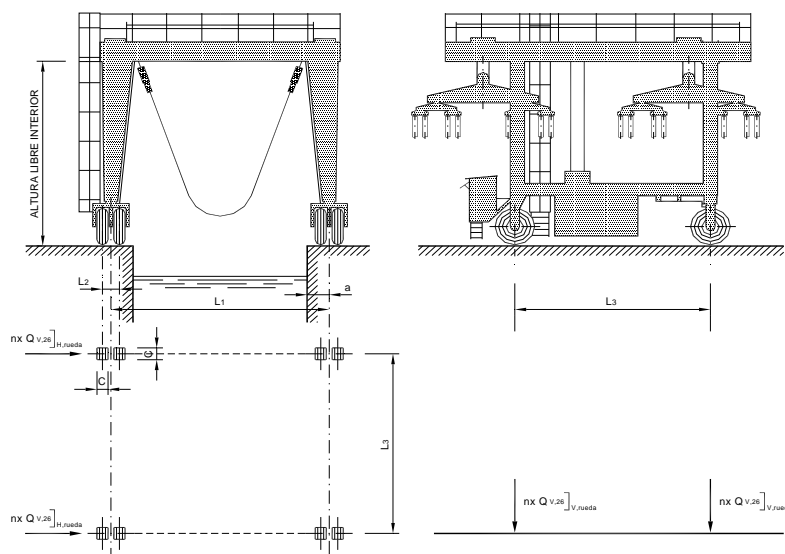
Cuando las cargas actúen indirectamente a través de capas de reparto de espesor mayor o igual que 1.50 m no se considerará la influencia de la componente de amplificación dinámica y la debida a los efectos inerciales. Para capas de menor espesor podrá considerarse que las componentes dinámicas e inerciales actúan en superficie con un valor reducido en función de la profundidad del elemento resistente (reducción lineal con la profundidad entre su valor en superficie y su anulación en 1.50 m). En ambos casos podrá considerarse adicionalmente que la distribución de las cargas se realiza a 30-45°, según sea más desfavorable, desde la superficie de contacto hasta alcanzar el elemento estructural.

- Cargas actuando indirectamente a través de rellenos

Los empujes adicionales verticales y horizontales debidos a la actuación de estas cargas a través de los rellenos pueden obtenerse de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.6 de la ROM 0.5-05 para las obras fijas abiertas y en el apartado 3.7 de la misma Recomendación para las obras fijas cerradas. Para esos casos tampoco se considerará la componente de las cargas debida a amplificación dinámica y efectos inerciales.

Para cada estado de proyecto, las acciones de manipulación de mercancías y de embarque y desembarque de pasajeros y de manipulación de embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo tendrán igual consideración que el correspondiente agente, independientemente de que éste actúe directa o indirectamente. Así mismo, los valores representativos de las acciones y sus funciones de distribución pueden obtenerse o derivarse de los correspondientes a los agentes causantes por medio de las relaciones funcionales existentes entre ambos.

TABLA 4.6.4.27. CONFIGURACIÓN Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR CARRETILLAS PÓRTICO TIPO PARA MANIPULACIÓN DE EMBARCACIONES PESQUERAS, DEPORTIVAS Y DE RECREO (TRAVELIFT)⁷⁾



		TIPO DE CARRETILLA PÓRTICO			
		TAMAÑO PEQUEÑO ¹⁾	TAMAÑO MEDIANO ¹⁾	TAMAÑO GRANDE ^{1) 2)}	
Capacidad de manipulación (kN)		150-1500	2000-5000	6000-10000	
Máxima manga de la embarcación (m)		4.30-7.90	8.50-10.50	10.50-15.00	
CARACTERÍSTICAS EQUIPO	Peso (kN)	100-750	950-2500	3000-5500	
	Altura libre interior (m)	4.85-9.50	10.10-12.10	13.70-16.80	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	Nº de ruedas por pata y eje (n)	1	2	3	
	Distancia entre ejes de bandas de rodadura (L ₁) (m)	5.5-9.5	11.0-15.0	17.90-21.00	
	Distancia entre centros de ruedas de un mismo eje (L ₂) (m)	--	0.90-1.50	0.70-1.60	
	Separación entre ejes de ruedas (L ₃) (m)	4.4-10.4	10.5-15.0	19.50-23.50	
	Forma y dimensiones área de contacto (c x c) (m x m)	3)	3)	3)	
	Distancia mínima entre cantil y eje de banda de rodadura (a) (m)	0.35-0.65	0.97-1.50	1.75-3.00	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN) ⁴⁾	Sin carga	Vertical	25-185	120-315	250-460
	En condiciones de operación ⁵⁾	Vertical	75-650	450-1050	850-1450
		Horizontal ⁶⁾	0.13 Vert.	0.13 Vert.	0.13 Vert.

NOTAS

- 1) Los primeros valores de los rangos de variación de cada parámetro se refieren a las carretillas de menor capacidad de manipulación de las incluidas en cada grupo de tamaños. De igual forma, los valores mayores se corresponden con las carretillas de mayor capacidad de elevación de las incluidas en cada grupo de tamaños.
- 2) Existen en el mercado carretillas pórtico hasta 15000 kN de capacidad de manipulación. A partir de 10000 kN de capacidad el número de ruedas por pata y eje generalmente aumenta a 4, con el objeto de mantener las cargas por rueda en los mismos órdenes de magnitud que las carretillas de 10000 kN de capacidad de manipulación con 3 ruedas por pata y eje. También pueden existir carretillas pórtico de tamaño grande con sólo 2 ruedas por pata. En este caso bastará con hacer las correcciones oportunas para obtener las cargas máximas por rueda.
- 3) Para obtener las dimensiones del área de contacto pueden considerarse presiones del orden de 1100 kN/m².
- 4) Las cargas máximas por rueda consignadas en esta tabla, así como las características y la configuración geométrica de los equipos tienen únicamente un valor indicativo de los órdenes de magnitud para cada tipo de carretilla, habiéndose obtenido del análisis de los correspondientes a diferentes fabricantes. Dependiendo del fabricante pueden variar de forma significativa, por lo que deben contrastarse con las aportadas, en su caso, por el fabricante elegido. Si esto no es posible previamente a la realización del proyecto, pueden adoptarse los valores incluidos en esta tabla, estableciéndose los mismos como valores nominales máximos que no deben superarse, consignándose en el reglamento de explotación de la instalación.
- 5) Considerando una velocidad del viento en el emplazamiento $V_{v,3s}(10m) = 24 \text{ m/s}$ ($\approx 86 \text{ km/h}$) en dirección transversal a la banda de circulación en el sentido más desfavorable e incluyendo los efectos inerciales asociados al movimiento del equipo (traslación y frenada) y de la embarcación manipulada. No se tienen en cuenta los efectos debidos a los giros del equipo. En las zonas en las que se produzcan giros de estos equipos puede considerarse que las cargas transmitidas son un 30 % superiores a las consignadas en la tabla. Definidas las cargas verticales en las ruedas de las patas más cargadas, las cargas sobre el resto de patas pueden obtenerse considerando que la suma de todas las cargas debe igualar a las cargas verticales actuantes (peso propio + peso de la máxima embarcación manipulada+efectos inerciales). Los efectos inerciales pueden estimarse como el 15 % del peso de la embarcación manipulada. Para otra velocidad del viento las cargas pueden adaptarse de acuerdo con lo dispuesto en la cláusula 3 de la tabla 4.6.4.10.
- 6) Carga horizontal en dirección transversal a la dirección de rodadura, concordante con la dirección de actuación del viento. Definidas las cargas horizontales en las patas más cargadas, puede considerarse que sobre las otras patas actúa la misma carga horizontal. En condiciones de operación, para una velocidad del viento límite de operatividad de 24 m/s, la componente de la acción horizontal debida al viento puede aproximarse al 3 % de la carga vertical sin considerar la componente vertical debida a los efectos inerciales. En condiciones de operación debe considerarse que también actúa simultáneamente una acción horizontal adicional en la dirección de la banda de rodadura, causada por los movimientos del equipo (traslación o frenada), igual al 15% de las cargas verticales. No están incluidos en este valor los efectos debidos a los giros.
- 7) Puede considerarse suficientemente aproximado adoptar como valores frecuente y cuasi-permanente de las cargas transmitidas por los equipos incluidos en esta tabla los valores reducidos de las componentes verticales que para el caso del valor frecuente serán iguales a 0.95 los correspondientes a dichos valores nominales y para el caso del valor cuasi-permanente el 0.90 de dichos valores. En ambos casos se considerará que las acciones horizontales de actuación simultánea son nulas.

