

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Departamento de
Proyectos de Ingeniería

TESIS DOCTORAL

Análisis de criterios de diseño básico de una terminal de contenedores de sustancias químicas peligrosas aplicando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Realizada por:

Gemma D. Molero Prieto

Dirigida por:

Dr. Pablo Aragonés Beltrán

Dr. Juan Pascual Pastor Ferrando

Valencia, Enero 2016

Agradecimientos

Debo agradecer de manera especial y sincera a mis profesores por aceptarme para realizar esta tesis doctoral bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigadora. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Les agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Quiero agradecer también a todos los miembros del panel de expertos y a mis compañeros de AITEC por su disponibilidad y paciencia que hizo que nuestras siempre acaloradas discusiones en esta temática redundaran benéficamente tanto a nivel científico como personal. No cabe duda que su implicación ha enriquecido el trabajo realizado y, además, ha significado el surgimiento de una sólida amistad.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo este estudio. A mis padres, Petra y Rafael, por su ejemplo de lucha y honestidad; a mis hermanos Rafa, Javier y Jorge por inspirarme a realizar esta tesis. A mis hijos pequeños, Francisco Javier y Gemma, para que algún día sepan que su madre contribuyó con un “granito de arena” al desarrollo del conocimiento en este campo. Y, por último, y no por ello el menos importante a mi marido por su apoyo, tenacidad, esfuerzo y comprensión por ellos y para ellos.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LA TESIS	23
1.1 INTRODUCCIÓN	25
1.2 OBJETIVOS	33
1.3 ANTECEDENTES	34
1.4 ETAPAS	39
1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO DE TESIS	40
CAPÍTULO 2. MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS PELIGROSAS	43
2.1 INTRODUCCIÓN A LAS MERCANCÍAS PELIGROSAS	45
2.1.1 <i>Definición de mercancías peligrosas</i>	45
2.1.2 <i>Clasificación de mercancías peligrosas</i>	46
2.1.2.1 Clase 1: Materiales y objetos explosivos	49
2.1.2.2 Clase 2: Gases	51
2.1.2.3 Clase 3: Líquidos inflamables	53
2.1.2.4 Clase 4.1: Materias sólidas inflamables	55
2.1.2.5 Clase 4.2: Materias que pueden experimentar inflamación espontánea	56
2.1.2.6 Clase 4.3: Materias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables	57
2.1.2.7 Clase 5.1: Materias comburentes	58
2.1.2.8 Clase 5.2: Peróxidos orgánicos	58
2.1.2.9 Clase 6.1 Materias tóxicas	59
2.1.2.10 Clase 6.2: Materias infecciosas	59
2.1.2.11 Clase 7: Materias radioactivas	60
2.1.2.12 Clase 8: Materias corrosivas	60
2.1.2.13 Clase 9: Materias y objetos que presentan peligros diversos	61
2.1.3 <i>Placas, etiquetas y paneles naranjas para el transporte de mercancías peligrosas</i>	62
2.1.4 <i>Documento de control</i>	65
2.1.5 <i>Puertos secos</i>	66
2.1.6 <i>TEU</i>	68
2.1.7 <i>Por regiones geográficas</i>	69
2.1.7.1 Europa	69
2.1.7.2 América del Norte	70
2.1.7.3 Asia	71
2.1.7.4 América Central y del Sur	72
CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE	73

3.1 INTRODUCCIÓN AL ESTADO EL ARTE	75
3.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE	78
3.3 CONCLUSIONES.....	89
CAPÍTULO 4. TRABAJO CON EL PANEL DE EXPERTOS	91
4.1 INTRODUCCIÓN.....	92
4.2 INTEGRANTES DEL PANEL DE EXPERTOS.....	94
4.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	97
4.3.1 <i>Introducción</i>	97
4.3.2 <i>Sistemas de automatización</i>	101
4.3.2.1 Vehículos de guiado automático (AGV).....	101
4.3.2.2 Conducción por motor lineal (LMCS).	103
4.3.2.3 Sistema de automatización basado en red de raíles (GR).	104
4.3.3 <i>Tecnologías de recolección de datos</i>	106
4.3.3.1 Códigos de barras lineales.	106
4.3.3.2 Tarjetas de memoria óptica (OMC).....	109
4.3.3.3 Identificación por radio frecuencia (RFID).....	110
4.3.3.4 Sistemas de localización por satélite.....	111
4.4 TECNOLOGÍAS TICs Y B.I.	112
4.4.1 <i>Aspectos Generales</i>	112
4.4.2 <i>Sistemas Tecnológicos (TIC)</i>	113
4.4.3 <i>Sistemas Business Intelligence (BI)</i>	114
4.4.4 <i>Mercancías Químicas Peligrosas</i>	117
4.4.5 <i>Análisis de Procesos. Requisitos Funcionales y Tecnológicos.</i>	118
4.4.6 <i>Funcionamiento del Sistema</i>	123
4.4.6.1 Subsistema de Entrada.....	123
4.4.6.2 Subsistema de Gestión Almacenamiento.....	124
4.4.6.3 Subsistema de Salida de Contenedores.	125
4.4.7 <i>Requerimientos sistema TIC y Software analizados</i>	126
4.4.8 <i>Análisis soluciones de gestión en el mercado.</i>	133
4.5 SEGURIDAD Y PROTECCIÓN	137
4.5.1 <i>Introducción</i>	137
4.5.2 <i>Legislación de seguridad y protección</i>	139
4.6 MEDIO AMBIENTE.....	152
4.6.1 <i>Estudio global de la normativa medioambiental en relación a una terminal de contenedores de sustancias peligrosas.</i>	152
4.6.2 <i>Requisitos ambientales</i>	186
4.7 CONCLUSIONES.....	192
CAPÍTULO 5. MODELO PROPUESTO	195

