

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| TEMA I. LOS HIDROCARBUROS Y SUS PROPIEDADES | 27 |
| 1. Hidrocarburos naturales..... | 27 |
| 1.1. Gas natural..... | 32 |
| 1.2. Petróleo crudo..... | 32 |
| 1.3. Hidrocarburos sólidos | 35 |
| 2. Productos derivados del petróleo..... | 36 |
| 2.1. Destilación..... | 37 |
| 2.2. Conversión..... | 38 |
| 3. Propiedades de los hidrocarburos..... | 39 |
| 3.1. Densidad (gravedad específica) | 39 |
| 3.2. Punto de ebullición | 40 |
| 3.3. Viscosidad | 40 |
| 3.4. Punto de fluencia..... | 41 |
| 3.5. Punto de inflamación | 41 |
| TEMA II. COMPORTAMIENTO DE UN DERRAME EN EL AGUA | 45 |
| 1. Comportamiento del derrame | 45 |
| 2. Propagación..... | 46 |
| 3. Evaporación | 50 |
| 3.1. Coeficiente de transferencia de masa (K)..... | 52 |
| 3.2. Factor área (A) | 53 |
| 3.3. Factor tiempo (t) | 53 |
| 3.4. Factor temperatura (T) | 53 |
| 3.5. Volatilidad del hidrocarburo derramado | 53 |
| 4. Aplicación del método Nadeu / Mckay..... | 55 |
| 5. Disolución..... | 57 |
| 6. Oxidación | 59 |
| 7. Emulsificación..... | 59 |

| | |
|---|----|
| 7.1. Hidrocarburo en agua..... | 60 |
| 7.2. Agua en hidrocarburo..... | 60 |
| 8. Sedimentación..... | 61 |
| 9. Biodegradación..... | 61 |
| 10. Movimiento de las manchas de hidrocarburos..... | 62 |
| 11. Procesos de meteorización y modelado | 65 |
| | |
| TEMA III. OBSERVACIÓN AÉREA DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN LA MAR..... | 73 |
| 1. Introducción..... | 73 |
| 2. Fines de la vigilancia aérea..... | 73 |
| 3. Preparativos para el reconocimiento aéreo..... | 74 |
| 4. Métodos de búsqueda | 74 |
| 5. Apariencia del petróleo en el agua | 76 |
| 6. Cálculo de la cantidad de petróleo flotante | 77 |
| 7. Otros métodos de detección | 78 |
| 7.1. Radar de visión lateral (SLAR)..... | 78 |
| 7.2. Sistema de rayos infrarrojos (SRI)..... | 79 |
| 7.3. Láser Acústico | 79 |
| 7.4. Láser fluorosensorial | 79 |
| 8. Observación de los derrames por satélite | 80 |
| | |
| TEMA IV. PLANES DE CONTINGENCIA | 81 |
| 1. Introducción..... | 81 |
| 2. Alcance y contenido de un plan de contingencia..... | 82 |
| 3. Objetivos de un plan de contingencia | 82 |
| 4. Estructura de un plan de contingencia | 83 |
| 4.1. Parte estratégica o analítica..... | 84 |
| 4.1.1. Introducción..... | 84 |
| 4.1.2. Evaluación de riesgos..... | 84 |
| 4.1.3. Prioridades de protección | 85 |
| 4.1.4. Estrategias de respuesta | 85 |
| 4.1.5. Equipos..... | 86 |
| 4.1.6. Suministros y mano de obra | 87 |
| 4.1.7. Control y comunicaciones | 88 |
| 4.1.8. Ejercicios y adiestramiento..... | 88 |
| 4.1.9. Procedimientos para actualizar el plan | 88 |
| 4.2. Parte operativa..... | 88 |
| 4.2.1. Alerta y notificación preliminar..... | 89 |
| 4.2.2. Evaluación del peligro..... | 89 |
| 4.2.3. Actividades de respuesta..... | 90 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.4. Operaciones de limpieza..... | 91 |
| 5. Legislación vigente..... | 91 |
| 5.1. Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburo (OPRC 90) | 91 |
| 5.2. Medidas de prevención y lucha contra la contaminación en las operaciones de carga, descarga y manipulación de hidrocarburos en el ámbito marítimo y portuario (RD 253/04)..... | 94 |
