

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LA TESIS.....</b>	<b>23</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	24
1.2 ANTECEDENTES .....	27
1.3 MODELOS DE DECISIÓN MULTICRITERIA AHP Y ANP.....	32
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO DE TESIS.....	37
1.6 CONCLUSIONES .....	40
<b>CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>41</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	42
2.2 ANÁLISIS.....	44
2.3 CONCLUSIONES .....	50
<b>CAPÍTULO 3. TERMINALES INTERIORES DE CONTENEDORES .....</b>	<b>53</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	54
3.2 EJEMPLOS DE TERMINALES INTERIORES DE CONTENEDORES.....	57
3.2.1 <i>En el mundo</i> .....	57
3.2.1.1 América del norte.....	57
3.2.1.2 Asia.....	58
3.2.1.3 América central y del sur.....	59
3.2.2 <i>En Europa</i> .....	60
3.2.3 <i>En España</i> .....	61
3.2.3.1 Puerto seco de Azuqueca de Henares (Castilla la Mancha).....	62
3.2.3.2 Puerto seco de Coslada (Madrid) .....	63
3.2.3.3 Puerto seco de Zaragoza (terminal marítima interior de Zaragoza-Aragón).....	65
3.2.3.4 Otras terminales interiores de menor dimensión .....	67
3.3 SERVICIOS SUSCEPTIBLES DE SER PRESTADOS POR UNA TERMINAL INTERIOR DE CONTENEDORES.....	68
3.3.1 <i>Antepuerto</i> .....	68
3.3.2 <i>Servicio de estiba y desestiba</i> .....	70
3.3.3 <i>Servicio de almacenamiento temporal</i> .....	71
3.3.4 <i>Servicio de almacenamiento permanente</i> .....	72
3.3.5 <i>Servicio de “depot” de contenedores vacíos</i> .....	72
3.3.6 <i>Servicio de alquiler y venta de contenedores</i> .....	73
3.3.7 <i>Terminal de Ferrocarril</i> .....	73
3.3.8 <i>Parque de bomberos propio</i> .....	76

3.3.9 Servicio de vigilancia 24 horas .....	76
3.3.10 Consolidación y desconsolidación de contenedores.....	78
3.3.11 Suministro de energía para contenedores refrigerados.....	79
3.3.12 Cámaras frigoríficas .....	80
3.3.13 Limpieza y lavado de contenedores.....	81
3.3.14 Depuradora de aguas y gestión de residuos .....	82
3.3.15 Mantenimiento y reparación de contenedores .....	82
3.3.16 Mantenimiento y reparación del parque de maquinaria .....	84
3.3.17 Taller mecánico de camiones y remolques .....	84
3.3.18 Operaciones en depósito aduanero .....	84
3.3.19 Áreas de inspección.....	85
3.3.20 Servicio médico .....	86
3.3.21 Aulas de formación .....	86
3.3.22 Dormitorios para conductores.....	87
3.3.23 Otros servicios .....	87
3.4 MÁQUINAS Y EQUIPOS DE MANIPULACIÓN DE CONTENEDORES SUSCEPTIBLES DE SER UTILIZADOS EN UNA TERMINAL INTERIOR DE CONTENEDORES .....	89
3.4.1 Carretilla pórtico o "Straddle carrier" .....	91
3.4.2 Carretilla.....	94
3.4.3 "ReachStaker" o carretilla con brazo telescópico.....	96
3.4.4 Plataformas.....	99
3.4.5 Grua pórtico móvil sobre neumáticos (RTG – Rubber Tyred Gantry Crane) .....	101
3.4.6 Grua pórtico móvil sobre railes (RMG – Rail Mounted Gantry Crane) .....	103
3.4.7 Máquinas y Equipos automáticos .....	104
3.5 LAYOUTS EN UNA TERMINAL INTERIOR DE CONTENEDORES EN FUNCIÓN DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS UTILIZADOS .....	105
3.5.1 Layout en terminales con Straddle Carriers .....	106
3.5.2 Layout en terminales con carretillas .....	108
3.5.3 Layout en terminales con Reach Stackers .....	109
3.5.4 Layout en terminales con plataformas.....	111
3.5.5 Layout en terminales con grúas pórtico (RTGs y RMGs).....	112
