

# PRÓLOGO

En Abril de 1990 el entonces Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo a través de la Dirección General de Puertos y Costas, publicó la primera Recomendación de Obras Marítimas, ROM 0.2-90, "Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias", iniciando con ella un fructífero programa de desarrollo tecnológico que se ha materializado en un conjunto ordenado de criterios técnicos que, sin tener carácter vinculante o normativo, orienta a los proyectistas de obras marítimas en el camino hacia los objetivos de fiabilidad, funcionalidad y calidad de las obras.

Desde aquella fecha y con la aplicación de las diferentes Recomendaciones, los documentos ROM han adquirido un reconocido prestigio nacional e internacional como una excelente herramienta técnica y científica. Con independencia de su aplicación por parte de las Autoridades Portuarias, otros organismos portuarios de los Gobiernos Autónomos y empresas de proyecto y construcción, los documentos ROM son utilizados en la Universidad española y con frecuencia se adoptan en Europa e Iberoamérica, como documentos base para la definición de los criterios técnicos de las obras e infraestructuras marítimas.

El paso del tiempo, la experiencia adquirida en su aplicación y la evolución del conocimiento han requerido una revisión del Programa Rom. Nada más lógico que comenzar por el primer documento publicado, la ROM 0.2-90, que en su andadura ha sido el fundamento de los vigentes procedimientos de cálculo. El documento que tiene en sus manos, denominado ROM 0.0, es una revisión de los capítulos referentes a los criterios generales y las bases de cálculo incluidos en aquel documento; en él se concretan y se precisan diversos conceptos presentados en aquella, y se amplía el marco de la verificación de los modos de fallo mediante la incorporación de los métodos probabilistas de Nivel II y III. A esta publicación seguirán en un futuro inmediato otras Recomendaciones; en el capítulo I se presenta una relación de las mismas.

Corresponde ahora a los técnicos utilizar estas Recomendaciones con prudencia y espíritu crítico y les animamos a remitir sus sugerencias, dudas y críticas para que, con la opinión de todos y tras un periodo de maduración técnica y de aplicación reflexiva, los documentos ROM adquieran el fundamento necesario para convertirse en Normas Técnicas.

Deseo expresar mi agradecimiento a todos los que, de una manera u otra, han convertido en realidad la ROM 0.0 puesto que conozco, por experiencia propia, lo difícil que es concretar una publicación de esta naturaleza. En la década transcurrida desde la publicación de la ROM 0.2-90 hasta nuestros días, los documentos ROM fueron una de mis responsabilidades administrativas, primero como ponente y Secretario de Comisión y después como Presidente de Comisión y responsable del Departamento de Tecnología y Normativa. Cada una de las Recomendaciones publicadas forman parte de mi pequeña historia y siento por ellas ese orgullo personal por las cosas bien hechas.

Es una satisfacción poder prologar este primer documento del renovado Programa ROM con el conocimiento de que esta revisión es un paso necesario para aumentar su prestigio e influencia en el mundo de la ingeniería nacional e internacional. Si en mi anterior ámbito de responsabilidad fui un impulsor decidido del Programa ROM, ahora como Presidente de Puertos del Estado estoy sin duda comprometido en su consolidación y desarrollo futuro como instrumento de primer orden para el desarrollo tecnológico de la ingeniería marítima y portuaria española.