5.1 INTRODUCCIÓN.....	197
5.2 EL MÉTODO MULTICRITERIO PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP) DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES.....	198
5.3 DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	201
5.4 CRITERIOS MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	207
5.5 CRITERIOS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TICs).....	215
5.6 CRITERIOS EL SISTEMA DE BUSINESS INTELLIGENCE DE LA PLANTA (BI).....	222
5.7 CRITERIOS DE SEGURIDAD.....	228
5.8 CRITERIOS AMBIENTALES.....	232
5.9 CONCLUSIONES.....	244
CAPÍTULO 6. RESULTADOS.....	245
6.1 MATRICES DE COMPARACIONES Y PESOS LOCALES.....	247
6.1.1 Estructuración.....	247
6.1.2 Encuestas.....	247
6.1.3 Resultados.....	249
6.1.3.1 Maquinaria y Equipos.....	250
6.1.3.2 TICs (Tecnologías de Información y Comunicación).....	255
6.1.3.3 Business Intelligence (BI).....	259
6.1.3.4 Seguridad y Protección.....	264
6.1.3.5 Medio Ambiente.....	265
6.2 PESOS GLOBALES DE LOS CRITERIOS.....	270
6.2.1 Gráfico pesos globales.....	270
6.2.2 Tabla comparativa de los pesos globales.....	271
6.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	276
6.4 CONCLUSIONES.....	287
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....	293
CAPÍTULO 8. REFERENCIAS.....	302

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA CON ETAPAS QUE SE PRODUCEN DURANTE LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS PELIGROSAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	28
FIGURA 2. TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN EUROPA. AÑO 2013. UNIDAD DE MEDIDA: MILLONES DE TONELADAS POR KM. FUENTE: EUROSTAT, 2015.....	36
FIGURA 3. ESQUEMA DE ETAPAS DE LA TESIS.....	39
FIGURA 4. ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	42
FIGURA 5. ETIQUETAS PARA CLASE 1.....	51
FIGURA 6. ETIQUETAS CLASE 2.....	53
FIGURA 7. ETIQUETAS CLASE 3.....	54
FIGURA 8. ETIQUETA CLASE 4.1	55
FIGURA 9. ETIQUETA CLASE 4.2	56
FIGURA 10. ETIQUETAS CLASE 4.3.....	57
FIGURA 11. ETIQUETA CLASE 5.1	58
FIGURA 12. ETIQUETAS CLASE 5.2.....	58
FIGURA 13. ETIQUETAS CLASE 6.1.....	59
FIGURA 14. ETIQUETAS CLASE 6.2	59
FIGURA 15. ETIQUETAS CLASE 7	60
FIGURA 16. ETIQUETA CLASE 8.....	61
FIGURA 17. ETIQUETAS CLASE 9	61
FIGURA 18. DIMENSIONES DE LA ETIQUETA PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS.....	63
FIGURA 19. PANEL DE TRANSPORTE NARANJA.	63
FIGURA 20. PLACAS Y ETIQUETAS EN VEHÍCULO CAJA	64
FIGURA 21. CONTENEDOR DE MERCANCÍAS PELIGROSAS CON ETIQUETAS IDENTIFICADORAS QUE DEBE LLEVAR E INDICANDO DONDE DEBEN ESTAR.	64
FIGURA 22. CISTERNA CON VARIOS COMPARTIMENTOS, EN ESTE EJEMPLO GASOLINA + ÁCIDO CLORHÍDRICO	65
FIGURA 23. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO.....	100
FIGURA 24. ESQUEMA QUE REPRESENTA LAS INTERSECCIONES DE LAS CARRETERAS	103
FIGURA 25. REPRESENTACIÓN SISTEMAS DE CONDUCCIÓN POR MOTOR LINEAL.....	104
FIGURA 26. RED DE RAÍLES SUSPENDIDOS.....	105
FIGURA 27. DIBUJO DEL SISTEMA DE LANZADERAS DE UNA RED DE RAÍLES SUSPENDIDOS.....	105
FIGURA 28. CÓDIGO DE BARRAS LINEAL	107
FIGURA 29. CÓDIGO DE BARRAS DE DOS DIMENSIONES	108
FIGURA 30. TARJETAS DE MEMORIA ÓPTICA	109