<b>CAPÍTULO 4. REQUISITOS LEGALES Y BUENAS PRACTICAS APLICABLES A UNA TERMINAL INTERIOR DE CONTENEDORES .....</b>	<b>115</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	116
4.2 REQUISITOS LEGALES Y BUENAS PRÁCTICAS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD EN LA MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS PELIGROSAS.....	117
4.2.1 Clasificación de las mercancías peligrosas.....	117
4.2.1.1 Clase 1: Materiales y objetos explosivos .....	120

4.2.1.2 Clase 2: Gases.....	121
4.2.1.3 Clase 3: Líquidos inflamables .....	122
4.2.1.4 Clase 4.1: Materia sólidas inflamables .....	122
4.2.1.5 Clase 4.2: Materia que pueden experimentar inflamación espontánea .....	123
4.2.1.6 Clase 4.3: Materia que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.....	123
4.2.1.7 Clase 5.1: Materias comburentes .....	124
4.2.1.8 Clase 5.2: Peróxidos Orgánicos.....	124
4.2.1.9 Clase 6.1: Materias tóxicas .....	125
4.2.1.10 Clase 6.1: Materias infecciosas.....	126
4.2.1.11 Clase 7: Materias radioactivas.....	126
4.2.1.12 Clase 8: Materias corrosivas .....	127
4.2.1.13 Clase 9: Materias y objetos que presentan peligros diversos.....	127
4.2.2 <i>Requisitos de segregación</i> .....	128
4.2.2.1 La segregación en áreas portuarias en España.....	128
4.2.2.2 Requisitos de segregación según la normativa de seguridad industrial en España.....	135
4.2.2.3 Requisitos de segregación según la normativa de seguridad industrial en el Reino Unido (UK).....	137
4.2.2.4 Requisitos de segregación según la normativa de seguridad industrial en Alemania .....	139
4.2.2.5 Requisitos de segregación según la normativa de seguridad industrial en Bélgica.....	141
4.2.3 <i>Requisitos de formación</i> .....	142
4.3 REQUISITOS LEGALES Y BUENAS PRÁCTICAS RELACIONADOS CON LA PROTECCIÓN.....	146
4.4 REQUISITOS LEGALES Y BUENAS PRÁCTICAS RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE .....	148
4.4.1 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con los residuos</i> .....	149
4.4.2 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con las aguas residuales y los vertidos</i> .....	158
4.4.3 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con la atmósfera y el ruido</i> .....	161
4.4.4 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con los suelos contaminados</i> .....	166
4.4.5 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con el impacto ambiental</i> .....	167
4.4.6 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con el territorio, urbanismo y la edificación</i> .....	168
4.4.7 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con el paisaje</i> .....	171
4.4.8 <i>Normativa ambiental aplicable a una terminal interior relacionada con otros instrumentos legislativos</i> .....	172
4.4.9 <i>Normas de estandarización industrial aplicable no reglamentarias</i> .....	173

4.5 PLAN DIRECTOR DE UNA TERMINAL INTERIOR DE CONTENEDORES CON MERCANCÍAS PELIGROSAS EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD, PROTECCIÓN Y MEDIO AMBIENTE .....	176
4.5.1 Evaluaciones SQAS del CEFIC.....	176
4.5.2 Programa BBS .....	177
4.5.3 Programa “Responsible Care” .....	178
4.5.4 Pacto de ayuda mutua .....	181
4.5.5 Principales guías para terminales interiores de contenedores con mercancías peligrosas .....	182
<b>CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DE LA TEORIA DE DECISION MULTICRITERIA (MÉTODOS AHP Y ANP) .....</b>	<b>185</b>
5.1 INTRODUCCIÓN .....	186
5.2 PANEL DE EXPERTOS .....	188