Madrid, diciembre de 2001

José Llorca Ortega  
Presidente de Puertos del Estado

<b>1 PRESENTACIÓN .....</b>	<b>15</b>
1.1 El Programa ROM.....	17
1.1.1 Organización en Series del Programa ROM <sup>1</sup> .....	17
1.1.2 Redacción de la ROM 0.0 .....	19
1.2 Objetivo y Ámbito de Aplicación .....	20
1.3 Justificación y Contenidos .....	20
1.4 Summary .....	23
1.4.1 Aim and Scope of Application.....	23
1.4.2 Justification and Contents.....	23
1.4.3 Chapter’s Contents.....	24
<b>2 CRITERIOS GENERALES EN EL PROYECTO .....</b>	<b>27</b>
2.1 Introducción.....	29
2.2 Definiciones.....	30
2.3 Objetivos,Requisitos y Criterios de Proyecto.....	36
2.4 Espacio y Tiempo.....	36
2.5 Temporalidad y Vida.....	40
2.6 Condicionantes y Bases de Cálculo .....	42
2.7 Caracteres General y Operativo.....	42
2.8 Procedimiento de Verificación .....	47
2.9 Seguridad,Servicio y Explotación.....	49
2.10 Valores Recomendados.....	55
2.11 Anejo:Cálculo de los Índices de Repercusión.....	60
<b>3 CONDICIONANTES DE PROYECTO .....</b>	<b>67</b>
3.1 Introducción.....	69
3.2 La Incertidumbre en el Proyecto.....	70
3.3 Variabilidad Espacial y Temporal .....	72
3.4 Factores de Proyecto.....	73
3.5 Parámetros de Proyecto .....	74
3.6 Agentes y Acciones.....	77
3.7 Clasificación Temporal.....	82
3.8 Valores de un Factor de Proyecto .....	84
3.9 Clases Estadísticas de Valores.....	87
3.10 Estudio de los Factores.....	89
3.11 Anejo: Algunos Valores de Factores de Proyecto .....	90
<b>4 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN.....</b>	<b>97</b>
4.1 Introducción.....	99
4.2 Metodo de los Estados Límite .....	100
4.3 Modos de fallo y de parada.....	109
4.4 Formas de la Ecuación de Verificación.....	110
4.5 Condiciones de Trabajo.....	112
4.6 Condiciones de Trabajo y Estados Límite.....	115
4.7 Ordenación de Factores y Términos.....	117
4.8 Compatibilidad de Valores .....	120
4.9 Combinación de Factores y Términos .....	121
4.10 Métodos de Verificación y Cálculo.....	125
4.11 Probabilidad y Fase de Proyecto.....	128

(1) Los títulos, el orden y la secuencia de algunas Recomendaciones y Series podrán cambiar durante su desarrollo

<b>5 MÉTODOS DE NIVEL I .....</b>	<b>131</b>
5.1 Introducción.....	133
5.2 Coeficiente de Seguridad Global.....	134
5.3 Método de los Coeficientes Parciales.....	141
5.4 Anejo:Otros Métodos de Nivel I .....	161
<b>6 MÉTODOS DE NIVEL II Y III .....</b>	<b>163</b>
6.1 Introducción.....	165
6.2 Formulación General del Problema.....	165
6.3 Métodos de Nivel II .....	167
6.4 Métodos de Nivel III .....	172
6.5 Relación entre los Métodos de Nivel I y II y III .....	178
6.6 Anejo:Cálculo del Rebase por Nivel II .....	179
6.7 Anejo:La Verificación en los Eurocódigos y en la EHE.....	185
<b>7 PROBABILIDAD DE FALLO Y PARADA OPERATIVA .....</b>	<b>189</b>
7.1 Introducción.....	191
7.2 Conceptos Previos .....	192
7.3 Probabilidad frente a un Modo en $T_L$ .....	197
7.4 Diagramas de Modos.....	201
7.5 Probabilidad Conjunta de Fallo .....	203
7.6 Operatividad .....	208
7.7 Tramos con $IRE \geq 20$ e $ISA < 20$ .....	209
7.8 Optimización Económica del Tramo.....	210
7.9 Conservación de Obras e Instalaciones .....	213
7.10 Observación de las Obras e Instalaciones .....	213
7.11 Fallo de Obras Existentes .....	214
7.12 Anejo: Cálculo de la Probabilidad Conjunta .....	215