4.6.4.3. Tráfico terrestre ($q_{v,3}$)

El agente tráfico terrestre está asociado con las cargas transmitidas por los distintos medios de transporte terrestre convencional de mercancías, materiales o suministros utilizados para su traslado desde o hasta el exterior de la zona portuaria. Por tanto, se consideran medios de transporte terrestre convencional aquéllos que están autorizados a circular con o sin restricciones por las redes de carreteras y ferrocarriles.

Se distinguen los siguientes agentes de tráfico terrestre:

- Tráfico viario ($q_{v,31}$)
- Tráfico ferroviario ($q_{v,32}$)

4.6.4.3.1. Tráfico viario ($q_{v,31}$)

Las cargas a tomar en consideración transmitidas por el tráfico de carretera, que comprende coches, camiones y vehículos especiales (por ejemplo, vehículos militares, de transporte industrial,...), son las equivalentes a las acciones y presiones verticales y acciones horizontales que se producen en las distintas ruedas de dichos vehículos en condiciones operativas cargadas.

La actuación de este agente se considerará limitada a las obras de atraque y amarre o a las partes de las mismas accesibles al tráfico rodado, con o sin restricciones.

Los parámetros que definen a este agente se establecen por medio de diferentes modelos de carga teóricos normalizados, desarrollados de forma que sus efectos sean equivalentes al tráfico viario considerado. En esta Recomendación, dichos modelos se definen a partir de los establecidos para este tipo de tráfico por la normativa europea experimental vigente relativa a las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, en particular el Eurocódigo 1. Parte 2.- “Acciones del tráfico en puentes”, ajustados de acuerdo con lo permitido por dicha normativa para adaptarlos a las diferentes características y condiciones de actuación del tráfico viario en las zonas portuarias: menor canalización, mayor porcentaje de vehículos pesados, mayor frecuencia de atascos, menor velocidad,... Los modelos de carga que definen a este agente se consignan en la tabla 4.6.4.28.

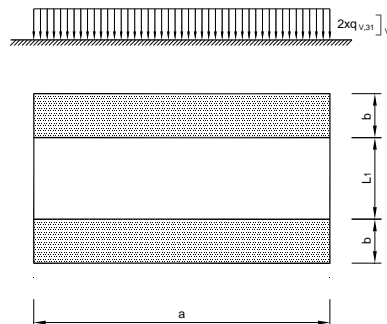
Independientemente del modelo de carga considerado, la distribución espacial de las cargas equivalentes al tráfico viario se considerará libre, limitada, en su caso, únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la instalación y con las condiciones de aplicación definidas para cada modelo de carga particular. En este sentido, de forma simplificada para la verificación de modos de fallo “globales” se considerará que dichas cargas no actúan simultáneamente sobre la misma área (operación, almacenamiento y accesos) con las debidas a otros agentes de uso y explotación, excepto con los equipos de manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros fijos o que tienen movilidad restringida, así como con el tráfico ferroviario. Para la verificación de modos de fallo “locales” no se considerará la actuación simultánea de este agente con los otros agentes de uso y explotación que pueden actuar sobre el área considerada. Para cada estado de proyecto se adoptará aquel modelo de

carga y aquella distribución espacial que produzca los efectos más desfavorables para el modo de fallo analizado.

TABLA 4.6.4.28. MODELOS DE CARGA TEÓRICOS NORMALIZADOS EQUIVALENTES AL TRÁFICO VIARIO EN ÁREAS PORTUARIAS. CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS ¹⁾

MODELO DE CARGA 1: EJE TÁNDEM + SOBRECARGA ²⁾													
$Q_{v,31} _{V,k}$	150 kN ³⁾												
$q_{v,31} _{V,k}$	10 kN/m ²												
$Q_{v,31} _{H,k}$	0.60 · 4 · $Q_{v,31} _{V,k}$ = 360 kN												
MODELO DE CARGA 2: EJE SIMPLE													
$Q_{v,31} _{V,k}$	200 kN												
MODELO DE CARGA 3: VEHÍCULOS ESPECIALES ^{2) 4)}													
CONFIGURACIÓN PARA VEHÍCULOS CON EJES DE 150/200 kN						CONFIGURACIÓN PARA VEHÍCULOS CON EJES DE 240 kN							
TIPO DE VEHÍCULO ESPECIAL													
Peso total/ Carga por eje (kN)	900/150	1200/150	1500/150	1800/150	1200/200	1500/200	1800/200	2400/200	3000/200	3600/200	2400/240	3000/240	3600/240
Nº ejes (n)	6	8	10	12	6	8	9	12	15	18	10	13	15
Separación ejes (s) (m)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50 ⁵⁾	1.50 ⁶⁾	1.50	1.50	1.50	1.50 ⁶⁾
$Q_{v,31} _{V,k}$ (kN)	75	75	75	75	100	100 ⁷⁾	100	100	100	100	80	80 ⁸⁾	80
$q_{v,31} _{V,k}$ (kN/m ²) ⁹⁾	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

MODELO DE CARGA 4: VEHÍCULOS MILITARES ESPECÍFICOS (CARROS DE COMBATE A ORUGAS) ^{2) 4)}



	TIPO DE CARRO DE COMBATE	
	750	1100
Peso total (kN)		
Dimensiones áreas de contacto (axb) (mxm)	4.90 x 0.85	6.10 x 1.00
Separación entre las áreas de contacto (L₁) (m)	1.95	2.30
q_{v,31}]v,k (kN/m²)	90	90
NOTAS		
1) Las cargas consignadas en la tabla incluyen la componente correspondiente a efectos dinámicos. 2) Además de las cargas consignadas en la tabla, correspondientes a este modelo, deben considerarse adicionalmente una sobrecarga repartida horizontal debida a los efectos de la acción del viento considerado en el estado meteorológico de proyecto sobre el tráfico viario, con la misma distribución espacial que la adoptada para la sobrecarga vertical. Estos efectos podrán obtenerse considerando que el viento actúa sobre una superficie virtual, obtenida adoptando una altura de 2.00 m sobre el nivel de circulación y una longitud igual a la adoptada para la componente de sobrecarga repartida, independientemente de la posición de las cargas verticales. 3) Para la verificaciones de modos de fallo "globales" puede considerarse simplíficadamente que el conjunto de cargas verticales es equivalente a una sobrecarga repartida de 30 kN/m ² 4) Como los vehículos especiales se supone que se mueven a poca velocidad en áreas portuarias, no se considera ninguna componente de amplificación dinámica ni cargas horizontales de arranque o frenada. 5) Alternativamente, también puede considerarse una separación de ejes no homogénea e igual a: 5x1.50 + 12 + 5x1.50 6) Alternativamente, también puede considerarse una separación de ejes no homogénea e igual a: 7x1.50 + 12 + 6x1.50 7) En un eje, debe considerarse que Q _{v,31}]v es 50 kN. 8) En un eje, debe considerarse que Q _{v,31}]v es 40 kN. 9) No se considerarán las sobrecargas en el interior de la superficie envolvente que contiene las áreas de contacto de las cargas concentradas.		