5.3 CRITERIOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN .....	193
5.3.1 Criterios relacionados con las máquinas y equipos.....	195
5.3.2 Criterios relacionados con la seguridad y la protección .....	201
5.3.3 Criterios relacionados con el medio ambiente .....	204
5.4 ALTERNATIVAS DE LAYOUT A JERARQUIZAR.....	213
5.5 ENCUESTAS AL PANEL DE EXPERTOS .....	215
5.6 RELACIÓN ENTRE LOS CRITERIOS DE MAQUINARIA Y EQUIPOS .....	219
5.7 RELACIÓN ENTRE LOS CRITERIOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.....	224
5.8 RELACIÓN ENTRE LOS CRITERIOS DE MEDIOAMBIENTE.....	225
5.9 RELACIÓN ENTRE LAS ALTERNATIVAS Y LOS CRITERIOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS .....	230
5.9.1 Criterios económicos (C1).....	230
5.9.2 Criterios de rendimiento (C2) .....	233
5.9.3 Criterios de capacidad (C3) .....	238
5.9.4 Criterios de expansión (C4).....	242
5.9.5 Criterios de funcionalidad (C5).....	244
5.10 RELACIÓN ENTRE LAS ALTERNATIVAS Y LOS CRITERIOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.....	246
5.11 RELACIÓN ENTRE LAS ALTERNATIVAS Y LOS CRITERIOS DE MEDIOAMBIENTE.....	253
5.11.1 Criterios de ubicación (C7).....	253
5.11.2 Criterios de diseño (C8) .....	258
5.11.3 Criterios de gestión (C9).....	263
5.11.4 Criterios de construcción (C10).....	268
5.11.5 Criterios de emergencia (C11).....	272
5.12 RESULTADO .....	276
5.12.1 Peso global de las alternativas.....	276
5.12.2 Peso global de los criterios .....	278
5.13 CONCLUSIONES .....	282

<b>CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b> .....	<b>287</b>
6.1 SENSIBILIDAD DEL MODELO FRENTE A LOS CRITERIOS DE PRIMER NIVEL.....	288
6.1.1 <i>Sensibilidad frente al conjunto de criterios de máquinas y equipos</i> .....	288
6.1.2 <i>Sensibilidad frente al conjunto de criterios de seguridad y protección</i> .....	289
6.1.3 <i>Sensibilidad frente al conjunto de criterios de medio ambiente</i> .....	290
6.2 SENSIBILIDAD DEL MODELO FRENTE A LOS CRITERIOS MÁS INFLUYENTES .....	291
6.2.1 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C63 (Distancia al núcleo urbano)</i> ....	291
6.2.2 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C12 (Costes del suelo)</i> .....	292
6.2.3 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C71 (Disponibilidad de suelo industrial)</i> .....	293
6.2.4 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C61 (Peligrosidad de las mercancías)</i> .....	294
6.2.5 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C65 (Tiempo de evacuación)</i> .....	295
6.2.6 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C62 (Cantidad de sustancias peligrosas)</i> .....	296
6.2.7 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C24 (Tasa de inactividad)</i> .....	297
6.2.8 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C102 (Consumo de agua durante la construcción de la terminal)</i> .....	298
6.2.9 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C11 (Costes de automatización)</i> .....	299
6.2.10 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C72 (Inundabilidad con aguas contaminadas)</i> .....	300
6.2.11 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C83 (Protección de las aguas subterráneas)</i> .....	301
6.2.12 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C14 (Costes de mantenimiento)</i> ....	302
6.2.13 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C73 (Recursos hídricos cercanos)</i> ..	303