<b>Capítulo 1</b>	1.1 Organización y capítulos de la ROM 0.0 .....	21
<b>Capítulo 2</b>	2.1 Organización y contenidos del capítulo 2 .....	30
	2.2 Intervalos de tiempo y descripción estadística .....	37
	2.3 Caracteres general y operativo del tramo de obra .....	43
	2.4 Requisitos de proyecto:seguridad,servicio y uso y explotación .....	49
	2.5 Secuencia de cálculo de la probabilidad conjunta de fallo y de parada .....	53
	2.6 Valores recomendados en función de los caracteres general y operativo del tramo de la obra .....	55
<b>Capítulo 3</b>	3.1 Organización y contenidos del capítulo 3 .....	70
	3.2 Fuentes de incertidumbre en el proyecto .....	71
	3.3 Factores de proyecto:clasificación por su origen y función y clasificación temporal.....	77
	3.4 Clasificación de los agentes y sus acciones por su origen y función .....	81
	3.5 Valores de un factor de proyecto .....	84
	3.6 Clases estadísticas de valores .....	87
<b>Capítulo 4</b>	4.1 Ordenación y contenidos del capítulo 4 .....	100
	4.2 Estados límite últimos,de servicio y operativos .....	101
	4.3 Modos de fallo y parada y formas de verificación .....	110
	4.4 Condiciones de trabajo .....	113
	4.5 Ordenación de factores y términos .....	118
	4.6 Combinación de factores y términos .....	123
	4.7 Métodos de verificación en el programa ROM .....	128
	4.8 Dominios de seguridad y fallo .....	129
<b>Capítulo 5</b>	5.1 Ordenación y contenidos del capítulo 5 .....	133
	5.2 Secuencia de aplicación del método del coeficiente global .....	134
	5.3 Secuencia de aplicación del método de los coeficientes parciales .....	141
	5.4 Ordenación de factores y términos en el método de los coeficientes parciales.....	143
	5.5 Secuencia para calcular el coeficiente de ponderación básico .....	149
	5.6 Secuencia para el cálculo del coeficiente de compatibilidad .....	153
<b>Capítulo 6</b>	6.1 Organización y contenidos del capítulo 6 .....	165
	6.2 Métodos de verificación de Nivel II y III .....	166
	6.3 Secuencia para la aplicación de un método de Nivel II.....	167
	6.4 Secuencia para la aplicación de un método de Nivel III.....	172
	6.5 Definición de las variables .....	180
	6.6 Evolución de la variables en el proceso iterativo.....	185
<b>Capítulo 7</b>	7.1 Ordenación y contenidos del capítulo 7.....	192
	7.2 Evolución temporal del término desfavorable.....	192
	7.3 Evolución temporal del término favorable. ....	193
	7.4 Picos del término desfavorable seleccionados uno por cada uno de los intervalos de tiempo regulares .....	194
	7.5 Picos del agente seleccionados en el intervalo de tiempo.....	195
	7.6 Número aleatorio de picos del agente en el intervalo de tiempo .....	196
	7.7 Diagrama de modos de fallo y parada.....	201
	7.8 Cálculo de la probabilidad conjunta en la vida útil.....	203

<b>Capítulo 2</b>	2.1 Vida útil mínima en la fase de proyecto servicio .....	56
	2.2 Máxima probabilidad conjunta en la fase de servicio para los E.L.U.....	57
	2.3 Máxima probabilidad conjunta en la fase de servicio para los E.L.S.....	57
	2.4 Operatividad mínima en la fase de servicio .....	59
	2.5 Número medio de paradas operativas en el intervalo de tiempo .....	59
	2.6 Duración máxima probable de la parada de un modo de parada operativa (horas) .....	59
<b>Capítulo 3</b>	3.1 Clasificación temporal de los factores de proyecto .....	83
<b>Capítulo 4</b>	4.1 Condiciones de trabajo y de verificación .....	113
	4.2 Condiciones de trabajo y estados límite .....	115
	4.3 Condiciones de trabajo y estados límite últimos .....	116
	4.4 Condiciones de trabajo y estados límite de servicio.....	116
	4.5 Condiciones de trabajo y estados límite operativos.....	117
	4.6 Método de verificación recomendado en función del carácter del tramo de obra.....	127
<b>Capítulo 5</b>	5.1 Coeficiente de ponderación básico.Todos los términos excepto deformación y terreno .....	149
	5.2 Coeficiente de ponderación básico.Términos asociados a factores de deformación.....	150
	5.3 Coeficiente de ponderación básico.Términos asociados a factores del terreno.....	150
	5.4 Coeficiente de compatibilidad básico por actuación del término .....	153
	5.5 Coeficiente de compatibilidad básico por el origen del término .....	154
	5.6 Coeficiente reductor básico:propiedades de los materiales .....	156
	5.7 Coeficiente reductor básico:propiedades del terreno .....	156
	5.8 Modificación del coeficiente reductor básico por el control de la ejecución .....	157
	5.9 Tabla de Coeficientes de Compatibilidad,CEB (1976) .....	162
	5.10 Tabla de Coeficientes de Compatibilidad 2,CEB (1976) .....	162
<b>Capítulo 6</b>	6.1 Resultados de la aplicación del método de Nivel II: índice de fiabilidad y probabilidad de fallo.....	184
	6.2 Resultados de la aplicación del método de Nivel II: índices de sensibilidad .....	185