FIGURA 31. SISTEMA PARA IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIAS	110
FIGURA 32. S.O. TERMINAL CONTENEDORES Y SUBSISTEMAS	118
FIGURA 33. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL SIGI.	119
FIGURA 34. MODELO JERÁRQUICO PROPUESTO	203
FIGURA 35. CAPTURA DE PANTALLA DEL MODELO PLANTEADO.....	205
FIGURA 36. ESQUEMA EN “SUPERDECISIONS” DE LOS CRITERIOS INTERVINIENTES EN EL ÁREA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	209
FIGURA 37.ESQUEMA EN “SUPERDECISIONS” DE LOS CRITERIOS DEFINIDOS EN TICs.....	216
FIGURA 38. ESQUEMA EN “SUPERDECISIONS” DE CRITERIOS BI	223
FIGURA 39. ESQUEMA EN “SUPERDECISIONS” DE CRITERIOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN...	231
FIGURA 40. ESQUEMA EN “SUPERDECISIONS” DE LOS CRITERIOS DE MEDIOAMBIENTE	238
FIGURA 41. EJEMPLO DE MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CRITERIO INFRAESTRUCTURA EN EL ÁREA DE TIC.	249
FIGURA 42. GRÁFICO DE BARRAS DE LOS PESOS GLOBALES ORDENADOS DE MAYOR A MENOR	270
FIGURA 43. CRITERIOS CON MAYOR PESO QUE REPRESENTAN EL 80% DEL PESO GLOBAL CUANDO TODOS LOS CRITERIOS PESAN IGUAL.	275
FIGURA 44. CRITERIOS CON MAYOR PESO QUE REPRESENTAN UN 80% DEL PESO TOTAL CUÁNDO MAQUINARIA Y EQUIPOS TIENE MÁS PESO (EL 30%).....	277
FIGURA 45. CRITERIOS CON MAYOR PESO QUE REPRESENTAN UN 80% DEL PESO TOTAL CUANDO EL GRUPO DE TIC TIENE MÁS PESO (EL 30%).....	278
FIGURA 46. CRITERIOS CON MAYOR PESO QUE REPRESENTAN UN 80% DEL PESO TOTAL CUANDO BI TIENE MÁS PESO (EL 30%).....	279
FIGURA 47. CRITERIOS CON MAYOR PESO QUE REPRESENTAN UN 80% DEL PESO TOTAL CUANDO SEGURIDAD Y PROTECCIÓN TIENE MÁS PESO (EL 30%)	280
FIGURA 48. CRITERIOS CON MAYOR PESO QUE REPRESENTAN UN 80% DEL PESO TOTAL CUANDO EL GRUPO MEDIO AMBIENTE TIENE MÁS PESO (EL 30%)	281

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. EVOLUCIÓN EN EL TRANSPORTE DE CONTENEDORES EN LOS PUERTOS 2008-2013. MEDIDAS EN TEU (UNIDAD EQUIVALENTE VEINTE PIES) FUENTE:(UNCTD, 2015)	30
TABLA 2. MERCANCÍAS PELIGROSAS Y OPERACIONES REALIZADAS EN 2005. MEDIDAS EN TONELADAS. FUENTE: ESTADÍSTICAS DE LOS INFORMES ANUALES DE 2005. (MINISTERIO DE FOMENTO, 2015)	31
TABLA 3. 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. FUENTE: CEFIC CHEM DATA INTERNATIONAL 2014.....	35
TABLA 4. TOTAL DE MERCANCÍAS PELIGROSAS TRANSPORTADA POR TREN (EN TONELADAS) EN ESPAÑA. FUENTE: EUROSTAT, 2015	36
TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE MERCANCÍAS PELIGROSAS PARA TRANSPORTE	49
TABLA 6. NÚMERO DE PUBLICACIONES Y PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL OBTENIDOS EN WEB OF SCIENCE INTRODUCIENDO LAS PALABRAS CLAVE “CONTAINER TERMINAL” DURANTE LOS AÑOS 2006 A 2014.....	76
TABLA 7. INTERSECCIONES DE LAS CARRETERAS QUE EL SOFTWARE DE GESTIÓN TIENE QUE ESTABLECER UNAS PREFERENCIAS DE PASO PARA EVITAR COLISIONES.....	102
TABLA 8. REQUISITOS SOFTWARE / HARDWARE	127
TABLA 9. REQUISITOS DE FUNCIONALIDAD INTERNA	130
TABLA 10. REQUISITOS DE USABILIDAD E INTERFAZ USUARIO	132
TABLA 11. SOLUCIONES DE MERCADO.....	133
TABLA 12. REQUISITOS SOLUCIONES DE MERCADO	136
TABLA 13. COSTES SOLUCIONES DE MERCADO. FUENTE: ENAPU.....	136
TABLA 14. NORMATIVA SEGURIDAD Y PROTECCIÓN	149
TABLA 15. NORMAS DE ESTANDARIZACIÓN ESTABLECIDAS PARA MEJORAR LA CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN DE LA TERMINAL DE CONTENEDORES PARA MERCANCÍAS PELIGROSAS.	150
TABLA 16. METODOLOGÍAS PROVENIENTES DEL SECTOR QUÍMICO INTERNACIONAL QUE SE VAN A TENER EN CUENTA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE MERCANCÍAS PELIGROSAS.	151
TABLA 17. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA EN MATERIA DE RESIDUOS.	163
TABLA 18. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES Y VERTIDOS.....	166
TABLA 19. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA.	172
TABLA 20. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA EN MATERIA DE SUELOS CONTAMINADOS.....	174
TABLA 21. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	175
TABLA 22. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA EN MATERIA URBANÍSTICA.	179

