

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

**APROXIMACION AL METODO DE  
EVALUACION DEL RIESGO DE  
INCENDIO ESTRUCTURAL Y  
GLOBAL DE LOS BUQUES**

Autor: Ricard Mari Sagarra

Director: José M<sup>a</sup> Fornons

Barcelona, febrero 1991

**T I T U L O**

**APROXIMACION AL METODO DE EVALUACION**

**DEL RIESGO DE INCENDIO ESTRUCTURAL Y**

**GLOBAL DE LOS BUQUES**

---

**BARCELONA, FEBRERO 1991**

## AGRADECIMIENTOS

Expresar públicamente mi gratitud a todas aquellas personas, que tanto desde el entorno familiar y de amistades como del profesional y académico, contribuyeron en tan larga travesía a llevar esta Tesis Doctoral a buen puerto.

En especial debo mencionar:

Al Dr. D. José María Fornons, porque desde un principio demostró plena confianza en el proyecto asumiendo la dirección de la tesis y por el constante asesoramiento realizado hasta su conclusión.

Al Dr. D. Antonio Vila, Decano de la Facultad de Náutica, por el apoyo permanente y las orientaciones que facilitaron las vías de colaboración con otros Departamentos de la U.P.C.

Al Dr. D. Alejandro Rodríguez por el norte que significó el seguimiento de las líneas maestras de su tesis doctoral y sus consejos en el proceder de la presente.

A los profesores Monique Becue y Ramon Nonell, ambos del Departamento de Estadística Operativa de la Facultad de Informática de Barcelona, por la excelente y profesional colaboración que me brindaron en el tratamiento de los datos estadísticos.

A los responsables de las empresas públicas y privadas, que en el ámbito profesional, facilitaron más allá de sus posibilidades, los conocimientos precisos para cubrir las necesidades de buena parte del trabajo.

A todos ellos, mis reconocimientos y respeto.

## INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS . . . . .	i-xiv
P R E L I M I N A R E S . . . . .	1
1       INTRODUCCION . . . . .	2
1.1     Justificación profesional. . . . .	3
1.2     Justificación académica . . . . .	6
2       PROCEDIMIENTO DE TRABAJO . . . . .	7
PRIMERA PARTE . . . . .	10
3       ANALISIS DEL PELIGRO DE INCENDIO . . . . .	11
4       APLICACIONES SEGUN NORMATIVA VIGENTE . . . . .	15
4.1     Otras normativas . . . . .	19
4.2     Consideraciones resumen . . . . .	21
5       CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DEL ESTADO DEL BUQUE PREVIO AL SINIESTRO . . . . .	22
5.1     Lista de comprobación . . . . .	24
6       INFLUENCIA DEL NUMERO DE TRIPULANTES . . . . .	26
6.1     Legislación marítima sobre tripulaciones mínimas . . . . .	28
6.2     Cuadro indicador de tripulaciones mínimas . . . . .	29
6.2.1   Personal Titulado de Puente . . . . .	30
6.2.2   Personal Titulado de Máquinas . . . . .	30
6.2.3   Personal de servicios radioeléctricos y radiotelefónicos . . . . .	31
6.2.4   Maestranza y Subalternos de Cubierta . . . . .	32
6.2.5   Maestranza y Subalternos de Máquinas . . . . .	32
6.2.6   Maestranza y Subalternos de Fonda . . . . .	33

6.2.7	Casos especiales . . . . .	33
6.3	Realidad de las tripulaciones actuales en buques nacionales . . . . .	35
6.4	Exigencias de formación a tripulaciones mínimas . . . . .	37
6.5	Normativa de formación especializada . . . . .	39
6.6	Nivel formativo actual de las tripulaciones . . . . .	41
6.7	Estado comparativo de las tripulaciones entre otros pabellones marítimos . . . . .	45
6.8	Conclusiones . . . . .	46
7	ESTADISTICA . . . . .	48
7.1	Sociedades de Clasificación . . . . .	49
7.2	Compañías Aseguradoras . . . . .	51
7.3	Administración Marítima . . . . .	53
7.4	Informe de siniestros . . . . .	56
7.4.1	Informes procedentes de tres fuentes distintas . . . . .	60
7.4.1.1	Casos de incendio obtenido del Lloyd's Register of Shipping . . . . .	60
7.4.1.2	Casos de incendio obtenidos del Det Norske Veritas . . . . .	61
7.4.1.3	Casos de incendio obtenidos del Germanischer Lloyd's . . . . .	62
7.5	Consideraciones y análisis de las fuentes estadísticas . . . . .	66
7.5.1	Procedencia y datos proporcionados por la Documentación disponible . . . . .	66
7.6	Fuentes de apoyo estadísticas utilizadas indistintamente . . . . .	66
7.6.1	Del Statistical Tables 1989 (LLOYD'S REGISTER) AL 010789 . . . . .	66
7.6.2	Del WORLD SHIPPING STATISTICS 1990 (FAIRPLAY) . . . . .	67