**A**

Acción, 31, 77  
 Agente, 30, 77  
 Agen.asoc. al método construcción, 81  
 Agente asociado al material, 80  
 Agente biogeoquímico, 80  
 Agente climático, 79  
 Agente de uso y explotación, 80  
 Agente gravitatorio, 78  
 Agente hidráulico, 79  
 Agente medio físico, 79  
 Agente predominante, 30  
 Agente sísmico, 80  
 Agente térmico, 93  
 Agente del terreno, 80  
 Agotamiento resistente, 102  
 Alteración geométrica acumulativa, 106  
 Alternativa de Proyecto, 32, 36

**C**

Carácter general, 42, 43  
 Carácter operativo, 42, 45  
 Ciclo de solicitud, 38  
 Ciclo de variabilidad, 38  
 Clases estadísticas de valores, 87  
 Clasificación de los parámetros, 74  
 Clasificación por el origen y la función, 78  
 Clasificación temporal, 82  
 Coef. de compatibilidad básico, 154  
 Coef. de ponderación básico, 149  
 Coeficiente de compatibilidad, 151, 152  
 Coeficiente de ponderación, 148, 149  
 Coeficiente de seguridad, 111, 134, 135  
 Coeficiente de seguridad global, 54, 134, 135  
 Coeficiente parcial, 141  
 Coeficiente reductor, 151, 156, 157  
 Coeficiente reductor básico, 156  
 Colapso progresivo, 102, 104  
 Combinación cuasi permanente, 123  
 Combinación de factores, 121  
 Combinación frecuente, 123  
 Combinación fundamental, 122  
 Combinación habitual, 123  
 Combinación poco probable, 122  
 Compatibilidad de términos, 151  
 Compatibilidad de valores, 120  
 Condiciones excepcionales, 114

Cond. excep. fortuitas, 114  
 Cond. excep. previstas, 115  
 Cond. oper. post-excepcionales, 114  
 Cond. oper. post-extremas,  
 Cond. operativas normales, 113  
 Condición de comprobación, 134, 142  
 Condicionante de Proyecto, 42, 69  
 Condiciones de trabajo, 48, 112  
 Condiciones extremas, 114  
 Conservación, 213  
 Conservación y optimización, 213  
 Convergencia en la simulación, 177  
 Correlación débil, 169  
 Correlación entre factores, 169, 174  
 Correlación espacial, 72  
 Correlación fuerte, 169  
 Correlación temporal, 72  
 Coste de adimensionalización, 44, 61  
 Coste de inversión, 44, 61  
 Coste de repercusión, 44, 61  
 Coste total óptimo, 210, 213  
 Cota superior de la probabilidad, 206, 207, 208  
 Criterio de fallo, 127  
 Criterios de proyecto, 29, 36

**D**

Declaración factor de proyecto, 73  
 Deformación, 103  
 Deformación excesiva, 107  
 Desviación admisible, 91  
 Determinismo y aleatoriedad, 73  
 Diagrama compuesto, 202  
 Diagrama de modos, 54, 201  
 Diagrama en paralelo, 202  
 Diagrama en serie, 202  
 Dominios de seguridad y fallo, 54, 129  
 Durabilidad, 104, 105  
 Duración de la fase de proyecto, 41  
 Duración de una parada, 53, 59

**E**

Ecuación de verificación, 110  
 Efecto ambiental y social, 107  
 Equilibrio estático, 102  
 Equivalencia de clases, 120, 121  
 Esquema de cálculo, 171, 174  
 Esquema de cálculo en el Nivel II, 171  
 Estado, 32, 138  
 Estado de proyecto, 32