TABLA 23. LEGISLACIÓN DE REFERENCIA EN MATERIA DE PAISAJE	181
TABLA 24. INSTRUMENTOS LEGISLATIVOS HORIZONTALES.....	182
TABLA 25. NORMAS DE ESTANDARIZACIÓN	186
TABLA 26. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DE LA MAQUINARIA Y LOS EQUIPOS.	240
TABLA 27. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DE LAS TIC	241
TABLA 28. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DE BI.....	242
TABLA 29. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN	242
TABLA 30. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS EN EL ÁMBITO DE MEDIO AMBIENTE	243
TABLA 31. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	250
TABLA 32. COMPARATIVA DE CRITERIOS ECONÓMICOS DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	251
TABLA 33. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE RENDIMIENTO DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	252
TABLA 34. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE CAPACIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	253
TABLA 35. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE EXPANSIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	254
TABLA 36. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE FUNCIONALIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	254
TABLA 37. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE TIC.....	255
TABLA 38. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE INFRAESTRUCTURAS DE SEGUNDO NIVEL DE TIC ..	256
TABLA 39. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE ADAPTABILIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE TIC	257
TABLA 40. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE CALIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE TIC	257
TABLA 41. COMPARATIVA DE CRITERIOS ECONÓMICOS DE SEGUNDO NIVEL DE TIC.....	258
TABLA 42. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE USABILIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE TIC	258
TABLA 43. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE BI	259
TABLA 44. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE INFRAESTRUCTURAS DE SEGUNDO NIVEL DE BI	260
TABLA 45. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE ADAPTABILIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE BI	261
TABLA 46. COMPARATIVA DE CALIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE BI.....	262
TABLA 47. COMPARATIVA DE CRITERIOS ECONÓMICOS DE SEGUNDO NIVEL DE BI.....	262
TABLA 48. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE USABILIDAD DE SEGUNDO NIVEL DE BI	263
TABLA 49. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN	264
TABLA 50. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE PRIMER NIVEL DE MEDIO AMBIENTE	265
TABLA 51. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE UBICACIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE	266
TABLA 52. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE DISEÑO DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE	267
TABLA 53. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE GESTIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE	268

TABLA 54. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE.....	269
TABLA 55. COMPARATIVA DE CRITERIOS DE EMERGENCIAS DE SEGUNDO NIVEL DE MEDIO AMBIENTE.....	269
TABLA 56. PESOS GLOBALES DE LOS 88 CRITERIOS A PRIORIZAR PRESENTADOS DE MAYOR A MENOR.....	274
TABLA 57. CRITERIOS CON MAYORES PESOS GLOBALES CUANDO TODOS LOS GRUPOS TIENEN EL MISMO PESO.....	282
TABLA 58. LOS 10 CRITERIOS CON MAYORES PESOS GLOBALES CUANDO MAQUINARIA Y EQUIPOS PESA MÁS.....	283
TABLA 59. LOS 10 CRITERIOS CON MAYORES PESOS GLOBALES CUANDO TIC TIENE MAYOR PESO	283
TABLA 60. LOS 10 CRITERIOS CON MAYORES PESOS GLOBALES CUANDO BI PESA MÁS.....	284
TABLA 61. LOS 10 CRITERIOS CON MAYORES PESOS GLOBALES CUANDO SEGURIDAD Y PROTECCIÓN PESA MÁS	284
TABLA 62. LOS 10 CRITERIOS CON MAYORES PESOS GLOBALES CUANDO MEDIO AMBIENTE PESA MÁS QUE LOS OTROS GRUPOS.....	285
TABLA 63. CRITERIOS CON MÁS PESO OBTENIDO DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	286
TABLA 64. CÓDIGOS DE LOS 10 CRITERIOS CON MAYOR PESO Y SU SIGNIFICADO.	299