7.6.3	Del WORLD SHIPPING DIRECTORY 1990-1991 (FAIRPLAY) . . . . .	67
7.7	Datos procedentes del Det Norske Veritas Classification A/S . . . . .	68
7.7.1	DATOS . . . . .	68
7.7.1.1	Consideración de los totales . . . . .	69
7.7.1.2	Por la gravedad . . . . .	70
7.7.1.3	Por las causas . . . . .	71
7.7.1.4	Por tipo de buques . . . . .	72
7.7.1.5	Consideración horaria del suceso . . . . .	73
7.7.1.6	Situación del buque . . . . .	74
7.7.2	Información del LLOYD'S SHIPPING INFORMATION SERVICES (Período 1979-1983). . . . .	76
7.7.2.1	Datos de la flota mundial, período 1979-1983. . . . .	77
7.7.2.2	Localización de los daños. . . . .	79
7.7.2.3	Daños relacionados o producidos a causa del incendio. . . . .	81
7.7.2.4	Consideración de la casuística en relación al pabellón. . . . .	82
7.7.2.5	Por tipo de buques . . . . .	83
7.7.2.5.1	Convencionales . . . . .	84
7.7.2.5.2	Bulk Carriers . . . . .	85
7.7.3	Información procedente del COAST GUARD NORTEAMERICANO . . . . .	86
7.7.3.1	Causas de los incendios. . . . .	87
7.7.3.1.1	Causa factor humano . . . . .	87
7.7.3.1.2	Causa debidas al entorno. . . . .	88
7.7.3.1.3	Causa del material . . . . .	89
7.7.3.2	Hora del día del suceso. . . . .	90

7.7.4	Datos procedentes de las primas de seguro .	91
7.7.5	Información procedente del COMITE DE SEGURIDAD MARITIMA . . . . .	94
7.7.6	Información procedente de la DIRECCION GENERAL DE LA MARINA MERCANTE . . . . .	96
7.7.7	Del listado adquirido al LLOYD'S (LLOYD'S INFORMATION SERVICES) período 1985-1989 . . .	98
7.7.8	Criterios para la clasificación de los daños . . . . .	101
7.7.9	Tratamiento de los datos . . . . .	104
8	PROCEDIMIENTO DE ANALISIS CON EL PROGRAMA SPAD.N . . . . .	106
8.1	Primer análisis . . . . .	107
8.1.1	Análisis de correspondencia. . . . .	107
8.1.1.1	Análisis del eje 1 con el eje 2 . . . . .	109
8.1.1.2	Análisis del eje 2 con el eje 3 . . . . .	111
8.1.1.3	Análisis del eje 3 con el eje 4 . . . . .	113
8.1.2	Análisis de clasificación . . . . .	115
8.2	Segundo análisis . . . . .	118
8.2.1	Segundo análisis de clasificación . . . . .	119
8.3	Resumen de las consideraciones . . . . .	120
8.4	Procedimiento de análisis con el programa SPSS . . . . .	121
<b>SEGUNDA PARTE . . . . .</b>		<b>124</b>
9	ANALISIS COMPARADO DE LOS PARAMETROS HABITUALES EN LOS METODOS DE EVALUACION Y SU PREPARACION AL METODO PROPUESTO . . . . .	125
9.1	Presentación de los métodos evaluativos de base . . . . .	125
9.2	Procedimiento de análisis para los parámetros de este capítulo . . . . .	127
9.3	Métodos utilizados . . . . .	129