| 5.3. Fondeo de buques tanque en aguas jurisdiccionales o en la zona económica exclusiva española (OM de 17 de abril de 1991)..... | 99 |
| 5.4. Sistema de seguimiento e información sobre el tráfico marítimo (RD 210/04) | 101 |
| TEMA V. CONTENCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS. | 107 |
| 1. Introducción..... | 107 |
| 2. Barreras de contención. Objetivos. Consideraciones generales..... | 108 |
| 3. Barreras mecánicas..... | 110 |
| 3.1. Tipos de barreras según su construcción..... | 110 |
| 3.1.1. Barreras de valla..... | 111 |
| 3.1.2. Barreras de valla con órgano de tracción externo..... | 112 |
| 3.1.3. Barreras de cortina..... | 113 |
| 3.1.4. Barreras de flotador macizo..... | 114 |
| 3.2. Consideraciones generales sobre las barreras mecánicas..... | 115 |
| 3.3. Barreras neumáticas..... | 116 |
| 3.3.1. Barreras de flotación inflable a presión | 116 |
| 3.3.2. Barreras de flotación autoinflable | 121 |
| 3.3.3. Barreras de sellado del litoral | 122 |
| 4. Otros tipos de barreras..... | 139 |
| 4.1. Barreras neumáticas de fondo..... | 139 |
| 4.2. Barreras de red..... | 141 |
| 4.3. Barreras improvisadas..... | 142 |
| 5. Criterios de elección de una barrera de contención..... | 142 |
| 6. Limitaciones y fallos de las barreras de contención | 143 |
| 6.1. Fallo por arrastre..... | 144 |
| 6.2. Fallo por drenaje | 145 |
| 6.3. Fallo por salpicaduras..... | 146 |
| 6.4. Fallo por inmersión..... | 147 |
| 6.5. Fallo por aplanamiento..... | 147 |
| 7. Fuerzas que actúan sobre las barreras fondeadas..... | 148 |
| TEMA VI. ASPECTOS OPERATIVOS DEL USO DE BARRERAS DE CONTENCIÓN | 151 |
| 1. Introducción..... | 151 |
| 2. Métodos de despliegue | 153 |

| | |
|---|-----|
| 2.1. Cerco fondeado | 153 |
| 2.1.1. Interceptación con barreras fondeadas..... | 153 |
| 2.1.2. Desviación..... | 154 |
| 2.1.3. Contención en flujo libre | 155 |
| 2.1.4. Configuración múltiple..... | 155 |
| 2.2. Barreras remolcadas..... | 156 |
| 2.2.1. Lanzamiento y despliegue de las barreras..... | 156 |
| 2.2.2. Precauciones para desplegar las barreras | 158 |
| 3. Amarre de las barreras | 159 |
| 4. Fondeo de las barreras | 160 |
| 5. Fuerzas que actúan sobre una barrera fondeada | 161 |
| 6. Métodos de despliegue de barreras cerca de la costa..... | 164 |
| 7. Almacenamiento de las barreras..... | 168 |
| | |
| TEMA VII. RECUPERACIÓN DEL PETRÓLEO DERRAMADO..... | 171 |
| 1. Introducción..... | 171 |
| 2. Equipos de recuperación | 172 |
| 2.1. Dispositivos de compuerta | 173 |
| 2.2. Dispositivos de adhesión..... | 173 |
| 2.3. Dispositivos de inducción..... | 173 |
| 3. Características de los principales equipos de recuperación | 174 |
| 3.1. Dispositivos de inducción..... | 174 |
| 3.1.1. Molinete de inducción | 174 |
| 3.1.2. Hidrociclón / torbellino..... | 175 |
| 3.1.3. Compuerta de avance | 176 |
| 3.1.4. Plano sumergido | 178 |
| 3.2. Dispositivos de compuerta..... | 179 |
| 3.2.1. Compuerta básica..... | 179 |
| 3.2.2. Compuerta de fuerza..... | 180 |
| 3.2.3. Compuerta auto – niveladora..... | 181 |
| 3.2.4. Sistema de vacío con cabezal de recuperación..... | 182 |
| 3.3. Dispositivos oleofilos..... | 184 |