6.2.14 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C66 (Densidad de población cercana a la terminal)</i> .....	304
6.2.15 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C41 (Posibilidad de expansión de la terminal)</i> .....	305
6.2.16 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C52 (Facilidad de uso)</i> .....	306
6.2.17 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C53 (Adaptabilidad a cambio de escenario)</i> .....	307
6.2.18 <i>Sensibilidad del modelo frente al criterio C81 (Eficiencia energética – consumo de combustible)</i> .....	308
6.3 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	309
6.3.1 <i>Sensibilidad en relación con los bloques de criterios de primer nivel</i> .....	309
6.3.1.1 <i>Sensibilidad mostrada por la alternativa A1-Straddle Carrier</i> .....	309
6.3.1.2 <i>Sensibilidad mostrada por la alternativa A2-carretilla</i> .....	310

6.3.1.3 Sensibilidad mostrada por la alternativa A3-Reach Stacker .....	311
6.3.1.4 Sensibilidad mostrada por la alternativa A4-Plataforma .....	312
6.3.1.5 Sensibilidad mostrada por la alternativa A5-Grúa pórtico .....	312
6.3.2 <i>Sensibilidad en relación con los bloques de criterios de segundo nivel</i> .....	313
<b>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS .....</b>	<b>317</b>
<b>CAPÍTULO 8. REFERENCIAS.....</b>	<b>323</b>
<b>CAPÍTULO 9. ANEXOS.....</b>	<b>329</b>
9.1 ANEXO 1: PESOS DE CLUSTERS Y CRITERIOS (UNWEIGHTED AND WEIGHTED MATRIX) .....	330

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA DE TERMINAL INTERIOR DE CONTENEDORES INTERCONECTADA CON UNA TERMINAL PORTUARIA O FERROVIARIA .....	26
FIGURA 2 ESTRUCTURA ESQUEMÁTICA DEL LAYOUT PRESENTADO POR UNA STRADDLE CARRIER. ....	29
FIGURA 3 ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	39
FIGURA 4 PUERTO SECO DE GUADALAJARA. ....	62
FIGURA 5 PUERTO SECO DE COSLADA .....	64
FIGURA 6 PUERTO SECO DE ZARAGOZA .....	65
FIGURA 7 TERMINAL INTERMODAL EN DORTMUND, QUE CONEXIONA EL TRANSPORTE DE CONTENEDORES VÍA FLUVIAL-FERROCARRIL .....	75
FIGURA 8 TERMINAL INTERMODAL EN NEW YORK, QUE CONEXIONA EL TRANSPORTE DE CONTENEDORES VÍA CARRETERA – FERROCARRIL. ....	75
FIGURA 9 ROBOT DE VIGILANCIA EN TMS, EN EL PUERTO DE ALICANTE.....	77
FIGURA 10 CONTAINER FREIGHT STATION EN RIVER TRADE TERMINAL EN HONG KONG .....	78
FIGURA 11 SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA PARA CONTENEDORES REFRIGERADOS Y SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.....	79
FIGURA 12 MUELLES PARA CAMIONES REFRIGERADOS. FRIOPUERTO (VALENCIA).....	80
FIGURA 13 INSTALACIONES PARA ALMACENAMIENTO DE PALLETS. FRIOPUERTO (VALENCIA).....	80
FIGURA 14 LIMPIEZA DE UN CONTENEDOR. ....	81
FIGURA 15 MANTENIMIENTO DE CONTENEDORES. ....	83
FIGURA 16 MEDIDAS ESTANDARIZADAS DE CONTENEDORES.....	90
FIGURA 17 IMAGEN DE UN SHUTTLE CARRIER .....	92
FIGURA 18 COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES TÉCNICAS DE DOS STRADDLE CARRIERS DE LA EMPRESA NOELL MOBILE SYSTEMS GMBH. ....	93
FIGURA 19 CARRETILLA.....	94
FIGURA 20 REACH STAKER.....	96
FIGURA 21 REACH STAKER CON BRAZO TELESCÓPICO CURVO. ....	97
FIGURA 22 UNA REACH STACKER POSANDO UN CONTENEDOR SOBRE UNA PLATAFORMA.....	99
FIGURA 23 PATIO DE RTGS, NOATUM CONTAINER TERMINAL VALENCIA (VALENCIA - ESPAÑA) .....	102
FIGURA 24 IMAGEN DE UNA RAIL MOUNTED GANTRY CRANE (RMG) .....	103
FIGURA 25 RMGS AUTOMÁTICOS (ASCs), APM TERMINALS VIRGINIA (PORT OF VIRGINIA - EE.UU.)...	104