9.4	Tratamiento comparativo de los parámetros	133
9.4.1	Parámetros agrupados por métodos . . . . .	133
9.5	Carga térmica . . . . .	135
9.5.1	Del método E.E. Smith . . . . .	135
9.5.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	137
9.5.2	Del método G.A. Herpol . . . . .	139
9.5.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	141
9.5.3	Método de los factores ALFA ( $\alpha$ ) . . . . .	142
9.5.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	142
9.5.4	Del método G. Purt . . . . .	144
9.5.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	146
9.5.5	Del método M. Gretener . . . . .	147
9.5.5.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	148
9.5.6	Del método E.R.I.C. . . . .	149
9.5.6.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	150
9.5.7	Métodos según Convenios SEVIMAR . . . . .	151
9.5.7.1	Método según el SEVIMAR/83 . . . . .	151
9.5.7.2	Método según el SEVIMAR 74/78 . . . . .	154
9.5.7.3	Método según el SEVIMAR/60 . . . . .	155
9.5.8	Resumen al parámetro de la carga térmica	157
9.6	Resistencia al fuego . . . . .	161
9.6.1	Del método de G.A. Herpol . . . . .	161
9.6.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	162



9.6.2	Método de los factores alfa ( $\alpha$ ) . . . . .	163
9.6.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	163
9.6.3	Método de los factores K . . . . .	165
9.6.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	166
9.6.4	Método de G. Purt . . . . .	167
9.6.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	167
9.6.5	Método de M. Gretener . . . . .	168
9.6.6	Método E.R.I.C. . . . .	168
9.6.6.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	168
9.6.7	Métodos según SEVIMAR/83 y SEVIMAR 74/78	169
9.6.8	Métodos utilizados por el SEVIMAR/60 . .	170
9.6.8.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	170
9.6.9	Resumen al parámetro de la resistencia .	171
9.7	Combustibilidad . . . . .	173
9.7.1	Del método E.E. Smith . . . . .	173
9.7.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	173
9.7.2	Del método de G. A. Herpol . . . . .	174
9.7.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	174
9.7.3	Del método de los factores ALFA ( $\alpha$ ) . . .	175
9.7.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	175
9.7.4	Del método de G. Purt . . . . .	176
9.7.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	177

9.7.5	Métodos E.R.I.C. y M. Gretener . . . . .	177
9.7.5.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	179
9.7.6	Método utilizado a bordo según Convenios SEVIMAR . . . . .	180
9.7.6.1	Del SEVIMAR/83 . . . . .	180
9.7.6.2	Del SEVIMAR 74/78 . . . . .	180
9.7.6.3	Del SEVIMAR/60 . . . . .	180
9.7.6.4	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	181
9.7.7	Resumen general al parámetro de la combustibilidad . . . . .	182
9.8	Generación de humos, gases tóxicos y corrosividad . . . . .	184
9.8.1	Del método de E.E. Smith . . . . .	185
9.8.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	186
9.8.2	Del método de G. A. Herpol . . . . .	186
9.8.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	187
9.8.3	Del método de G. Purt . . . . .	187
9.8.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	188
9.8.4	Del método E.R.I.C. . . . .	189
9.8.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	190
9.8.5	Del método de M. Gretener . . . . .	190
9.8.5.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	191
9.8.6	Métodos según Convenios SEVIMAR . . . . .	191
9.8.6.1	Referencias en el SEVIMAR/83. . . . .	191
9.8.6.2	Referencias en el SEVIMAR 74/78. . . . .	192

9.8.6.3	Referencias en el SEVIMAR/60. . . . .	193
9.8.6.4	Exigencias resultantes de los procedimientos de ensayo de exposición al fuego. . . . .	193
9.8.7	Consideraciones a las exigencias de los Convenios SEVIMAR . . . . .	194
9.8.8	Resumen al parámetro de los humos y gases tóxicos. . . . .	195
9.9	Velocidad de propagación de las llamas .	199
9.9.1	Del método de E.E. Smith . . . . .	199
9.9.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	199
9.9.2	Del método de G.A. Herpol . . . . .	200
9.9.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	200
9.9.3	Del método de los factores $\alpha$ . . . . .	201
9.9.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	201
9.9.4	Del método de G. Purt . . . . .	202
9.9.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	202
9.9.5	Método según Convenios SEVIMAR . . . . .	203
9.9.5.1	Del Convenio SEVIMAR 74/78 . . . . .	204
9.9.5.2	Métodos de ensayo nacionales para los materiales de construcción. . . . .	204
9.9.5.3	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	205
9.9.6	Resumen al parámetro de la propagación de las llamas . . . . .	206
9.10	Altura y geometría del espacio . . . . .	207
9.10.1	Del método de los factores $\alpha$ . . . . .	207
9.10.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	207
9.10.2	Del método de los factores K . . . . .	208