Los modelos de carga se consideran mutuamente excluyentes entre sí.

Los modelos de carga 1 y 2 cubren la mayoría de los efectos del tráfico de coches y camiones que pueden circular sin restricciones por la red de carreteras, debiéndose adoptar en todas las obras de atraque y amarre o en partes de las mismas accesibles al tráfico viario sin ningún tipo de limitación o restricción, independientemente de su uso. El modelo 1 se tomará en consideración tanto para la verificación de modos de fallo globales como locales. En general, no será necesario tomar en consideración este modelo para la verificación de modos de fallo globales en aquéllas áreas de las obras de atraque y amarre en las que el valor característico de la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento sea igual o superior a 40 kN/m². El modelo 2 deberá considerarse de forma aislada únicamente para la verificación de modos de fallo locales.

El modelo de carga 3 representa a los vehículos especiales más comunes que, no cumpliendo la regulación nacional sobre límites de peso y /o dimensiones, pueden estar autorizados a circular por determinadas carreteras con determinadas restricciones. Se tomará en consideración tanto para la verificación de modos de fallo globales como locales.

El modelo de carga 4 representa a determinados vehículos militares específicos no cubiertos por el modelo 3, particularmente determinados carros de combate a orugas. El modelo 4 deberá tomarse en consideración de forma aislada únicamente para la verificación de modos de fallo locales. La verificación de modos de fallo globales cuando actúen este tipo de vehículos se considerará cubierta por la aplicación de la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento mínima establecida en esta Recomendación para las obras de atraque y amarre de uso militar (50 kN/m^2).

Igual que otros modelos de carga que puedan establecerse para casos específicos, los modelos incluidos en 3 y 4 están definidos para ser utilizados únicamente cuando lo requiera específicamente el promotor de la instalación en función del uso de la obra de atraque y de la posibilidad de que puedan presentarse dichos vehículos. A su vez, cuando el promotor establezca limitaciones o restricciones de paso a un determinado tipo de tráfico viario (p.e se autorizan vehículos turismo pero no vehículos pesados) se podrán utilizar modelos específicos que respondan a dichas limitaciones. En esos casos deberán incluirse estas restricciones en las condiciones de explotación de la instalación y preverse el equipamiento adecuado (barreras,...) para que en las áreas no abiertas a todo tipo de tráfico viario quede garantizado de forma estricta el cumplimiento de las restricciones de paso establecidas. En caso contrario, serán de aplicación los modelos 1 y 2. No obstante lo anterior, en aquellas zonas en que sea físicamente posible el paso de vehículos, aunque su paso esté restringido total o parcialmente para determinado tipo de tráfico, adicionalmente al modelo específico que se establezca que responda a estas limitaciones se considerará en dichas zonas el posible tránsito de vehículos destinados a los servicios de protección contra incendios, considerando su actuación como una condición de trabajo excepcional debida a la presentación de una acción accidental. Para la comprobación de modos de fallo “globales”, el modelo de carga que representa a este tipo de tráfico se define como una acción repartida de 20 kN/m^2 dispuesta en una superficie de 3 m de ancho por 8 de largo. Para la comprobación de modos de fallo “locales” se supondrá, independientemente de la anterior, la actuación de una carga de 45 kN, actuando en una superficie cuadrada de 0.2 m de lado.

Las cargas transmitidas por el tráfico viario se considerarán únicamente en los estados de proyecto representativos de los ciclos de sollicitación asociados a la normal explotación de la instalación de atraque en todos los estados operativos (condiciones operativas correspondientes tanto a accesibilidad marítima, como a las operaciones de atraque del buque, permanencia de los buques en el atraque y realización de las operaciones de carga y descarga o embarque y desembarque de pasajeros), así como en los estados sísmicos y en los estados asociados a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario (condiciones excepcionales), ya que otro tipo de condiciones (temporal) no se consideran compatibles con este tipo de tráfico.

Las cargas transmitidas por el tráfico viario en estas condiciones se considerarán cargas compuestas, obteniéndose tomando en consideración el peso propio de los vehículos y de la carga transportada, los efectos dinámicos debidos a su movimiento (frenada y arranque) y la acción del viento sobre el mismo.

En función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación, las cargas transmitidas por el tráfico viario se definirán:

a) Para formulaciones determinista y determinista-probabilista

a₁) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos

- En condiciones normales de operación correspondientes a cada uno de los estados límite de operatividad definidos para la instalación de atraque, las cargas equivalentes al tráfico viario podrán definirse a través de valores característicos de las distintas cargas componentes incluidos en cada modelo de carga equivalente a dicho tipo de tráfico. Dichos valores se consignan en la tabla 4.6.4.28. Para cuantificar la componente debida a la acción del viento incluida en los distintos modelos de carga se adoptará el valor representativo de la velocidad y dirección del viento correspondiente al estado meteorológico de proyecto que define cada una de estas condiciones e idéntico al adoptado para la definición de los otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea que dependen del viento.
- En condiciones extremas y en condiciones excepcionales debidas a la presentación del agente climático viento de carácter extraordinario no se considerarán cargas transmitidas por el tráfico viario.
- En condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario, las cargas equivalentes al tráfico viario podrán definirse a través de su valor frecuente cuando se considere que la acción del tráfico viario es el agente variable predominante y a través de su valor cuasi-permanente para el resto de los casos. Lo anterior se establece sin perjuicio de los casos en que, de acuerdo con este apartado, deba considerarse el modelo específico de tráfico viario que representa la actuación de vehículos destinados a los servicios de protección contra incendios. En este caso las cargas incluidas en dicho modelo de carga tendrán la consideración de valores característicos correspondientes a una acción accidental. Con este modelo no se considerará la actuación simultánea del viento.
- En condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica, las cargas equivalentes al tráfico viario podrán definirse a través de su valor cuasi-permanente.

Para cada uno de los modelos de carga, los valores frecuente y cuasi-permanente podrá obtenerse aplicando a cada una de sus componentes los coeficientes establecidos en la tabla 4.6.4.29.

a₂) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio

Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable para dicha verificación en cada condición de trabajo sea la combinación poco probable o fundamental se utilizarán asimismo los valores representativos consignados en la tabla 4.6.4.29. Para la verificación de estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable sea la combinación frecuente o cuasi-permanente se adoptarán como valores representativos de las

cargas equivalentes al tráfico viario los valores frecuentes o cuasi-permanentes definidos en esa tabla para condiciones excepcionales.

a₃) Para la verificación de modos de parada operativa

Para valorar la operatividad de la instalación no se considerarán modos de parada operativa asociadas al agente tráfico viario.