FIGURA 26 IMAGEN DE UN AGV (AUTOMATED GUIDED VEHICLE).....	104
FIGURA 27 DIMENSIONES DE UNA STRADDLE CARRIER .....	106
FIGURA 28 CONFIGURACIÓN DE LAYOUT UTILIZANDO STRADDLE CARRIERS.....	107
FIGURA 29 CONFIGURACIÓN DE LAYOUT UTILIZANDO CARRETILLAS .....	108
FIGURA 30 DIMENSIONES DE REDIOS DE GIRO DE REACHSTACKERS Y CARRETILLAS .....	110
FIGURA 31 CONFIGURACIÓN DE LAYOUT UTILIZANDO PLATAFORMAS .....	111

FIGURA 32 CONFIGURACIÓN DE LAYOUT UTILIZANDO GRÚAS PÓRTICO .....	112
FIGURA 33 DIMENSIONES DE UNA GRÚA PÓRTICO .....	113
FIGURA 34 ETIQUETAS PARA LA CLASE 1. EXPLOSIVOS .....	120
FIGURA 35 ETIQUETAS DE LA CLASE 2. GASES .....	121
FIGURA 36 ETIQUETA CLASE 3. LÍQUIDOS INFLAMABLES .....	122
FIGURA 37 ETIQUETA CLASE 4.1. SÓLIDOS INFLAMABLES .....	122
FIGURA 38 ETIQUETA DE LA CLASE 4.2. INFLAMACIÓN ESPONTÁNEA .....	123
FIGURA 39 ETIQUETA CLASE 4.3. INFLAMABLES EN CONTACTO CON EL AGUA .....	124
FIGURA 40 ETIQUETA CLASE 5.1. COMBURENTES .....	124
FIGURA 41 ETIQUETAS DE LA CLASE 5.2. PERÓXIDOS ORGÁNICOS .....	125
FIGURA 42 ETIQUETA DE LA CLASE 6.1. TÓXICOS .....	125
FIGURA 43 ETIQUETA DE LA CLASE 6.2. INFECCIOSOS .....	126
FIGURA 44 ETIQUETAS DE LA CLASE 7. RADIOACTIVOS.....	126
FIGURA 45 ETIQUETA DE LA CLASE 8. CORROSIVOS.....	127
FIGURA 46 ETIQUETA DE LA CLASE 9. PELIGROS DIVERSOS.....	127
FIGURA 47 FORMAS DE APILAR CONTENEDORES EN ÁREAS PORTUARIAS SEGÚN LA CLASE DE MERCANCÍA PELIGROSA .....	132
FIGURA 48 CONTENEDOR DE PRODUCTO CORROSIVO SOBRE PRODUCTO INFLAMABLE.....	133
FIGURA 49 TABLA DE SEGREGACIÓN POR CLASES PARA EL ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN UK.....	138
FIGURA 50 TABLA DE SEGREGACIÓN POR CLASES PARA EL ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN ALEMANIA.....	140
FIGURA 51 TABLA DE SEGREGACIÓN POR CLASES PARA EL ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN BÉLGICA.....	141
FIGURA 52 ESQUEMA SOBRE LA REPRESENTACIÓN JERARQUIZADA RESPECTO AL OBJETIVO O “GOAL” .....	193
FIGURA 53 ESQUEMA DEL MODELO PROPUESTO TOMADO DE UN PANTALLAZO DEL SOFTWARE “SUPERDECISION” .....	194
FIGURA 54 ESQUEMA EN “SUPERDECISION” DE LOS CRITERIOS INTERVINIENTES EN EL ÁREA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS .....	195
FIGURA 55 ESQUEMA EN “SUPERDECISIONS” DE CRITERIOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.....	201
FIGURA 56 ESQUEMA EN SUPERDECISIONS DE LOS CRITERIOS DE MEDIOAMBIENTE .....	204
FIGURA 57 ESQUEMA EN SUPERDECISIONS DE LOS CRITERIOS, LAS ALTERNATIVAS Y SUS RELACIONES.....	214
FIGURA 58 EJEMPLO DE MATRIZ DE COMPARACIÓN ENTRE LOS “CRITERIOS ECONÓMICOS” DE “MAQUINARIA Y EQUIPOS” .....	217
FIGURA 59 RELACIÓN DEL RESTO DE ALTERNATIVAS FRENTE A LA IDEAL.....	277
FIGURA 60 RELACIÓN DE CRITERIOS ORDENADOS DE MAYOR A MENOR .....	281
FIGURA 61 SENSIBILIDAD DEL MODELO AL VARIAR EL PESO DEL CONJUNTO DE CRITERIOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS.....	288



FIGURA 62 SENSIBILIDAD DEL MODELO AL VARIAR EL PESO DEL CONJUNTO DE CRITERIOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.....	289
FIGURA 63 SENSIBILIDAD DEL MODELO AL VARIAR EL PESO DEL CONJUNTO DE CRITERIOS DE MEDIO AMBIENTE .....	290
FIGURA 64 SENSIBILIDAD FRENTE AL CRITERIO DE DISTANCIA AL NÚCLEO URBANO (C63) .....	291
FIGURA 65 SENSIBILIDAD FRENTE AL COSTE DEL SUELO (C12) .....	292
FIGURA 66 SENSIBILIDAD FRENTE A LA DISPONIBILIDAD DE SUELO INDUSTRIAL (C71).....	293
FIGURA 67 SENSIBILIDAD FRENTE A LA PELIGROSIDAD DE LA MERCANCÍA (C61).....	294