RESUMEN

En los últimos años se ha producido un incremento considerable del transporte de contenedores de mercancías peligrosas, con la consiguiente congestión de puertos, para dar respuesta a esta problemática, hemos investigado y desarrollado esta tesis. Nuestro objeto de estudio ha sido el análisis de criterios de diseño básico de una terminal interior de contenedores de sustancias químicas peligrosas aplicando el proceso analítico jerárquico (AHP). En particular se ha recurrido al estudio en 5 áreas principales: maquinaria y equipos, Bussines Intelligence (BI), seguridad y protección, Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y medio ambiente que han sido definidos tras el estudio del estado del arte. Para poder definir estas áreas se ha trabajado con un panel de expertos en la determinación y análisis de los criterios. Analizando mediante el método todos los factores y determinando los pesos locales y globales. Se han priorizado un total de 88 criterios. Los resultados de esta investigación servirán en próximos estudios para aplicarlos a la selección de terminales con el método proceso analítico en red (ANP).

ABSTRACT

During the last years the dangerous goods containers transport are increasing generating port congestion. We had analyzed the criteria for designing an inland dangerous goods container terminal using Analytic Hierarchic Process (AHP). Particularly we had work in 5 areas defined after studying the state of the art: machines and instruments, Business Intelligence (BI), protection and security, Technologies Information and Communication (TIC) and environment. In our study an expert panel has participated on the criteria defining and for obtaining criteria weights. We have defined 88 criteria. The results are of great interest for future applications on the design of container terminals with dangerous goods and will be applied in the selection process of terminals with the Analytic Network Process (ANP).

RESUM

En els últims anys s'ha produït un increment considerable del transport de contenidors de mercaderies perilloses, amb la consegüent congestió de ports. Per donar resposta a aquesta problemàtica hem investigat i desenvolupat aquest treball de tesi. El nostre objecte d'estudi ha estat l'anàlisi de criteris de disseny bàsic en una terminal interior de contenidors de substàncies químiques perilloses aplicant-hi el procés analític jeràrquic (AHP, Analytic Hierarchic Process). En particular, l'estudi s'ha focalitzat en cinc àrees principals: maquinària i equips, Business Intelligence (BI), seguretat i protecció, Tecnologies de la Informació i la Comunicació (TIC) i, finalment, medi ambient. Per poder definir aquestes àrees s'ha treballat, amb l'ajut d'un panell d'experts, en la determinació i l'anàlisi dels criteris de disseny de la terminal, estudiant els factors i determinant-ne els pesos locals i globals. En total, s'hi han prioritzat i avaluat més de vuitanta criteris de disseny diferents. Com a línies obertes de treball, els resultats d'aquesta investigació serviran per fer la selecció de terminals mitjançant el mètode anomenat procés analític en xarxa (ANP, Analytic Network Process).

CAPÍTULO 1. Introducción a la tesis

1.1 Introducción

Durante los últimos años ha aumentado el volumen del comercio internacional, en gran parte originado por la incorporación de Rusia y China a la economía de mercado. En 2012 la Unión Europea fue el mayor exportador en valor (1.686 billones de Euros) seguida de China (1.595 billones de euros), mientras que Estados Unidos presentó el mayor valor de importaciones (1816 billones de Euros).(Eurostats,2015). Esto implica un gran movimiento de mercancías que deben ser transportadas a lo largo de todo el mundo con el consiguiente impacto económico y medioambiental.

Las políticas de transporte en Europa están enfocadas hacia el desarrollo de soluciones para el transporte sostenible. (European Commission, 2010) El transporte por carretera sigue siendo indispensable y se debe avanzar en encontrar métodos que contribuyan a una combinación adecuada y flexible entre los diferentes modos de transporte. Una de las opciones propuestas consiste en potenciar el transporte intermodal, que consiste en utilizar varios modos de transporte de una mercancía (carretera, ferrocarril, transporte marítimo de corta distancia y vías navegables interiores) desde su lugar hasta su destino final. Esto es reconocido como una importante opción que busca influir en la distribución hacia modos más sostenibles (European Intermodal Research Advisory Council, 2010).

Los principales componentes de un sistema de transporte son los modos (marítimo, ferrocarril, carretera, aéreo). En el caso de que estos modos combinen entre ellos, el transporte será multimodal o intermodal, pudiendo ser bimodal si hay exclusivamente dos modos de transporte. Los otros componentes son los medios utilizados para el transporte de la mercancía que en nuestra investigación van a ser los contenedores que se almacenan en depósitos, como las terminales.

La gestión integrada del transporte requiere un cierto nivel de integración de negocio que exige confianza de las partes interesadas en el transporte marítimo y por ferrocarril considerado tradicionalmente con periodos de entrega de la mercancía mayores que la carretera y en consecuencia a menudo un punto de vista de la cooperación a largo plazo.

