

**CUERPO SUPERIOR  
FACULTATIVO**

**DE I.C.C.P.**

**JUNTA DE  
ANDALUCÍA**

**EJEMPLOS**

**DOCUMENTACIÓN**

**2º EJERCICIO**

**DESARROLLO ESCRITO**



**O P O S I C I O N E S  
C A M I N O S A N D A L U C Í A**

**EJEMPLOS DE  
RESÚMENES DE TEMAS  
ADAPTADOS**

**TEMARIO ESPECÍFICO**

**RESUMEN TEMA 13**

**RESUMEN TEMA 53**

**RESUMEN TEMA 13 ESPECÍFICO**  
**DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES**

**1.- DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES FLEXIBLES Y RÍGIDOS. MÉTODOS RACIONALES. SISTEMAS MULTICAPA. MÉTODOS EMPÍRICOS. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL.**

Se entiende el Dimensionamiento de firmes como el **proceso en el que se determinan los materiales que constituyen las distintas capas del firme y sus espesores**, de manera que se alcance una vida de servicio determinada y se optimice su coste. Al respecto, existen dos grandes grupos de métodos de dimensionamiento, los **empíricos** y los **analíticos o racionales**.

Otro aspecto a destacar en el dimensionamiento de los firmes son los **Factores de Proyecto** que se adoptan en los procesos de Diseño de Firmes, y que son los siguientes: las **Cargas del Tráfico** (presentes y futuras), la **Capacidad de soporte del terreno** y la **Climatología**. Sin embargo, en algunos procesos de diseño de firmes, se introducen otros Factores de Proyecto, como pueden ser la Velocidad de aplicación de las cargas o las Temperaturas de exposición del pavimento.

**Entre los Métodos para el Dimensionamiento, podemos destacar:**

**A) MÉTODOS ANALÍTICOS.**

Los Métodos Analíticos de diseño estructural de firmes se basan en el **análisis del estado de tensiones y deformaciones producido por las solicitaciones que se consideren (cargas, temperaturas, etc.) con un posterior estudio de lo que significa dicho estado tenso-deformacional en la degradación de la estructura del firme**. Por tanto, un Método Analítico consta de dos componentes: **Un Modelo de Respuesta y Un Análisis de Fallo**.

Dentro de los Modelos de Respuesta se puede hacer la siguiente clasificación por familias: Mecánicos, de Regresión y Probabilísticos. En concreto, los **Modelos de Respuesta Mecánicos** son los más generalizados, existiendo a su vez dentro de esta familia, tres tipos según los principios de modelización geométrica y de cálculo: **"Sistemas Multicapas"**, **"Teoría de Placas"** y **"Elementos Finitos"**.

Por otro lado, según las **ecuaciones constitutivas de los materiales**, tendremos tanto los Modelos Elásticos como los Modelos Visco-Elásticos. Hasta la fecha, el mayor desarrollo para firmes **flexibles y semirrígidos**, lo alcanzan los **Modelos basados en los Sistemas Multicapa y Ecuaciones Elásticas (BURMISTER)**; recurriendo dichos métodos en lo que al análisis de fallo se refiere, a **las leyes de fatiga**.

En concreto, el Modelo de Respuesta Elástico Multicapa de Burmister se basa en una serie de **hipótesis** que consideran que el firme, y en su caso, las capas de asiento, están formados por capas horizontales, paralelas entre sí, de espesor constante, indefinidas en su plano, y apoyadas en un macizo semiinfinito homogéneo.

**B) MÉTODOS EMPÍRICOS.**

Los Métodos Empíricos se basan bien en la observación del comportamiento de firmes existentes o en parámetros que en cualquier caso no permiten realizar un cálculo analítico. En general necesitan

En primer lugar, comentaremos los criterios de proyecto que se fijan en la **norma 6.1 IC**. En ésta se establece que para las categorías de Tráfico T00 y T0 sólo pueden proyectarse pavimentos continuos de hormigón armado. Si se justificase su conveniencia por razones técnicas o económicas, para firmes de carreteras con categoría de tráfico pesado T1 podrá también emplearse pavimento continuo de hormigón armado.

Por otro lado, para firmes de carreteras con categoría de tráfico pesado T1 y T2 el pavimento será de hormigón en masa, con juntas provistas de pasadores. Para los firmes de carretera con categoría de tráfico pesado T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42) o eventualmente en arcenes, el pavimento será de hormigón en masa, con juntas sin pasadores.