FIGURA 68 SENSIBILIDAD FRENTE AL TIEMPO DE EVACUACIÓN (C65) .....	295
FIGURA 69 SENSIBILIDAD FRENTE A LA CANTIDAD DE SUSTANCIAS PELIGROSAS (C62) .....	296
FIGURA 70 SENSIBILIDAD FRENTE AL CRITERIO TASA DE INACTIVIDAD (C24).....	297
FIGURA 71 SENSIBILIDAD FRENTE AL CONSUMO DE AGUA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN (C102) .....	298
FIGURA 72 SENSIBILIDAD FRENTE A LOS COSTES DE AUTOMATIZACIÓN (C11) .....	299
FIGURA 73 SENSIBILIDAD FRENTE A LA INUNDABILIDAD CON AGUAS CONTAMINADAS (C72).....	300
FIGURA 74 SENSIBILIDAD FRENTE A LA PROTECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (C83) .....	301
FIGURA 75 SENSIBILIDAD FRENTE A LOS COSTES DE MANTENIMIENTO (C14).....	302
FIGURA 76 SENSIBILIDAD FRENTE A LOS RECURSOS HÍDRICOS CERCANOS (C73) .....	303
FIGURA 77 SENSIBILIDAD FRENTE A LA DENSIDAD DE POBLACIÓN CERCANA (C66).....	304
FIGURA 78 SENSIBILIDAD FRENTE A LA POSIBILIDAD DE EXPANSIÓN DE LA TERMINAL (C41).....	305
FIGURA 79 SENSIBILIDAD FRENTE AL CRITERIO DE FACILIDAD DE USO (C52) .....	306
FIGURA 80 SENSIBILIDAD FRENTE A LA ADAPTABILIDAD DE CAMBIO DE ESCENARIO (C53) .....	307
FIGURA 81 SENSIBILIDAD FRENTE A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (C81) .....	308



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 VENTAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS POR REGIONES EN EL MUNDO EN BILLONES DE EUROS Y EN PORCENTAJE DE BILLONES DE EUROS SOBRE EL TOTAL DURANTE EL AÑO 2013. ....	27
TABLA 2 NÚMERO Y PORCENTAJE DE PUBLICACIONES POR AÑO SOBRE “OPTIMIZING LAYOUT” .....	42
TABLA 3 ÁREAS PRINCIPALES DE LAS PUBLICACIONES SOBRE “OPTIMIZING LAYOUT” .....	43
TABLA 4 RELACIÓN DE TERMINALES INTERIORES DE CONTENEDORES CON MERCANCÍAS PELIGROSAS EN ESPAÑA DE MENOR DIMENSIÓN.....	67
TABLA 5 TOTAL DE MERCANCÍAS PELIGROSAS TRANSPORTADA POR TREN (EN TONELADAS) DESDE LOS AÑOS 2008 A 2014 EN ESPAÑA. ....	74
TABLA 6 FABRICANTES RELEVANTES DE STRADDLE CARRIERS.....	91
TABLA 7 FABRICANTES RELEVANTES DE CARRETILLAS.....	95
TABLA 8 FABRICANTES RELEVANTES DE REACH STAKERS .....	98
TABLA 9 CLASIFICACIÓN DE MERCANCÍAS PELIGROSAS PARA EL TRANSPORTE .....	119
TABLA 10 CUADRO DE SEGREGACIÓN DE CONTENEDORES POR CLASES EN ÁREAS PORTUARIAS .....	131
TABLA 11 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN MATERIA DE RESIDUOS .....	157
TABLA 12 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES Y VERTIDOS .....	160
TABLA 13 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN MATERIA DE ATMÓSFERA Y RUIDO.....	165
TABLA 14 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN MATERIA DE SUELOS CONTAMINADOS.....	166
TABLA 15 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL .....	167
TABLA 16 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN MATERIA URBANÍSTICA .....	170
TABLA 17 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN MATERIA DE PAISAJE .....	172
TABLA 18 OTRA LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL APLICABLE.....	172
TABLA 19 NORMATIVA INDUSTRIAL APLICABLE DE CARÁCTER NO REGLAMENTARIO .....	175
TABLA 20 IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DE LA MAQUINARIA Y LOS EQUIPOS .....	210
TABLA 21 IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD Y LA PROTECCIÓN.....	211
TABLA 22 IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DEL MEDIO AMBIENTE .....	212
TABLA 23 RELACIÓN DE ALTERNATIVAS DE LAYOUT A JERARQUIZAR .....	213