Las principales innovaciones en el transporte de mercancías son mejoras en el diseño de contenedores y su manipulación (por ejemplo, contenedores apilados en doble fila (“double-stacking of containers”), mejoras en la seguridad para evitar accidentes, aumento de la cooperación entre los distintos modos de transporte y desarrollo de terminales o puertos secos que aseguren flexibilidad y prevengan la congestión de carreteras y puertos. Por ejemplo, la creciente demanda de descongestión de los puertos europeos requiere de innovaciones y estudios en el manejo de tecnologías y procesos de gestión de la cadena de suministro relacionado con el contenedor. (European Transport and Mobility, 2015).

La política en materia de transportes de la Unión Europea aboga por reducir el volumen de vehículos que circulan diariamente por las carreteras europeas, consiguiendo por un lado, reducir el impacto medioambiental, disminuyendo las emisiones contaminantes de gases de efecto invernadero *GHG (Green House Gas Emission)* que provoca el transporte de las mercancías y, por otro, aumentar la seguridad y disminuir el número de accidentes. (European Intermodal Research Advisory Council, 2010).

Ante este escenario, existen dos modos de transporte que pueden contribuir al objetivo de la política comunitaria: el ferrocarril y el transporte marítimo de corta distancia. Estos dos modos de transporte son la esencia de la intermodalidad y, por tanto, dos

soluciones para poder conseguir en un futuro diseñar cadenas logística intermodales (Yasanur, 2010)

Si se quiere abogar por que las mercancías sean transportadas por diferentes medios de transporte, es fundamental el uso de contenedores, donde un contenedor representará la unidad de carga. El empleo de contenedores reduce la cantidad de uso de envases y embalajes así como la posibilidad de daños a lo largo de la cadena de transporte. La universalización del uso del contenedor para el transporte de mercancías, tanto por mar como por tierra hace necesarios puntos interiores especializados en la manipulación y tratamiento de estos contenedores y sus mercancías.

La Figura 1 presenta un esquema de los procesos de distribución que se producen durante el transporte de mercancías peligrosas.

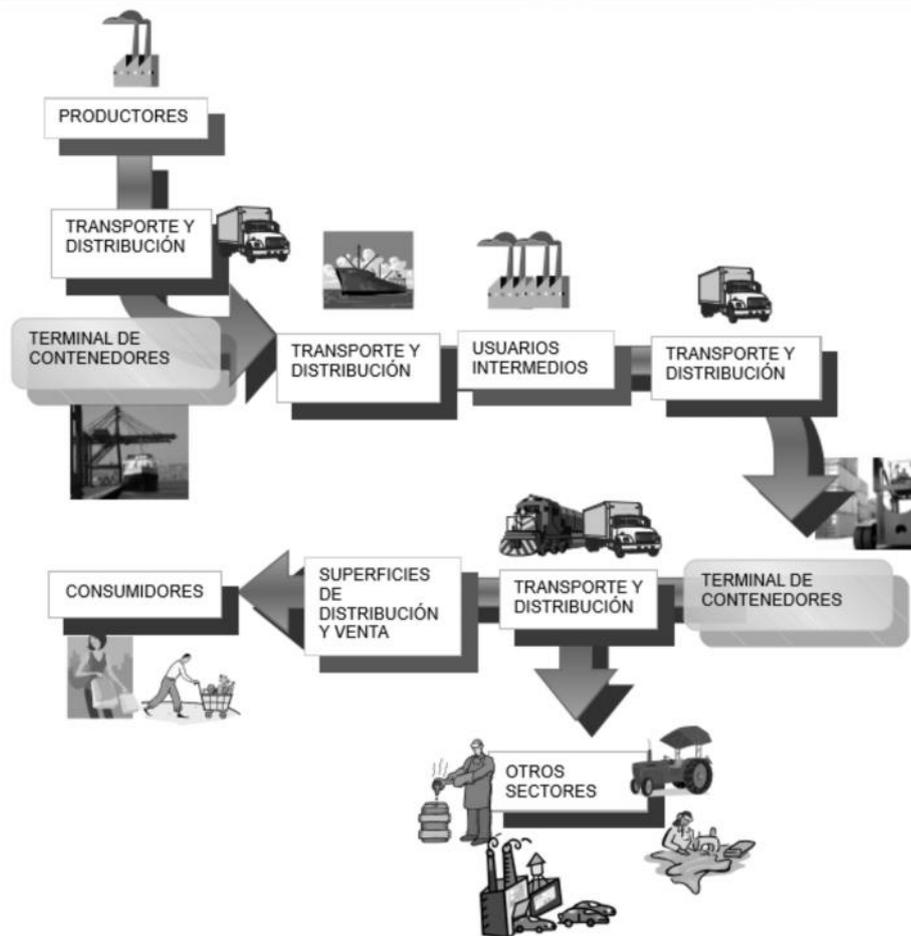


Figura 1. Esquema con etapas que se producen durante la cadena de distribución de mercancías peligrosas (Fuente: Elaboración propia)

Como se ha comentado los principales componentes de un sistema de transporte son:

- Los modos de transporte. En el caso de que sean combinados el transporte será multimodal o intermodal, pudiendo ser bimodal si hay exclusivamente dos modos de transporte.
- Las unidades de carga. En este trabajo se considera el contenedor como unidad estandarizada para el transporte.