En cuanto a los **criterios sobre la clase resistente del hormigón**, la **6.1 IC** señala que para firmes de carreteras con categorías de tráfico pesado T00 a T2 se utilizará hormigón tipo HP-4,5. Por otro lado, para las categorías T1 y T2 podrá emplearse el HP-4,0 mayorando en 2 cm los espesores dados por el Catálogo de secciones de firme. Finalmente, para las categorías de tráfico pesado T3 y T4, y en arcenes, se utilizará hormigón tipo HP-4,0, aunque también podrá utilizarse el HP-3,5 mayorando en 2 cm los espesores dados por el Catálogo de secciones de firme.

En relación a los **criterios sobre el refuerzo del hormigón**, la **norma 6.1 IC** fija que la cuantía geométrica del pavimento de hormigón armado continuo será del 0,7% para HP-4,5 y del 0,6% para el HP-4,0.

#### **B) CRITERIOS FIJADOS EN LA ICAFIR.**

En esta norma se consideran dos tipos de firmes rígidos: **“Pavimentos de hormigón vibrado con juntas de contracción, con o sin pasadores”** y **“Pavimentos continuos de hormigón armado”**.

Así, para la categoría de tráfico **T00** se utilizarán **exclusivamente pavimentos continuos de hormigón armado**. Por otro lado, para las categorías de tráfico **T0 a T1** se utilizarán **pavimentos continuos de hormigón armado o pavimentos de hormigón vibrado**. Finalmente, para las categorías **T2 a T4** se utilizarán **exclusivamente pavimentos de hormigón vibrado**.

En cuanto a los **Criterios sobre la capa de apoyo del hormigón**, destaca que la ICAFIR establece la obligatoriedad de ejecutar capas de apoyo no erosionables bajo las capas rígidas del firme en las categorías de tráfico pesado T2 y superiores. Estas capas pueden ser una MBC sobre una capa de suelo cemento, una capa de hormigón magro o una capa de gravacemento.

De los **criterios sobre la cuantía del armado en PCHA** destaca que la cuantía geométrica del pavimento de hormigón armado continuo será del 0,7% para HF-4,5 y del 0,6% para el HF-4,0 (idéntico criterio al exigido en la 6.1-IC).

En cuanto a las juntas, serán transversales o longitudinales. Las juntas transversales serán: **de contracción, de hormigonado o de dilatación**. Por otro lado, las juntas longitudinales serán: **de alabeo o de hormigonado**

Los pavimentos continuos de hormigón armado constituyen en cambio una extrapolación positiva de la técnica anterior, dado que llegan a suprimirse las juntas transversales, a costa de aumentar la cuantía de la armadura longitudinal de acero de alto límite elástico a valores superiores a 10 kg/m<sup>2</sup> (el mínimo de cuantía geométrica es del 0,7 % para hormigones tipo HF-4,5 y del 0,6 % para hormigones HF-4,0). Este pavimento, que se emplea bastante en el extranjero para tráficos pesados y con alguna aplicación en España.

**4. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN PRETENSADO.**

Gracias a la compresión que se introduce, se pueden construir losas de hasta 120 metros de longitud o incluso más y reducir el espesor del orden del 50 %. La experiencia en carreteras es poca, dada la complejidad de su aplicación, pero en cambio en aeropuertos esta técnica ha encontrado mayor aplicación.

**5. PAVIMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.**

En este apartado se incluyen otros tipos de pavimentos de hormigón entre los que pueden señalarse los adoquines e incluso las placas de hormigón armado prefabricadas.

**RESUMEN TEMA 53 ESPECÍFICO**  
**OBRAS PORTUARIAS EXTERIORES**

**1.- OBRAS PORTUARIAS EXTERIORES.**

Tradicionalmente las obras portuarias se han clasificado en dos grandes grupos, según su posición en relación al mar: Obras exteriores y Obras interiores.

Esta clasificación, como hemos dicho, alude claramente a la posición de las obras e relación con el mar. En este sentido, serían **obras exteriores** los diques de abrigo, los fondeaderos, los canales de acceso y los atraques e instalaciones no abrigadas, y serían obras interiores los muelles, pantalanes, gradas, varaderos, diques secos, etc. A continuación, se analizarán las obras exteriores:

1. **Canales de Acceso:** Cuando profundidad natural no permite el paso seguro de los buques es necesario construir mediante el correspondiente dragado un canal de acceso. Las principales características de estos canales de acceso son:

- **Trazado:** evitando las curvas de pequeño radio.
- **Anchura:** se recomienda una anchura de 5 mangas del mayor buque previsto si no se permiten cruces. Con cruces de 2 barcos se debe elevar a 8 mangas.
- **Profundidad:** Será como mínimo la suma del calado del mayor buque previsto, más los sobrecalados debidos al squat y al oleaje, más un resguardo de la quilla del dependiendo del fondo. Además, si en el canal se producen aterramientos debe añadirse un margen de dragado. En concreto, la AIPCN recomienda que la profundidad sea de 1,10 C en canales abrigados y de 1,20 C en canales totalmente desabrigados, siendo C el calado del mayor buque previsto a plena carga.