TABLA 24 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	219
TABLA 25 COMPARATIVA DE CRITERIOS ECONÓMICOS DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS ....	220
TABLA 26 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE RENDIMIENTO DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	221
TABLA 27 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE CAPACIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS ...	222
TABLA 28 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE EXPANSIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS ....	222
TABLA 29 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE FUNCIONALIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS .....	223
TABLA 30 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.....	224
TABLA 31 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE MEDIO AMBIENTE.....	225
TABLA 32 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE UBICACIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE .....	226

TABLA 33 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE DISEÑO DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE.....	227
TABLA 34 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE GESTIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE .....	228
TABLA 35 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE.....	229
TABLA 36 COMPARATIVA DE CRITERIOS DE EMERGENCIAS DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE.....	229
TABLA 37 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LOS COSTES DE AUTOMATIZACIÓN.....	230
TABLA 38 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LOS COSTES DE SUELO .....	231
TABLA 39 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A COSTES DE PERSONAL.....	231
TABLA 40 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A COSTES DE MANTENIMIENTO .....	232
TABLA 41 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LOS COSTES DE EXPANSIÓN .....	232
TABLA 42 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO PASO DE CONTENEDORES .....	233
TABLA 43 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO TIEMPO DE SERVICIOS DE CAMIONES .	234
TABLA 44 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO UTILIZACIÓN DE PUERTA.....	235
TABLA 45 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA TASA DE INACTIVIDAD.....	236
TABLA 46 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO TIEMPO DE PERMANENCIA DE LOS CONTENEDORES .....	237
TABLA 47 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.....	238
TABLA 48 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL NÚMERO DE CARRILES DE PUERTA.....	239
TABLA 49 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL NÚMERO DE GRÚAS DE PUERTA.....	240
TABLA 50 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL MOVIMIENTO DE CONTENEDORES DEL AUTOMATISMO .....	241
TABLA 51 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA POSIBILIDAD DE EXPANSIÓN .....	242
TABLA 52 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA COMPLEJIDAD DE EXPANSIÓN .....	243
TABLA 53 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL TIEMPO DE EXPANSIÓN.....	243
TABLA 54 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN .....	244
TABLA 55 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA FACILIDAD DE USO .....	244
TABLA 56 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CAMBIO DE ESCENARIO .....	245