La unidad de medida empleada para un contenedor es el TEU (twenty foot equivalent unit).

- Las terminales. Son nodos de transferencia de cargas entre los diferentes modos de transporte. También funcionan como plataforma logística con servicio de valor añadido a las mercancías (almacenaje, consolidación y desconsolidación, etc.). Como se puede ver en la figura 1 existe al menos una etapa en las que las mercancías están almacenadas en una terminal de contenedores. Este tipo de infraestructura que contribuye a la potenciación de la logística intermodal entre puertos y ferrocarril/carretera recibe la denominación de terminales marítimas interiores o puertos secos.

Los puertos secos están normalmente conectados por vía férrea con uno o varios puertos marítimos y funcionan como centro de concentración y distribución de tráfico marítimo. Su especialización intermodal contribuye a reforzar y ampliar el área de influencia de los puertos. En caso de que la terminal esté ubicada en el interior de un recinto privado recibe el nombre de terminal de interior, mientras que la definición de puerto seco está normalmente vinculada a una autoridad pública portuaria.

Los puertos secos y las terminales de interior en el sistema multimodal, presentan la ventaja de permitir que los sellos del contenedor permanezcan intactos desde un lugar cercano al embarcador hasta un lugar cercano a su destino final, garantizando la disminución de pérdidas y reclamos por mala manipulación.

Además de lo relacionado con el sello y los documentos pertinentes, el equipo involucrado en la operación de los puertos secos, especialmente el equipo rodante, mejora su funcionamiento, disminuyendo el número de viajes con el equipo vacío, así como la congestión y el desgaste a las vías de acceso al Puerto Marítimo.

En regiones y países que no poseen acceso directo al mar, la presencia de los puertos secos y terminales interiores permite que se realicen localmente ciertas actividades que antes eran realizadas en el puerto marítimo, lo cual agiliza las operaciones del puerto marítimo y descongestiona en parte su labor, aporta un completo control y genera empleo en el área. Lo anterior estará presente siempre y cuando existan Acuerdos Bilaterales de Tránsito entre los países involucrados.

El transporte de contenedores ha aumentado considerablemente en las últimas décadas (UNCTD, 2015). Como ejemplo de este aumento se presentan datos sobre la evolución en el transporte de contenedores en los puertos obtenidos de estadísticas (Tabla 1) de los últimos cinco años para varios países europeos y asiáticos.

Año	Francia	Alemania	China	Singapur	España	EEUU
2009	4.674.198	13.296.300	108.799.934	26.592.800	11.803.192	37.353.575
2010	5.559.977	14.821.767	130.290.443	29.178.500	12.613.016	42.337.513
2011	5.588.228	17.218.712	144.641.878	30.727.702	13.947.442	42.915.461
2012	5.939.179	18.884.134	160.058.524	32.498.652	14.184.681	44.211.498
2013	6.371.721	19.039.315	174.080.330	33.516.343	14.020.162	44.255.378

Tabla 1. Evolución en el transporte de contenedores en los puertos 2008-2013. Medidas en TEU (Unidad Equivalente Veinte Pies)
Fuente:(UNCTD, 2015)

En España en el año 2013, el conjunto del sistema portuario de titularidad estatal movió 458,9 millones de toneladas de mercancías en contenedores, de las cuales el 7% corresponde al transporte de mercancías peligrosas (Puertos del Estado, 2015). La Tabla 2 muestra los datos recientes de transporte terrestre de mercancías peligrosas que corresponden a las

estadísticas de los informes anuales del año 2005.

CLASE	CARGA	DESCARGA	TRANSPORTE
1.Explosivos	304.756	279.538	1.197.805
2.Gases	26.623.311	50.442.170	36.242.800
3. Líquidos inflamables	395.669.483	867.249.265	7.753.742.476
4.1.Sólidos inflamables	2.202.901	2.471.051	1.131.152
4.2.Materias que experimentan inflamación espontánea	289.555	230.283	213.943
4.3.Materias que al contactar con agua desprenden gases inflamables	153.880	5.337.984	172.634
5.1. Comburentes	11.304.855	12.138.824	8.169.545
5.2.Peróxidos orgánicos	51.851	36.803	132.439
6.1. Sustancias tóxicas	9.424.404	12.301.993	10.193.151
6.2.Sustancias infecciosas	19.864	1.884.133	1.714.351
7.Sustancias radiactivas	67.790	69.204	76.025
8.Sustancias corrosivas	263.533.685	259.539.577	118.748.190
9. Materias y objetos peligrosos diversos	38.708.885	36.613.702	81.165.979

Tabla 2. Mercancías Peligrosas y operaciones realizadas en 2005.
Medidas en Toneladas. Fuente: Estadísticas de los
informes anuales de 2005. (Ministerio de Fomento, 2015)

Como se puede observar, el 97% del transporte corresponde a la clase 3. Líquidos inflamables (productos derivados del petróleo).