TABLA 4.6.4.29. MODELOS DE CARGA TEÓRICOS NORMALIZADOS EQUIVALENTES AL TRÁFICO VIARIO. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS CARGAS (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos)					
CONDICIÓN DE TRABAJO	MODELO DE CARGA	Valor Característico	Valor de Combinación	Valor frecuente	Valor Cuasi-permanente
Condiciones de Trabajo Operativas (CT1)	Modelo 1	$Q_{v,31}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.28.) $Q_{v,31}]_{H,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.28.) $q_{v,31}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.28.) Acción del viento (considerando como valor representativo de la velocidad y dirección del viento el correspondiente al estado meteorológico de proyecto que define cada una de las condiciones normales operativas de la instalación de atraque. Para su definición, ver nota 2 tabla 4.6.4.28. y tabla 4.6.2.2)			
	Modelo 2	$Q_{v,31}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.28.)			
	Modelo 3	$Q_{v,31}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.28.) $q_{v,31}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.28.) Acción del viento (considerando como valor representativo de la velocidad y dirección del viento el correspondiente al estado meteorológico de proyecto que define cada una de las condiciones normales operativas de la instalación de atraque. Para su definición, ver nota 2 tabla 4.6.4.28 y tabla 4.6.2.2)			
	Modelo 4	$q_{v,31}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.28.)			
Condiciones de Trabajo Extremas (CT2)	-----	-----	-----	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario (CT3,1)	-----	-----	-----	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario (CT3,2) ²⁾³⁾	Modelo 1	-----	-----	$0.95Q_{v,31}]_{V,k}$ $0.00Q_{v,31}]_{H,k}$ $0.80 q_{v,31}]_{V,k}$ 1)	$0.80Q_{v,31}]_{V,k}$ $0.00Q_{v,31}]_{H,k}$ $0.80 q_{v,31}]_{V,k}$ 1)
	Modelo 2	-----	-----	$0.95Q_{v,31}]_{V,k}$	$0.80Q_{v,31}]_{V,k}$
	Modelo 3	-----	-----	$0.00 Q_{v,31}]_{V,k}$ $0.00 q_{v,31}]_{V,k}$ 1)	$0.00 Q_{v,31}]_{V,k}$ $0.00 q_{v,31}]_{V,k}$ 1)
	Modelo 4	-----	-----	$0.00 q_{v,31}]_{V,k}$	$0.00 q_{v,31}]_{V,k}$
Condiciones de Trabajo Extremas o Excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica (CT3,31 y CT3,32)	Modelo 1	-----	-----	-----	$0.80Q_{v,31}]_{V,k}$ $0.00Q_{v,31}]_{H,k}$ $0.80 q_{v,31}]_{V,k}$ 1)
	Modelo 2	-----	-----	-----	$0.80Q_{v,31}]_{V,k}$
	Modelo 3	-----	-----	-----	-----
	Modelo 4	-----	-----	-----	-----
NOTAS					
1) Simplificadamente, para obtener el valor frecuente y cuasi-permanente de las cargas transmitidas por el tráfico viario es aceptable no tomar en consideración la componente debida al viento.					
2) Se adoptará como valor representativo el valor frecuente cuando se considere el tráfico viario como agente variable predominante para el modo de fallo analizado. En el caso de que el tráfico viario no fuera el agente variable predominante se adoptará el valor cuasi-permanente.					
3) En los casos en que deba considerarse el modelo específico de tráfico viario que representa la actuación de vehículos destinados a los vehículos destinados a los servicios de protección conraining, las cargas incluidas en dicho modelo tendrán la consideración de valores característicos correspondientes a una acción accidental.					

b) Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación correspondientes a los ciclos de sollicitación asociados a condiciones operativas es admisible considerar que las cargas incluidas en los modelos teóricos normalizados equivalentes al tráfico viario se corresponden con valores nominales de los límites operativos establecidos por criterios de explotación para dicho tipo de tráfico y, por tanto, simplificarmente, carentes de incertidumbre estadística durante dicho ciclo. La componente debida al viento incluida en los modelos 1 y 3 se considerará también que carece de incertidumbre estadística en aquellos casos en que sea este agente el que define las condiciones límite normales operativas analizadas. En los otros casos, la función de distribución de esta componente en el estado operativo considerado se definirá como función derivada de la función de distribución de la velocidad del viento, condicionada al valor límite de operatividad del agente climático que determina las condiciones operativas.

Para formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación correspondientes a otros ciclos de sollicitación en los que se considere la actuación de dicho agente (excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario o excepcionales o extremas debidos a la presentación de una acción sísmica) puede considerarse que las cargas verticales incluidas en los modelos 1 y 2 responden a una función de distribución normal de media el 80 % del valor característico y coeficiente de variación de 0.15. En estos ciclos de sollicitación no se considerará la actuación de las componentes horizontales incluidas en dichos modelos. Así mismo, en la verificación de estos ciclos de sollicitación no se considerará la actuación de los modelos 3 y 4.

4.6.4.3.2. Tráfico ferroviario ($q_{v,32}$)

Las cargas transmitidas por el tráfico ferroviario son las equivalentes a las acciones verticales y horizontales que se producen en las distintas ruedas de los vehículos y equipos ferroviarios.

La actuación de este agente se considerará limitada a aquellos usos y áreas en los que esté previsto por el promotor la actuación de tráficos ferroviarios, en función de las condiciones de utilización y criterios de explotación establecidos para la instalación, así como de la organización del sistema ferroviario en el puerto. En este caso, el promotor definirá la o las plataformas de vías o zonas en las que pueden actuar los tráficos ferroviarios. Las plataformas de vías quedarán expresamente reflejadas y delimitadas en el proyecto.

La tendencia actual en la organización y explotación de las operaciones ferroviarias en el ámbito portuario, asociados con una progresiva automatización de los procesos de carga y descarga del buque, de entrega-recepción y de ordenación-control de mercancías, así como de consolidación-desconsolidación y de expedición-recepción de trenes, con el objetivo de alcanzar una mayor productividad en dichas operaciones, es establecer terminales ferroviarias de carga y descarga localizadas en el lado tierra de las áreas de almacenamiento asociadas a las obras de atraque y, por tanto alejadas de las áreas de operación, conjuntamente con terminales ferroviarias de apoyo, dedicadas fundamen-

talmente a la expedición-recepción de trenes, situadas en las proximidades del puerto pero generalmente fuera de su zona de servicio. Por dicha razón, salvo que el promotor de la instalación lo indique expresamente no se considerará la actuación de tráficos ferroviarios en el área de operación de las obras de atraque y amarre.