Estado límite, 33, 100

Estado límite último, 101

Estado límite de servicio, 104

Estado límite operativo, 107

Estrategia de conservación, 213

Estudio de los factores, 189

## F

F. de distribución de Poisson, 195, 196

Factor condicionante, 136, 143

Factor de proy. extraordinario, 82

Factor de proy. insólito, 83

Factor de proy. no permanente, 82

Factor de proy. permanente, 82

Factor de proy. simultáneo, 119

Factor de Proyecto, 31, 73, 117

Factor predominante, 31, 136

Factor relevante, 136, 142

Factores o términos correlacionados, 202

Fase de conservación y reparación, 40

Fase de construcción, 39

Fase de desmantelamiento, 40

Fase de proyecto, 39

Fase de servicio, 40

Fatiga, 102, 103

Fiabilidad, 35, 50

Fisuración, 106

Fuentes de incertidumbre, 70

Función de supervivencia, 215

Función objetivo, 215

Función peligro, 215

Funcionalidad, 35, 51

## G

Generación de variables continuas, 176

Generación de variables discretas, 176

Generación números aleatorios, 176

## H

Hiperciclo de variabilidad, 39

## I

Índice de repercusión, 44, 45

Índice de sensibilidad, 170, 185

Imperativo legal, 108, 109

Inestabilidad, 102, 103

Inferencia estadística, 84

Inspección y auscultación, 214

Integración numérica, 175

Intervalo de confianza, 92, 93, 94

Intervalo de corta duración, 37

Intervalo de larga duración, 37, 38

Intervalo de tiempo, 37, 192, 193

IRE, 44, 60

IREO, 46, 64

ISA, 45, 62

ISAO, 46, 65

## J

Jerarquía de métodos, 128

## M

Máxima probabilidad conjunta, 50, 51, 57

Método de los coef. parciales, 125, 141

Método de Nivel I, 125, 133

Método de Nivel II, 125, 165, 167

Método de Nivel III, 125, 165, 172

Método de verificación, 125

Método del coef. de seguridad, 133, 134

Margen de seguridad, 48, 111, 142

Modo de fallo, 109

Modo de parada operativa, 109

Modo principal, 33, 203

Modos correlacionados, 202

Modos mutuamente excluyentes, 204, 205, 216

Monte Carlo, 175

## N

Número aleatorio de picos, 195

Número de muestras en la simulación, 177

Número de picos, 194

Número medio de paradas, 53, 59

## O

Objetivo de proyecto, 36

Obra definitiva, 41

Obra provisional, 40

Operatividad, 52

Operatividad mínima, 59

Optimización económica, 210

Optimización socio-económica, 210

Ordenación de factores, 117, 143

**P**

Parámetro de proyecto, 74, 90  
Parámetro del material, 76, 93  
Parámetro del terreno, 75, 91  
Parámetro geométrico, 74, 90  
Parámetros del aire y agua, 76, 92  
Periodo de retorno, 199, 209  
Pico máximo, 192  
Plan de conservación, 213  
Probabilidad conjunta de fallo, 35, 203  
Probabilidad de fallo, 50, 51  
Probabilidad de parada, 52  
Probabilidad de un modo, 197  
Proyecto, 30

**R**

Relación entre métodos, 178  
Reparación, 40  
Resultados del método de Nivel II, 170, 179  
Resultados de la aplicación del Nivel III, 175  
Revisión de la probabilidad de fallo, 214, 215

**S**

Secuencia de calibración de métodos, 178  
Secuencia de cálculo en el Nivel III, 174  
Secuencia de cálculo, Nivel II, 170  
Seguridad, 34, 50  
Servicio, 34, 51

**T**

Término, 110, 117  
Término desfavorable, 111, 138, 146  
Término favorable, 131, 229  
Tipo de combinación, 122, 124  
Tramo de obra, 31, 36

**U**

Unidad de intervalo de tiempo, 32, 194, 195  
Uso y explotación, 34, 52

**V**

Valor característico, 85  
Valor de cálculo, 86  
Valor de comprobación, 86  
Valor de los factores en el Nivel II, 168  
Valor de los factores en el Nivel III, 173  
Valor de la acción, 96  
Valor de la clase centrada, 88  
Valor de la cola inferior, 88

Valor de la cola superior, 88  
Valor del agente, 95  
Valor nominal, 85  
Valor representativo, 85  
Valor umbral, 108, 199, 200, 201  
Valor de los parámetros de los materiales, 76, 93  
Valor de los parámetros del aire y agua, 76, 92  
Valor de los parámetros del terreno, 75, 91  
Valor geométrico, 74, 90, 91  
Valores máximo y mínimo, 86  
Variabilidad espacial, 72  
Variabilidad temporal, 72  
Vibración excesiva, 104, 106  
Vida útil, 35  
Vida útil mínima, 56  
Vida fiable, 35, 215