TABLA 57 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE PELIGROSIDAD DE LAS SUSTANCIAS	246
TABLA 58 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE CANTIDAD DE SUSTANCIAS PELIGROSAS .....	247
TABLA 59 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE DISTANCIA AL NÚCLEO URBANO....	248
TABLA 60 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE LA FIABILIDAD.....	249
TABLA 61 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE TIEMPO DE EVACUACIÓN .....	250
TABLA 62 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE DENSIDAD DE POBLACIÓN .....	251
TABLA 63 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS..	252
TABLA 64 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE DISPONIBILIDAD DE SUELO INDUSTRIAL .....	253
TABLA 65 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE INUNDABILIDAD.....	254
TABLA 66 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	255

TABLA 67 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE IMPACTO ACÚSTICO .....	256
TABLA 68 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE IMPACTO PAISAJÍSTICO .....	257
TABLA 69 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	258
TABLA 70 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS .....	259
TABLA 71 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA PROTECCIÓN DE LA CAPA FREÁTICA .....	260
TABLA 72 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA ZONA DE RESIDUOS .....	261
TABLA 73 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE CONTENEDORES POR FRACCIÓN DE RESIDUOS .....	262
TABLA 74 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (EMISIONES) .....	263
TABLA 75 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS .....	264
TABLA 76 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CONTROL DEL TRANSPORTE DE PRODUCTOS.....	265
TABLA 77 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LAS MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA EL RUIDO...	266
TABLA 78 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL MANTENIMIENTO DE LA RED DE AGUAS .....	267
TABLA 79 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN .....	268
TABLA 80 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO CONSUMO DE AGUA .....	269
TABLA 81 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO CONTROL DE MÁQUINAS, VEHÍCULOS E INSTALACIONES .....	270
TABLA 82 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE A LA RECUPERACIÓN DE LA CAPA DE TIERRA VEGETAL .....	271
TABLA 83 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO MATERIAL ABSORBENTE EN LA ZONA..	272
TABLA 84 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO PROCEDIMIENTOS .....	273
TABLA 85 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO FORMACIÓN.....	274
TABLA 86 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS FRENTE AL CRITERIO METEOROLOGÍA .....	275
TABLA 87 JERARQUÍA DE ALTERNATIVAS EN BASE AL RESULTADO DE LAS ENCUESTAS AL PANEL DE EXPERTOS	276
TABLA 88 GRÁFICO SOBRE LA JERARQUÍA DE LAS ALTERNATIVAS ORDENADAS DE MAYOR A MENOR.....	276
TABLA 89 RELACIÓN DE PESOS DE LOS CRITERIOS ORDENADOS DE MAYOR A MENOR POR SU GRADO DE INFLUENCIA EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN.....	280
TABLA 90 RELACIÓN DE CRITERIOS Y PESOS PARA LOS QUE SE PRODUCE UN CAMBIO EN LA ALTERNATIVA IDEAL .....	313
TABLA 91 RELACIÓN DE CRITERIOS Y PESOS PARA LOS QUE SE PRODUCE UN CAMBIO EN LA SEGUNDA POSICIÓN DE PREFERENCIAS .....	314