Los parámetros que definen a este agente se establecen por medio de un modelo de carga teórico normalizado, desarrollado de forma que sus efectos sean equivalentes al tráfico ferroviario normal de mercancías, en las condiciones de operación de las áreas portuarias. En esta Recomendación, dicho modelo se define a partir de los establecidos en la Instrucción española sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril (IAPF-07), así como en la normativa europea experimental vigente relativa a las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril, en particular el Eurocódigo 1. Parte 2.- “Acciones del tráfico en puentes”, ajustado de acuerdo con lo permitido por dicha normativa para adaptarlo a las diferentes características y condiciones de actuación del tráfico ferroviario en las zonas portuarias: trenes exclusivamente de mercancías, simultaneidad habitual de trenes en vías múltiples, velocidades de circulación reducidas con frecuentes frenadas y arranques, vagones sujetos a impactos importantes durante los procesos de carga y descarga, desnivelaciones usuales de los carriles debido a la multiplicidad de utilización de la plataforma, imperfecciones de las ruedas de los vagones de carga, trazados con giros de pequeños radio, funciones de distribución de las cargas más estrechas, El modelo de carga que define a este agente se consigna en la tabla 4.6.4.30, aplicable para tráficos normales de mercancías tanto con vías de ancho estándar europeo o UIC (1.435 m) y grandes anchos⁴⁹ como con vías de ancho métrico, sin más que variar el coeficiente multiplicador α definido para cada ancho de vía. Para otro tipo de tráficos ferroviarios, como líneas de tráfico más ligero que el normal o, por el contrario, tráficos especiales más pesados, el proyectista a solicitud del promotor podrá establecer modelos específicos (como por ejemplo el tren SW/2 del Eurocódigo 1. Parte 2) y definir sus condiciones de aplicación, sin perjuicio de que, a falta de otros datos y del lado de la seguridad, para los tráficos más ligeros también puedan aplicarse los modelos anteriores.

La distribución espacial de las cargas equivalentes al tráfico ferroviario se considerará libre en la plataforma de vías definida por el promotor, limitada, en su caso, únicamente por su compatibilidad con las condiciones de explotación establecidas para la obra de atraque y particularmente con los equipos e instalaciones de manipulación de mercancías, así como con las condiciones de aplicación definidas para el modelo de carga en particular, y por la separación mínima entre vías y entre éstas y los equipos de manipulación establecida por condiciones de seguridad. La separación entre ejes de vías no debe ser en ningún caso menor de 3.50 m, aunque se recomienda que no sea menor de 4.00 m. Los ejes de las vías se situarán en las posiciones más desfavorables para el modo de fallo analizado, compatibles con lo dispuesto en el párrafo siguiente.

En la plataforma de vías definida por el promotor se considerará el mayor número de vías geométrica y estructuralmente posibles en el espacio interior. A estos efectos, el espacio entre vías se tomará homogéneo, respetando el espacio mínimo admisible entre

⁴⁹ 1.668 m en España y Portugal
1.600 m en Irlanda
1.520 en Finlandia y Rusia

ejes de vías y considerando que entre el eje de vías y, en su caso, el de la banda de rodadura de los equipos de manipulación de mercancías de movilidad restringida paralela a las vías que actúen simultáneamente en dicha zona debe mantenerse un espacio mínimo de 3.00 m, aunque se recomienda también que sea de 4.00 m. Para cada estado de proyecto se adoptará la distribución espacial en posición y, en su caso, extensión que produzca los efectos más desfavorables para el modo de fallo analizado.

Las cargas debidas al tráfico ferroviario podrán aplicarse conjuntamente con las otras sobrecargas de uso y explotación de actuación simultánea en la misma área (operación, almacenamiento y accesos), aunque no superponiéndose en la banda de circulación del ferrocarril. A estos efectos se considerará como banda de circulación del ferrocarril la zona limitada por líneas paralelas a los carriles, situadas a ambos lados de una o varias vías y a 3.50 m del eje de las extremas. No se considerarán como vías múltiples aquéllas cuya separación entre ejes supere 6.00 m. No será necesaria la consideración de este agente para la verificación de modos de fallo “globales” en aquellas áreas en las que la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento de actuación simultánea considerada en el emplazamiento sea igual o mayor a 50 kN/m². Para la verificación de modos de fallo “locales” no se considerará la actuación simultánea de este agente con los otros agentes de uso y explotación que puedan actuar sobre el área considerada.

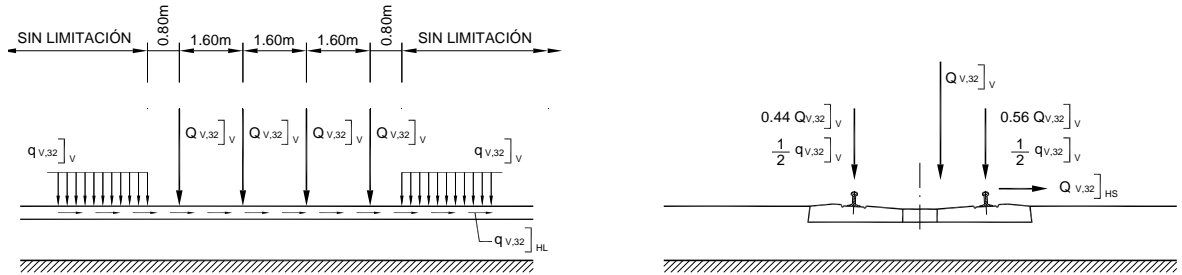
Las cargas de tráfico ferroviario se tomarán en consideración tanto en los estados de proyecto representativos de los ciclos de solicitud asociados a la normal explotación de la instalación de atraque (condiciones operativas) como en los estados de proyecto representativos de los ciclos de solicitud asociados a la inoperatividad de la misma (condiciones de trabajo extremas) o a los ciclos de solicitud asociados a la presentación de un agente extraordinario o insólito (condiciones excepcionales). En condiciones extremas y excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario se considerará la presencia de tráficos ferroviarios en las obras de atraque y amarre con igual criterio que el adoptado para los equipos de manipulación de movilidad restringida en dichas condiciones; es decir, admitiendo que en esos estados no se producen procesos de carga y descarga ni movimientos en los tráficos ferroviarios y, por tanto, no existen efectos dinámicos ni componentes horizontales (fuerzas de frenado y arranque, de lazo, ...). Por el contrario, en condiciones excepcionales debidas a la actuación de una acción accidental o en condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica se considerará que el tráfico ferroviario puede estar en situación de total operatividad.

Las cargas transmitidas por el tráfico ferroviario se considerarán cargas compuestas, habiéndose definido el modelo de cargas normalizado equivalente tomando en consideración el peso de los vehículos y de la carga transportada, así como las acciones horizontales debidas a su movimiento (frenada y arranque, lazo) y otros efectos dinámicos. Adicionalmente deben tomarse en consideración los efectos debidos a las acciones climáticas actuando sobre este tipo de tráfico en los estados de proyecto representativos de los distintos ciclos de solicitud a lo que está sometida la instalación de atraque y amarre, particularmente la acción del viento.

En función del tipo de formulación de las ecuaciones de verificación, las cargas transmitidas por el tráfico viario se definirán:

TABLA 4.6.4.30. MODELO DE CARGA TEÓRICO NORMALIZADO EQUIVALENTE AL TRÁFICO FERROVIARIO EN ÁREAS PORTUARIAS. CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA Y VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS

MODELO DE CARGA UIC 71^{1) 2) 3)}



$Q_{v,32} _{v,k}$	$\alpha \cdot 250 \text{ kN}^{4)}$	$\alpha = 1.21$ para vías de ancho UIC o gran ancho $\alpha = 0.91$ para vías de ancho métrico
$q_{v,32} _{v,k}$	$\alpha \cdot 80 \text{ kN/m}^{4)}$	
$Q_{v,32} _{HS,k}$ ⁵⁾	100 kN	
$q_{v,32} _{HL,k}$ ⁶⁾	Más desfavorable: - frenado [$\alpha \cdot 20$ (kN/m), repartida en una longitud L(m)] - arranque [$\alpha \cdot 33$ (kN/m), repartida en una longitud L'(m)] L y L' se definen en las notas 7) y 8)	