| 3.3.1. Discos oleofilos..... | 184 |
| 3.3.2. Cepillo o tambor oleofilo | 186 |
| 3.3.3. Correas con movimiento ascendente o descendente..... | 187 |
| 3.3.4. Fregadora de cuerdas | 189 |
| 4. Otros dispositivos..... | 193 |
| 4.1. Correa de elevación mecánica | 193 |
| 5. Hundimiento del petróleo en el agua | 195 |
| 6. Operaciones integradas de contención y recuperación..... | 196 |
| 6.1. Introducción | 196 |
| 6.2. Formas básicas..... | 196 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.1. Cerco en forma de "U" | 198 |
| 6.2.2. Configuración en "J" | 199 |
| 6.2.3. Configuración en "V" | 200 |
| 7. Recuperación de hidrocarburos hundidos | 202 |
| | |
| TEMA VIII. CONTENCIÓN DE DERRAMES EN TIERRA Y EN RÍOS..... | 205 |
| 1. Penetración de los hidrocarburos en tierra | 205 |
| 2. El petróleo en las aguas subterráneas..... | 207 |
| 3. Contención y recuperación de los derrames en tierra | 209 |
| 3.1. Contención..... | 209 |
| 3.2. Recolección..... | 209 |
| 4. Contención de un derrame en el subsuelo | 211 |
| 5. Recolección del petróleo en un acuífero | 212 |
| 6. Derrames de petróleo en ríos..... | 214 |
| 7. Métodos de contención de los derrames en ríos..... | 216 |
| 8. Otros métodos de contención | 218 |
| 8.1. Diques de tierra | 218 |
| 8.2. Diques de madera | 219 |
| 8.3. Barreras de malla | 219 |
| 8.4. Vertedero y barrera de contención..... | 220 |
| | |
| TEMA IX. SORBENTES..... | 223 |
| 1. Introducción..... | 223 |
| 2. Clasificación y composición | 224 |
| 3. Propiedades de un sorbente..... | 225 |
| 4. Clases de sorbentes | 226 |
| 4.1. Materiales adsorbentes inorgánicos sólidos..... | 226 |
| 4.2. Materiales absorbentes inorgánicos porosos | 226 |
| 4.3. Materiales absorbentes orgánicos naturales..... | 226 |
| 4.4. Materiales absorbentes poliméricos sintéticos..... | 227 |
| 5. Control de un derrame de petróleo con sorbentes..... | 227 |
| 6. Ventajas de la utilización de sorbentes | 227 |
| 7. Desventajas de la utilización de sorbentes..... | 228 |
| 8. Limitaciones del uso de sorbentes..... | 229 |
| 9. Aplicaciones generales..... | 229 |
| | |
| TEMA X. DISPERSIÓN QUÍMICA..... | 233 |
| 1. Introducción..... | 233 |
| 2. Dispersantes..... | 234 |
| 3. Historia de los dispersantes | 235 |
| 4. Composición de los dispersantes | 236 |
| 5. Nomenclatura de los dispersantes comerciales..... | 237 |

| | |
|--|-----|
| 6. Dosis de dispersantes y cantidades aplicables..... | 238 |
| 7. Consideraciones ambientales..... | 239 |
| 8. Ventajas e inconvenientes del uso de dispersantes | 242 |
| 8.1. Ventajas..... | 242 |
| 8.2. Inconvenientes..... | 243 |
| 9. Consideraciones generales sobre la aplicación de dispersantes en el mar | 243 |
| 10. Métodos de aplicación..... | 244 |
| 10.1. Aplicación desde buques..... | 245 |
| 10.1.1. Maniobras de aplicación | 248 |
| 10.1.2. Cálculo de diseño para un botalón de rociado | 249 |
| 10.2. Aplicación desde aeronaves..... | 251 |
| 10.2.1. Equipos adaptados para helicópteros | 253 |
| 10.2.2. Equipos de aviones..... | 254 |
| 11. Aplicación de dispersantes en tierra | 254 |
| 12. Resumen..... | 255 |
| 13. Aglutinantes..... | 257 |
| 13.1. Métodos de aplicación..... | 257 |
| | |