2. **Fondeaderos:** Son las zonas de agua, más o menos abrigadas, en las cuales los buques esperan a que el puesto de atraque en que van a operar quede libre. Además de las condiciones de abrigo, las características fundamentales de un fondeadero son su superficie y su profundidad o calado.

- **Superficie:** depende del número de barcos que se prevea estén fondeados simultáneamente, del tamaño de los barcos y de la forma de fondeo.
- **Profundidad:** debe ser tal que los buques puedan estar fondeados en condiciones de seguridad. Depende del calado del buque, de la agitación que pueda existir y de las características del fondo. Asimismo, deberá tener en cuenta los efectos de las posibles mareas.

**2.- DIQUES DE ABRIGO. CRITERIOS DE DISEÑO Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS.**

En relación a los **diques** hay que destacar en primer lugar su **diseño en planta**, pudiendo definirse como obras lineales en que su longitud es mucho mayor que el resto de sus dimensiones. Para disponer de un abrigo adecuado en general será necesario disponer de 2 diques: uno es el dique principal que

- ✓ Los diques rompeolas o en talud no requieren de un buen cimiento por las bajas cargas que transmiten, pero en contra los diques verticales, si que requieren una buena cimentación.
- ✓ Los diques rompeolas requieren un gran volumen de escolleras y no son atracables si no se les adosa un muelle, mientras que los verticales son atracables directamente y ocupan menos superficie.
- ✓ Los diques en talud presentan una rotura progresiva ya que son obras deformables con fallo gradual necesitando varias olas para su ruina mientras que los verticales son obras rígidas con fallo o rotura instantánea por la acción de una sola ola y difícil reparación.

Finalmente, en lo relativo a los **Métodos Constructivos**:

- **En un Dique Rompeolas** primero se debe hacer la correspondiente explotación de la cantera seguida de la carga y transporte mediante grandes **Dumpers** hasta la obra. La colocación del todo-uno normalmente se hace mediante vertido desde gánguiles y después desde camiones, o bien directamente todo vertido desde tierra. Las escolleras y bloques se colocan mediante el uso de grandes grúas tipo TITAN o Manitowoc. Finalmente, se procede a la construcción de la superestructura incluyendo al espaldón.
- **En un Dique Vertical** se comienza con la debida explotación de la cantera y transporte hasta la obra de los materiales. Seguidamente se enrasa la banqueta, aumentando así su asiento y nivelado. Asimismo, habrá que proceder a la fabricación de los Bloques o Cajones que componen el dique. Una vez contruidos se ponen a flote, se transportan hasta su posición final y se fondean con el llenado de agua de las celdas. Al final, se procede a la construcción de la superestructura incluyendo al espaldón.

### 3.- ATRAQUES E INSTALACIONES NO ABRIGADAS.

Las obras de abrigo son muy costosas, y por ello no siempre está justificado que todas las obras de atraque estén perfectamente abrigadas. Mediante el **régimen medio del oleaje** se puede conocer el número de días en los cuales la altura de ola significante supera un cierto valor en el año medio, y por tanto la posible operatividad de una instalación determinada.

No todas las estructuras pueden ubicarse en zonas no abrigadas. Las más apropiadas son las de tipo **pantalán** y las **plataformas**, estructuras ligeras que hincadas a tierra por pilotes, permiten el paso del agua a través, por lo que se comportan mejor ante la acción del oleaje.

También existen instalaciones específicas diseñadas para operar en zonas no abrigadas. Entre ellas destacan las **monoboyas** que se fondean en el mar en zonas de calado suficiente, del orden de 25-30 metros, para que los buques puedan amarrarse "a la gira" a la monoboja.

Cabría incluir en este apartado los denominados **Duques de Alba**, que son elementos aislados destinados a la función de atraque y amarre de los barcos. Se disponen en general, de forma adjunta a pantalanos o terminales exentas, en número variable. Pueden ser flexibles (para embarcaciones pequeñas) o rígidos (para embarcaciones mayores).