9.10.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	209
9.10.3	Método de G. Purt . . . . .	210
9.10.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	210
9.10.4	Método de E.R.I.C. . . . .	211
9.10.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	211
9.10.5	Método de M. Gretener . . . . .	212
9.10.5.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	213
9.10.6	Método según Convenios SEVIMAR . . . . .	214
9.10.7	Del Convenio SEVIMAR/60 . . . . .	215
9.10.7.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	216
9.10.8	Resumen al parámetro de la altura y geometría del espacio . . . . .	216
9.11	Ventilación de humos . . . . .	220
9.11.1	Del método E.R.I.C. . . . .	220
9.11.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	221
9.11.2	Del método de M. Gretener . . . . .	222
9.11.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	222
9.11.3	Método según Convenios SEVIMAR . . . . .	223
9.11.4	Del Convenio SEVIMAR/60 . . . . .	225
9.11.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	226
9.11.5	Resumen al parámetro de la ventilación de humos . . . . .	226
9.12	Evacuación . . . . .	230
9.12.1	Método de los factores $\alpha$ . . . . .	230

9.12.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	230
9.12.2	Método de G. Purt . . . . .	231
9.12.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	231
9.12.3	Método de E.R.I.C. . . . .	232
9.12.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	232
9.12.4	Factores que afectan al movimiento de las personas. . . . .	233
9.12.5	Del método de M. Gretener . . . . .	234
9.12.5.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	234
9.12.6	Métodos según el SEVIMAR. . . . .	235
9.12.6.1	Del SEVIMAR 74/78 . . . . .	236
9.12.6.2	Del SEVIMAR/60 . . . . .	237
9.12.6.3	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	237
9.12.7	Resumen al parámetro de los medios de evacuación . . . . .	238
9.13	Contenido y uso del espacio . . . . .	243
9.13.1	Método del factores K . . . . .	243
9.13.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	243
9.13.2	Método de G. Purt . . . . .	244
9.13.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	244
9.13.3	Método de M. Gretener . . . . .	245
9.13.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	245
9.13.4	Otras procedencias . . . . .	246

9.13.5	Resumen del parámetro de los medios del contenido y uso del espacio . . . . .	247
9.14	Medidas de seguridad y equipos . . . . .	251
9.14.1	Método de los factores $\alpha$ . . . . .	251
9.14.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	252
9.14.2	Método de los factores K . . . . .	253
9.14.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	254
9.14.3	Método E.R.I.C. . . . .	255
9.14.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	255
9.14.4	Método de M. Gretener . . . . .	256
9.14.4.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	256
9.14.5	Métodos según Convenios SEVIMAR . . . . .	257
9.14.5.1	Del SEVIMAR/83 respecto del SEVIMAR 74/78	257
9.14.5.2	Del Convenio SEVIMAR/60 . . . . .	258
9.14.5.3	Otras consideraciones a los equipos. . .	259
9.14.5.4	Características de la señal audible . . .	261
9.14.5.5	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	262
9.14.6	Resumen al parámetro de las medidas de seguridad y equipos . . . . .	263
9.15	Influencia del personal y los planes de intervención . . . . .	266
9.15.1	Método E.R.I.C. . . . .	266
9.15.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	266
9.15.2	Método de M. Gretener . . . . .	267
9.15.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	267