NOTAS

- 1) Modelo de carga definido a partir del incluido en la instrucción española IAPF-07, equivalente al modelo de carga UIC71 del Eurocódigo1. Parte 2. Acciones del tráfico en puentes.
- 2) Los trenes de carga representan la circulación por una vía. Para las cargas verticales se aplicará la mitad de la carga a cada carril. No obstante, en el caso de las cargas verticales concentradas ($Q_{v,32}|_v$) puede considerarse un reparto 0.44:0.56 debido a la excentricidad causada por efecto del desplazamiento lateral de las cargas verticales. No obstante lo anterior, para la verificación de modos de fallo "globales" es admisible la aplicación de todas las cargas en el eje de la vía. Las cargas incluidas en este modelo o la parte de ellas en extensión y posición que producen un efecto favorable no deben tomarse en consideración. Para una playa con más de dos vías múltiples se adoptará como valor característico de las cargas en cada vía el que produzca los efectos más desfavorables considerando en todas las vías un valor de las cargas verticales correspondiente a 0.75 los consignados en la tabla o el valor de la tabla aplicado únicamente en dos vías. En ambos casos se considerarán las acciones horizontales desfavorables de actuación simultánea compatibles con las cargas verticales adoptadas (Ver nota 5 para la fuerza de lazo y nota 6 para las fuerzas de frenado o arranque).
- 3) Adicionalmente a las cargas incluidas en este modelo deben tomarse en consideración los efectos de las acciones climáticas actuando sobre este tipo de tráfico en los distintos estados de proyecto representativos de los distintos ciclos de sollicitación, de acuerdo con lo dispuesto en esta Recomendación.
- 4) Las cargas verticales consignadas en la tabla no incluyen la amplificación por efectos dinámicos, la cual debe considerarse cuando actúan directa o indirectamente sobre un elemento estructural. Considerando las características y condiciones de actuación de los tráficos ferroporuarios: velocidades de circulación reducidas, menor mantenimiento de las vías, plataforma con usos múltiples sin balasto, ..., así como las características estructurales usuales de las tipologías de las obras de atraque y amarre en la que sus efectos son significativos (particularmente en las obras de atraque fijas abiertas de pilas o pilotes), simplíficadamente puede adoptarse para valorar estos efectos con carácter general un coeficiente de mayoración de 1.40. En otros casos o cuando se desee una mayor precisión en la valoración de estos efectos, el coeficiente de mayoración de efectos dinámicos puede obtenerse de acuerdo con la metodología definida en el apartado B2 de la Instrucción IAPF-07.
- 5) Fuerza de lazo. Se asimila a una carga horizontal concentrada que se aplica en la parte superior de un carril, perpendicularmente al eje de la vía, tanto en tramos rectos como curvos, y sentido hacia el exterior de la vía. La fuerza de lazo se aplicará en la posición que resulte más desfavorable para el modo de fallo considerado. Su actuación será simultánea con las cargas verticales. En el caso de vías múltiples se considerará una única fuerza de lazo en la vía más desfavorable para el modo de fallo analizado. Dadas las reducidas velocidades de circulación de los trenes en las áreas portuarias se pueden despreciar otras fuerzas horizontales transversales al eje de la vía como las fuerzas centrífugas en tramos curvos.
- 6) Fuerzas de frenado y arranque. Se asimilan a fuerzas horizontales, paralelas a la vía, repartidas uniformemente a lo largo de una determinada longitud, y aplicadas al nivel del plano medio de rodadura. Su actuación será simultánea con las cargas verticales, extendida por lo menos en las mismas zonas que éstas. En el caso de vías múltiples, se considerará la actuación simultánea únicamente de un frenado y de un arranque en dos cualquiera de ellas, elegidas de forma que sea más desfavorable para el modo de fallo analizado.
- 7) L es la longitud en la que se supone repartida la fuerza de frenado. Puede tomarse igual a la longitud de la vía sobre la estructura resistente analizada, siempre que se permita la dilatación del carril en ambos extremos de la obra de atraque. En casos de carril continuo en un o ambos extremos o de juntas intermedias deberán hacerse estudios específicos de interacción vía-estructura para determinar la longitud a considerar. En ningún caso dicha longitud superará 300 m.
- 8) L' es la longitud en la que se supone repartida la fuerza de arranque. Puede tomarse igual a la longitud de la vía sobre la estructura resistente analizada, siempre que se permita la dilatación del carril en ambos extremos de la obra de atraque. En casos de carril continuo en un o ambos extremos o de juntas intermedias deberán hacerse estudios específicos de interacción vía-estructura para determinar la longitud a considerar. En ningún caso dicha longitud superará 30 m.

a) Para formulaciones determinista y determinista-probabilista

a.1) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos

- En condiciones normales de operación correspondientes a cada uno de los estados límites de operatividad definidos para la instalación de atraque, las cargas equivalentes a este tipo de tráfico podrán definirse a través de los valores característicos de las distintas cargas componentes del modelo de carga consignado en la tabla 4.6.4.30, considerando que actúa adicionalmente una componente debida a la acción del viento.

Para cuantificar la componente debida a la acción del viento compatible con el modelo de carga normalizado equivalente al tráfico ferroviario se adoptará el valor representativo de la velocidad y dirección del viento correspondiente al estado meteorológico de proyecto que define las condiciones normales operativas consideradas (accesibilidad marítima, operaciones de atraque de buques, permanencia de buque en el atraque y realización de las operaciones de carga y descarga o embarque y desembarque de pasajeros) e idéntico al adoptado para la definición de otros agentes de uso y explotación de actuación simultánea que dependen del viento. Los efectos de la acción del viento sobre el tráfico ferroviario podrán obtenerse considerando que el viento actúa sobre una superficie virtual, obtenida adoptando una altura de 4.00 m para anchos UCI y grandes anchos y 3.70 m para ancho métrico a partir del nivel de la vía de rodadura y la longitud en la dirección de circulación más desfavorable, independientemente de la posición de las cargas verticales.

- En condiciones extremas, se considera que los trenes están parados en cualquier ubicación de la obra de atraque y sin que se realice ningún tipo de operación en ellos. En esta situación las cargas transmitidas por el tráfico ferroviario podrán definirse a través de los valores característicos únicamente de las cargas verticales incluidas en el modelo de carga consignado en la tabla 4.6.4.30, sin considerar la amplificación por efectos dinámicos, más los efectos del viento sobre el mismo actuando la velocidad de viento representativa del estado climático en condiciones extremas en el emplazamiento y en la dirección adoptada (Ver apartado 4.6.2.1). Para probabilidades de ocurrencia del modo de fallo en estas condiciones de trabajo menores del 5 %, dichos valores son los correspondientes a un periodo de retorno de 50 años si el viento es el agente climático predominante para el modo de fallo considerado (Ver ROM 0.4). En el caso de que el viento no sea el agente climático predominante en el modo de fallo analizado y pueda considerarse independiente del predominante se adoptará como valor representativo el valor de combinación de la velocidad del viento ($T_R = 5$ años). En los otros casos, ver tabla 4.6.2.2.
- En condiciones excepcionales debidas a la presentación de viento de carácter extraordinario, se considera que los trenes están parados en cualquier ubicación de la obra de atraque y sin que se realice ningún tipo de operación en ellos. En esta situación, las cargas equivalentes al tráfico ferroviario podrán definirse a través del

valor frecuente de las componentes verticales del modelo de carga, cuando se considere que la acción del tráfico ferroviario es el agente variable predominante para el modo de fallo analizado, y a través del valor cuasi-permanente de las mismas cargas para el resto de los casos, más los efectos del viento extraordinario sobre el mismo en la dirección adoptada. En ambos casos no se considerará ni la amplificación de las cargas verticales por efectos dinámicos ni las acciones horizontales incluidas en el modelo de carga por estar en una situación no operativa. Los valores frecuentes y cuasi-permanentes de las cargas ferroviarias incluidas en el modelo asociadas a estas condiciones se definen en la tabla 4.6.4.31. Para probabilidades de fallo menores del 5 %, el viento extraordinario esta asociado con los valores de la velocidad del viento correspondientes a un periodo de retorno de 500 años (Ver tabla 4.6.2.2).