**5.- DETERMINACIÓN DE LA OLA DE CÁLCULO: ANÁLISIS DE RIESGO Y ANÁLISIS DETERMINISTA.**

La ola de cálculo se puede determinar no solo mediante estudios económicos, sino también mediante otros dos procedimientos: el análisis de riesgo, que es también de tipo probabilístico o bien por métodos deterministas.

**5.1.- Análisis de Riesgo.**

La determinación de la ola de cálculo para el diseño y cálculo de las obras marítimas se basa en primer lugar en determinar el **carácter de la obra**, según la metodología de la ROM 0.2 y la más reciente ROM 0.0, de forma que, estableciendo un grado admisible de fallo se determina el período de recurrencia de las acciones del oleaje.

Con este período de recurrencia, se analiza el clima marítimo, el oleaje en profundidades indefinidas, la propagación direccional del oleaje y, por último, la determinación de la altura de ola significativa a pie del dique de abrigo.

Se define **período de retorno** de una variable aleatoria como intervalo medio de tiempo en que el valor extremo de la misma se supera una sola vez. Por otro lado, se denomina **riesgo** a la probabilidad de que la estructura falle al menos una vez durante su vida previsible. Si P es la probabilidad de que la altura de ola no exceda de al que produce el fallo de la estructura, la probabilidad de que no exceda durante la vida previsible L será  $P^L$ . Luego la probabilidad de que al menos falle una vez durante la vida previsible será:  $R = 1 - P^L$ . Como el periodo de retorno de esa altura de ola es  $T = 1 / (1 - P)$ , entonces,  $R = 1 - (1 - 1 / T)^L$

Aceptado un **riesgo** admisible R, y conocida la **vida previsible** de la obra obtenemos el **período de retorno** T, y entrando en el **régimen de temporales** de obtiene la **altura de ola significativa** y de ella la **altura de ola de cálculo**.

El nivel de riesgo asumido y la vida útil de la estructura que fijan el período de retorno asociado a la solicitud se efectúa bajo consideraciones sociales, políticas y medioambientales de acuerdo con los estándares vigentes, generalmente elaborados en base a la experiencia y por tanto con un peso subjetivo elevado.

Para evitar o disminuir tales limitaciones es esencial evaluar la fiabilidad de las estructuras marítimas usando métodos probabilísticos en los que los parámetros de diseño sean modelados como variables aleatorias.

En definitiva, se busca que las características finales del diseño sean elegidas de forma que la relación beneficio / coste sea óptima, es decir, que con el mínimo coste el nivel de funcionamiento de la estructura durante su vida útil sea máximo (beneficio), aceptándose una probabilidad de fallo determinada (nivel de riesgo).

Veamos con mayor detalle las 2 metodologías que se vienen utilizando: **la clásica de la ROM 0.2/90 basada en teoría de riesgo**, y la reciente publicación de la **ROM 0.0 (2002)**, Ministerio de Fomento (actualmente MITMA), Ente Público Puertos del Estado donde sobre las Bases de Partida es



interior del puerto o del efecto de la obra sobre las playas adyacentes. Asimismo, los modelos reducidos permiten analizar el comportamiento resistente de la obra ante la acción del oleaje.

En el primer caso se realizan en tanque, con una gran superficie para reproducir a la escala conveniente el conjunto de la obra y la zona abrigada. Como orden de magnitud, una escala habitual en este tipo de ensayos es de 1 / 150. En el tanque, el oleaje se genera con una paleta que puede reproducir el oleaje real definido por su espectro. Desde la paleta generadora el oleaje es conducido entre 2 pantallas encauzadoras, colocadas perpendicularmente a los frentes de ola, para mantener la dirección original de propagación y evitar las pérdidas por expansión lateral.

En el modelo se instalan una serie de puntos de control de las alturas de ola, distribuidos con separaciones entre 1 y 2 metros. Uniéndose los puntos de igual coeficiente de agitación se obtienen finalmente las curvas de isoagitación.

En el segundo caso los ensayos pueden realizarse en tanque o en canal, siendo las escalas geométricas variables entre 1/30 y 1/60. En los diques verticales se estudia el diagrama real de presiones y los posibles rebases. En los diques de escollera se analizan las averías que se producen con cada altura de ola y los rebases.

Además de los modelos reducidos físicos, se emplean también los **modelos matemáticos** que permiten realizar estudios de agitación en escaso tiempo, lo que facilita el tanteo de numerosas soluciones alternativas.