| TEMA XI. INCINERACIÓN "IN SITU" | 259 |
| 1. Introducción..... | 259 |
| 2. Características de la incineración "in situ" | 260 |
| 3. Desarrollo de las operaciones | 261 |
| 4. Consideraciones ambientales y de salud | 262 |
| 5. Seguridad en las operaciones | 263 |
| | |
| TEMA XII. RESPUESTA EN EL LITORAL..... | 265 |
| 1. Introducción..... | 267 |
| 2. Etapas | 267 |
| 3. Planificación de contingencias con anterioridad al derrame..... | 267 |
| 3.1. Naturaleza de la costa..... | 268 |
| 3.1.1. Manglares..... | 269 |
| 3.1.2. Ciénagas y marismas | 271 |
| 3.1.3. Arrecifes coralinos..... | 273 |
| 3.1.4. Costas de grava | 274 |
| 3.1.5. Playas de arena..... | 275 |
| 3.1.6. Costas rocosas..... | 277 |
| 4. Métodos de limpieza en el litoral | 277 |
| 4.1. Recuperación natural..... | 280 |
| 4.2. Remoción manual | 281 |
| 4.3. Remoción mecánica | 285 |
| 4.4. Recuperación por vacío..... | 286 |
| 5. Sistemas de lavado | 287 |

| | |
|--|-----|
| 5.1. Lavado con agua a baja presión..... | 287 |
| 5.2. Lavado con agua a alta presión..... | 288 |
| 5.3. Lavado con vapor..... | 288 |
| 6. Extracción con productos químicos..... | 288 |
| 7. Lavado con chorro de arena..... | 289 |
| 8. Biorrehabilitación..... | 289 |
| | |
| TEMA XIII. TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE HIDROCARBUROS DESECHOS PETROLIZADOS | 291 |
| 1. Introducción..... | 291 |
| 2. Tipos de materiales que se pueden recoger..... | 292 |
| 3. Almacenamiento temporal "in situ" | 294 |
| 4. Disposición final del petróleo y desechos petrolizados | 301 |
| 4.1. Recuperación de los hidrocarburos..... | 301 |
| 4.2. Recuperación de los hidrocarburos contenidos en el material de playa | 304 |
| 4.3. Técnicas de estabilización del desecho petrolizado | 305 |
| 5. Técnicas destructivas..... | 306 |
| 5.1. Biodegradación..... | 306 |
| 5.2. Incineración | 307 |
| 5.2.1. Incinerador de lecho fluido | 308 |
| 5.2.2. Incinerador tipo horno rotativo..... | 308 |
| 5.2.3. Incinerador tipo horno vórtice..... | 308 |
| 5.2.4. Incinerador de crisol múltiple..... | 309 |
| | |
| TEMA XIV. BARRERAS QUÍMICAS | 311 |
| | |
| TEMA XV. CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR LOS BUQUES (MARPOL 73/78)..... | 315 |
| 1. Introducción..... | 315 |
| 2. Ámbito de aplicación y excepciones..... | 315 |
| 3. Transgresiones..... | 316 |
| 4. Anexos | 317 |
| 5. Control de descarga de hidrocarburos..... | 320 |
| 6. Descarga de sustancias nocivas líquidas | 322 |
| 7. Descarga de aguas sucias..... | 324 |
| 8. Descarga de basuras..... | 324 |
| 9. Libro Registro de Hidrocarburos | 325 |
| 10. Plan de emergencia a bordo para los casos de contaminación por hidrocar- buros..... | 327 |
| 11. Libro Registro de cargas nocivas líquidas a granel..... | 327 |
| 12. Libro Registro de basuras..... | 328 |
| 13. Rótulos y plan de gestión de basuras | 329 |

| | |
|--|-----|
| BIBLIOGRAFÍA..... | 335 |
| ANEXO I. Listado de vertidos de 1970 a 2005 superiores a 50.000 Toneladas..... | 339 |
| ANEXO II. Gráfico sistemas de limpieza en la mar..... | 341 |
| ANEXO III. Gráfico sistemas de limpieza en las costas..... | 342 |
| ANEXO IV. Mapas de sensibilidad ambiental | 343 |
| ANEXO V. Estructura de petroleros..... | 344 |