- En condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario, se considera que el ferrocarril puede estar tanto en condiciones operativas como parado sin que se realice ningún tipo de operación en él. No obstante, dadas las condiciones de aplicación del modelo de cargas, del lado de la seguridad se considerará que en esta situación el ferrocarril se encuentra en situación operativa. En este caso las cargas equivalentes al tráfico ferroviario se definirán a través del valor frecuente de las componentes del modelo de carga, cuando se considere que la acción del tráfico ferroviario es el agente variable predominante para el modo de fallo analizado, y a través del valor cuasi-permanente para el resto de los casos. En ambos casos se considerará la amplificación de las cargas verticales por efectos dinámicos al estar en situación operativa. Para el valor cuasi-permanente no se considerarán las acciones horizontales incluidas en el modelo de carga. Cuando se aplique el valor frecuente y cuasi-permanente de las cargas transmitidas por el tráfico ferroviario, simplícidamente es aceptable no tomar en consideración la componente debida al viento. Los valores frecuentes y cuasi-permanentes de las cargas ferroviarias incluidas en el modelo asociadas a estas condiciones se definen en la tabla 4.6.4.31.
- En condiciones excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica, se considera que el ferrocarril puede estar tanto en condiciones operativas como no operativas. No obstante, dadas las condiciones de aplicación del modelo de cargas, del lado de la seguridad se considerará que en esta situación el ferrocarril se encuentra en situación operativa. En esta situación, las cargas equivalentes al tráfico ferroviario se definirán a través del valor cuasi-permanente de las componentes del modelo de carga. En esta situación se considerará la amplificación de las cargas verticales por efectos dinámicos al estar en situación operativa, pero no se considerarán las componentes horizontales incluidas en el modelo de carga ni la componente debida al viento. Los valores cuasi-permanentes de las cargas ferroviarias incluidas en el modelo asociadas a estas condiciones se definen en la tabla 4.6.4.31.

El resumen de los valores representativos de las cargas transmitidas por el tráfico ferroviario se incluye en la tabla 4.6.4.31.

TABLA 4.6.4.31. MODELO DE CARGA TEÓRICO NORMALIZADOS EQUIVALENTE AL TRÁFICO FERROVIARIO EN ÁREAS PORTUARIAS. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS CARGAS (Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite últimos con probabilidades de fallo menores que 5 % en la correspondiente condición de trabajo)

CONDICIÓN DE TRABAJO	MODELO DE CARGA	Valor Característico	Valor de Combinación	Valor frecuente	Valor Cuasi-permanente
Condiciones de Trabajo Operativas (CT1)	Modelo UIC 71	$Q_{v,32}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.30) ¹⁾ $q_{v,32}]_{V,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.30) ¹⁾ $Q_{v,32}]_{Hs,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.30) $Q_{v,32}]_{HL,k}$ (Valor definido en Tabla 4.6.4.30) Acción del viento (considerando como valor representativo de la velocidad y dirección del viento el correspondiente al estado meteorológico de proyecto que define cada una de las condiciones operativas de la instalación de atraque. Para su definición ver tabla 4.6.2.2) ²⁾			
Condiciones de Trabajo Extremas (CT2) ⁴⁾⁵⁾	Modelo UIC 71	$Q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ $q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ Acción del viento (considerando que actúa la velocidad del viento correspondiente a $T_R=50$ años) ²⁾	$Q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ $q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ Acción del viento (considerando que actúa la velocidad del viento correspondiente a $T_R=5$ años) ²⁾	-----	-----
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario (CT3,1) ⁶⁾	Modelo UIC 71	-----	-----	$0.95 \cdot Q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ $0.95 \cdot q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ Acción del viento (considerando que actúa la velocidad del viento correspondiente a $T_R=500$ años) ²⁾	$0.80 \cdot Q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ $0.80 \cdot q_{v,32}]_{V,k}^{(3)}$ Acción del viento (considerando que actúa la velocidad del viento correspondiente a $T_R=500$ años) ²⁾
Condiciones de Trabajo Excepcionales debidas a la presentación de una acción accidental que no sea sismo o viento extraordinario (CT3,2) ⁶⁾	Modelo UIC 71	-----	-----	$0.95 \cdot Q_{v,32}]_{V,k}^{(1)}$ $0.95 \cdot q_{v,32}]_{V,k}^{(1)}$ $0.95 \cdot Q_{v,32}]_{Hs,k}$ $0.95 \cdot q_{v,32}]_{HL,k}$ 7)	$0.80 \cdot Q_{v,32}]_{V,k}^{(1)}$ $0.80 \cdot q_{v,32}]_{V,k}^{(1)}$ 7)
Condiciones de Trabajo Extremas o Excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica (CT3,31) y (CT3,32)	Modelo UIC 71	-----	-----	-----	$0.80 \cdot Q_{v,32}]_{V,k}^{(1)}$ $0.80 \cdot q_{v,32}]_{V,k}^{(1)}$ 7)

NOTAS

- 1) Considerando la amplificación de cargas verticales por efectos dinámicos.
- 2) Los efectos de la acción del viento sobre el tráfico ferroviario podrán obtenerse considerando que el viento actúa sobre una superficie virtual obtenida adoptando una altura de 4.00 m para ancho UCI y grandes anchos y 3.70 m para ancho métrico a partir del nivel de la vía de rodadura y la longitud en la dirección de circulación más desfavorable independientemente de la posición de las cargas verticales.
- 3) No considerando la amplificación de cargas verticales por efectos dinámicos (por situación no operativa del ferrocarril)
- 4) Se adoptará como valor representativo el valor característico cuando el viento sea el agente climático predominante para el modo de fallo analizado. En el caso de que el viento no fuera el agente climático predominante pero independiente de éste se adoptará el valor de combinación. En otros casos, ver tabla 4.6.2.2.
- 5) Para probabilidades de fallo mayores del 5 %, el valor característico en condiciones extremas será el obtenido considerando una velocidad del viento cuya probabilidad de excedencia en la fase de proyecto analizada sea igual a la probabilidad de fallo considerada.
- 6) Se adoptará como valor representativo el valor frecuente cuando el tráfico ferroviario sea el agente variable predominante para el modo de fallo analizado. En el caso de que el tráfico ferroviario no sea el agente variable predominante se adoptará el valor cuasi-permanente.
- 7) Simplificadamente, para obtener el valor frecuente y cuasi-permanente de las cargas transmitidas por el tráfico ferroviario en estas condiciones es aceptable no tomar en consideración la componente debida al viento.