9.15.3	Del método K.A.O. . . . . .	268
9.15.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	268
9.15.4	Métodos de los Convenios Marítimos . . . . .	269
9.15.5	Resumen al parámetro del personal y planes de intervención . . . . .	270
9.16	Influencia del tiempo y dificultad de la intervención . . . . .	278
9.16.1	Método de los factores a . . . . .	278
9.16.1.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	279
9.16.2	Método del factor K . . . . .	280
9.16.2.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	280
9.16.3	Método de G. Purt . . . . .	280
9.16.3.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	280
9.16.4.	Método de E.R.I.C. . . . . .	281
9.16.5	Método de M. Gretener . . . . .	281
9.16.5.1	Consideraciones al método y su aplicación al buque . . . . .	281
9.16.6	Resumen al parámetro del tiempo y dificultad de la intervención . . . . .	282
10	PARAMETROS Y ASPECTOS DE NUEVA INCLUSION PARA SU ADAPTACION A LA ACTIVIDAD MARITIMA	284
10.1	Aspecto del incendio en los buques comparado con el acaecido en otras actividades . . . . .	284
10.2	Aspectos del incendio de aplicación exclusiva a los buques . . . . .	286
10.2.1	Posibilidad de recibir asistencia de terceros . . . . .	287
10.2.2	Disponibilidad de asistencia médico sanitaria. . . . .	293

10.2.3	Medios de evacuación al exterior. . . . .	296
10.2.4	Evacuación de los humos. . . . .	300
10.2.5	Disponibilidad de agua para la extinción.	303
10.2.6	Disponibilidad de otros agentes extintores	305
10.2.7	Condiciones relacionadas con la intervención. . . . .	311
10.2.8	Características de la intervención. . .	313
10.2.9	Aspecto relativo al continente. . . . .	318
10.2.10	Aspecto relativo al contenido. . . . .	321
10.2.11	Peligrosidad añadida. Explosiones. . . .	324
10.2.12	Peligrosidad añadida. Derrames. . . . .	327
10.2.13	Influencia del control de las instalaciones. . . . .	329
10.2.14	Influencia del factor humano como causa del incendio. . . . .	333
10.2.15	Edad del buque en su inclusión en los Convenios SEVIMAR . . . . .	337
10.2.16	Influencia por el pabellón del buque. . .	340
10.2.17	Influencia de la composición y procedencia de las tripulaciones. . . . .	343
10.2.18	Influencia de las características del buque en el siniestro. . . . .	346
10.2.19	Propuesta de características para las bombas contra incendios del buque. . . .	349
10.2.19.1	La capacidad de las bombas contra incendios. . . . .	350
10.2.19.1.1	Limitaciones expresas. . . . .	350
10.2.19.1.2	Naturaleza de las bombas contra incendios. . . . .	352
10.2.19.2	Diámetro y presión del colector contra incendios. . . . .	355
10.2.19.3	Respecto al método . . . . .	357



10.2.20	Influencia debida al tipo de propulsor. . . . .	359
10.2.21	Estado de carga del buque como aspecto significativo del riesgo de incendio. . . . .	360
<b>TERCERA PARTE</b>	. . . . .	<b>361</b>
11	LIMITES PORCENTUALES DE RIESGO . . . . .	362
11.1	Procedimiento de cálculo con soporte informático . . . . .	367
11.2	Estructura y procedimiento de trabajo del soporte de cálculo para la evaluación del riesgo de incendio en los buques . . . . .	368
12	CONCLUSIONES . . . . .	378
	BIBLIOGRAFIA . . . . .	383

**ANEXOS**

<b>Anexo I.</b>	Check-list para buques mercantes. Aplicación Contra incendios. . . . .	18 páginas
<b>Anexo II.</b>	Resumen de los datos estadísticos. Preparados para el tratamiento informático .	12 páginas
<b>Anexo III.</b>	Extracto resumen de los datos. Por gravedad de las consecuencias. . . . .	13 páginas
<b>Anexo IV/1.</b>	Tratamiento y análisis de los datos estadísticos. (Correspondencia y Clasificación) . . . . .	35 páginas
<b>Anexo IV/2.</b>	Tratamiento y análisis de los datos estadísticos. (Cruzamiento de las variables) . . . . .	63 páginas
<b>Anexo V/1.</b>	Preguntas de test para la evaluación del riesgo de incendio en los buques. (Recopilación) . . . . .	13 páginas
<b>Anexo V/2.</b>	Preguntas de test para la evaluación del riesgo de incendio en los buques. (Presentación para el proceso de cálculo) . . . . .	6 páginas