a₂) Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio

Para la verificación de modos de fallo adscritos a estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable para dicha verificación en cada condición de trabajo sea la combinación poco probable o fundamental se utilizarán asimismo los valores representativos consignados en la tabla 4.6.4.31. Para la verificación de estados límite de servicio en los que el tipo de combinación de acciones aplicable sea la combinación frecuente o cuasi-permanente se adoptarán como valores representativos de las cargas equivalentes al tráfico viario los valores frecuentes o cuasi-permanentes definidos en esa tabla para condiciones excepcionales.

a₃) Para la verificación de modos de parada operativa

Para valorar la operatividad de la instalación no se considerarán modos de parada operativa asociadas al agente tráfico ferroviario.

b) Para formulaciones probabilistas

Para formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación correspondiente a los ciclos de solicitud asociados a condiciones normales operativas es admisible considerar que las cargas incluidas en los modelos teóricos normalizados equivalentes al tráfico ferroviario en áreas portuarias se corresponden con valores nominales de los límites operativos establecidos por criterios de explotación para dicho tipo de tráfico y, por tanto, simplificada, carentes de incertidumbre estadística durante dicho ciclo. La componente del viento se considerará también que carece de incertidumbre estadística en aquellos casos en que sea este agente el que define las condiciones límite normales operativas analizadas. En los otros casos, la función de distribución de esta componente en el estado operativo considerado se definirá como función derivada de la función de distribución de la velocidad del viento, condicionada al valor límite de operatividad del agente climático que determina las condiciones operativas.

Para formulaciones probabilistas de las ecuaciones de verificación correspondientes a otros ciclos de solicitud en los que se considere la actuación del agente tráfico ferroviario en situación operativa (condiciones excepcionales debidos a la presentación de una acción accidental y excepcionales o extremas debidas a la presentación de una acción sísmica) puede considerarse que cada una de las cargas componentes incluidas en el modelo responden a funciones de distribución normal de media el 80 % del valor característico y coeficiente de variación de 0.15, y que cada una de estas variables son independientes entre sí. Las componentes verticales quedarán afectadas por el coeficiente de amplificación por efectos dinámicos. En los ciclos de solicitud con tren no operativo (condiciones extremas y excepcionales debidas a la presentación de viento extraordinario) puede considerarse que las cargas componentes verticales incluidas en los modelos responden a funciones de distribución normal de coeficiente de variación de 0.15 y de media el 80 % del valor característico recogido en el modelo, sin considerar la amplificación debida a efectos dinámicos. En los ciclos de solicitud con tren no operativo no se considerará la actuación de las componentes horizontales incluidas en dichos modelos. En estos casos, la función de distribución de la componente debida al viento se puede definir como función de distribución derivada de la función de distribución marginal de la variable velocidad del viento en el emplazamiento correspondiente a condiciones extremas o medias según el ciclo de solicitud analizado, siempre que el viento sea el agente climático predominante o sea independiente del predominante en dicho ciclo (En los otros casos, ver apartado 4.6.2.1).

4.6.4.3.3. *Formulación de las acciones debidas a los agentes de tráfico terrestre ($Q_{v,3}$)*

Las cargas debidas al tráfico terrestre solicitan a las obras de atraque y amarre actuando, bien directamente sobre los elementos estructurales analizados, bien indirectamente a través de otros elementos estructurales, superestructuras o capas de reparto, así como aumentando empujes verticales y horizontales producidos por el terreno natural o los rellenos sobre los que actúan.

- Cargas actuando directamente sobre un elemento estructural

Cuando las cargas actúen directamente sobre un elemento estructural serán de aplicación los criterios establecidos para estos casos en el apartado 4.6.4.2.5 correspondiente a las acciones debidas a los agentes de manipulación de mercancías y embarque y desembarque de pasajeros.

- Cargas actuando indirectamente a través de otros elementos estructurales o superestructuras

Cuando actúen indirectamente a través de otros elementos estructurales con capacidad de amortiguamiento de efectos dinámicos no se tendrán en cuenta estos efectos para la definición de las cargas actuantes (por ejemplo, en pilas, pilotes o cimentaciones). En estos casos, cuando se utilicen los valores representativos de las cargas incluidos en los modelos normalizados correspondientes a tráfico viario consignados en esta Recomendación, los cuales incluyen amplificación dinámica, las cargas tanto verticales como horizontales deberán minorarse por medio de un coeficiente 1.20 cuando se consideren tanto en los estados de proyecto representativos de los ciclos de operatividad, como en los estados sísmicos y en los estados asociados a la presentación de una acción accidental que no sea viento extraordinario. Por el contrario, en el modelo normalizado correspondiente a tráfico ferroviario consignado en esta Recomendación, los valores característicos de las cargas debidas a este agente no llevan incorporada la valoración de efectos dinámicos, por lo que en estos casos las cargas verticales no deberán multiplicarse por el coeficiente de amplificación por efectos dinámicos. Simultáneamente, cuando la transmisión de cargas se realice a través de un elemento estructural a otro (p.e. carril-tablero), para la obtención de las superficies de aplicación y la distribución de las cargas se tomarán en consideración las características físicas del apoyo entre los dos elementos y la existencia y localización de juntas de dilatación, así como la distribución de reacciones producida por la interacción entre los dos elementos estructurales en esas condiciones. Para ello deberán utilizarse modelos específicos de interacción estructural. Para las cargas correspondientes a tráfico ferroviario actuando a través del carril directamente sobre placa, como regla general y en ausencia de estudios más detallados es admisible considerar que las cargas concentradas verticales por eje incluidas en el modelo de carga se distribuyen uniformemente en sentido longitudinal.

- Cargas actuando indirectamente a través de capas de reparto

Cuando las cargas actúen indirectamente a través de capas de reparto de espesor mayor o igual que 1.50 m no se considerará la influencia de las componentes de amplificación dinámica ni las debidas a los efectos inerciales (frenado y arranque, lazo,). Para capas de menor espesor podrá considerarse que las componentes dinámicas e inerciales actúan en superficie con un valor reducido en función de la profundidad del elemento resistente (reducción lineal con la profundidad entre su valor en superficie y su anulación en 1.50 m). En ambos casos, podrá considerarse adicionalmente que la distribución de cargas se realiza a 30°-45° desde la superficie de contacto hasta alcanzar el elemento estructural, según sea más desfavorable. No obstante lo anterior, la distribución de las cargas de tráfico ferroviario a través de traviesas apoyadas en balasto se realizará con pendientes 4 (vertical): 1 (horizontal).

- Cargas actuando indirectamente a través de rellenos

Los empujes adicionales verticales y horizontales debidos a la actuación de estas cargas a través de los rellenos pueden obtenerse de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.6. de la ROM 0.5-05 para las obras fijas abiertas y en el apartado 3.7. de la misma Recomendación para las obras fijas cerradas. Para estos casos tampoco se considerarán las componentes de las cargas debidas a la amplificación dinámica y efectos inerciales.

En este caso, en ausencia de cálculos más precisos, simplificadaamente la carga vertical equivalente al tráfico ferroviario en la plataforma bajo la vía puede considerarse uniformemente distribuida en un ancho de 3.00 m a un nivel de 0.70 m por debajo de la superficie de rodadura de la vía, sin aplicar efectos dinámicos.

Para cada estado de proyecto, las acciones causadas por el tráfico terrestre tendrán igual consideración que el correspondiente agente, independientemente de que éste actúe directa o indirectamente. Así mismo, los valores representativos de las acciones y sus funciones de distribución pueden obtenerse o derivarse de los correspondientes a los agentes causantes por medio de las relaciones existentes entre ambos.

4.6.4.4 Operaciones de los buques ($q_{v,4}$)