Siguiendo las tendencias generales cabe suponer que también estas cantidades han aumentado desde esa fecha. Debido a este aumento en el transporte de mercancías peligrosas y a la saturación de los puertos con el resto de mercancías, las empresas están buscando alternativas para el transporte y almacenaje seguro de las mercancías peligrosas. Además existe legislación muy restrictiva que limita el tiempo de permanencia de éstas en los puertos, lo que estimula aún más la búsqueda de soluciones y el interés para crear terminales terrestres o puertos secos privados.

Esta tesis se centra en el estudio de los criterios que se deben considerar en el diseño de terminales interiores de contenedores de mercancías peligrosas. La presente investigación nace de la demanda por parte de un cliente de AITEC (Asesores Internacionales de Tecnología S.R.L), que requirió colaboración para diseñar una terminal de interior terrestre que se adaptara a sus necesidades. Este cliente es un operador logístico, empresa nacional que da respuesta a clientes internacionales de la industria química.

El diseño de una terminal interior para el almacenamiento de contenedores de mercancías peligrosas, es un problema complejo, en el que intervienen multitud de factores: seguridad, maquinaria y equipos, protección contra intrusos, etc., que los diseñadores tienen que tener en cuenta durante el proceso de diseño. Hasta el momento actual, la literatura aborda este problema de modo parcial, por ejemplo, estudio del problema de optimización del movimiento (Sánchez et al, 2006), seguimiento de información para prevenir robos de mercancías (Tsai 2006), Estudios de distribución en planta (Kim & Kim 2002), reducción del consumo de energía (Junliang et al, 2015). Sin embargo, no se ha encontrado en la literatura ningún trabajo que aborde todo el problema de una manera holística. Por ello se decidió realizar esta investigación para dotar a los técnicos responsables del diseño de terminales interiores, de una herramienta metodológica que les

ayude a identificar y priorizar los criterios que deben tener en cuenta a la hora de diseñar una terminal de estas características.

El problema se aborda con el método multicriterio de ayuda a la decisión, Proceso Analítico Jerárquico (AHP), propuesto por el Profesor Thomas Saaty de la Universidad de Pittsburgh en 1980 (Saaty, 1980).

1.2 Objetivos

Por todo lo expuesto en el apartado anterior, las preguntas fundamentales que se plantean en este trabajo son:

- ¿Qué criterios intervienen en el diseño de una terminal interior de mercancías de contenedores?
- ¿Cómo se definen y analizan dichos criterios?
- ¿Cómo se identifica al panel de expertos que ha de definir y ponderar los criterios?
- ¿Cómo se puede establecer prioridades entre ellos?
- ¿Cómo afectan a los resultados los posibles cambios en las ponderaciones de los criterios?

La Hipótesis de partida de esta tesis es: “que el uso de una herramienta basada en técnicas de Análisis Multicriterio de Decisiones mejora el proceso actual de análisis de criterios de diseño básico de una terminal de contenedores de sustancias químicas peligrosas”.

El objetivo general de la investigación realizada en la presente tesis es “contribuir a la mejora del proceso de diseño básico de terminales de mercancías peligrosas, dotando a los diseñadores de este tipo de terminales de una herramienta metodológica que les permita identificar, analizar y ponderar los criterios que intervienen en el diseño, contribuyendo así a que los responsables técnicos realicen un planteamiento estructurado y ordenado desde

la fase de inicio del proyecto”.

A partir de este objetivo general, se derivan los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar una exhaustiva investigación para identificar los criterios que intervienen en el diseño de terminales interiores de almacenamiento de mercancías peligrosas.
2. Recopilar y clasificar toda la investigación realizada en este campo que, hasta el momento actual, se encontraba dispersa y estructurada en áreas independientes para ordenarla y ver la importancia relativa que cada una de estas áreas aporta al problema global del diseño de la terminal.
3. Desarrollar un modelo basado en el Análisis Multicriterio de Decisiones (MCDA), que permita tener en consideración de una manera holística todos los criterios y realizar una ponderación de los mismos de un modo trazable, agregando las opiniones de diferentes expertos.

Para lograr el objetivo de esta tesis, además de realizar una exhaustiva revisión bibliográfica, se buscó e identificó a un panel de expertos que participara en la propuesta de criterios, en la estructuración de los mismos y en su ponderación.

1.3 Antecedentes

En general, una mercancía peligrosa o materia peligrosa es toda aquella dañina o perjudicial, que durante su fabricación, utilización, transporte, almacenaje o uso, pueda generar o desprender polvos, humos, vapores o fibras infecciosas, explosivas, irritantes o, tóxicas o de cualquier naturaleza peligrosa que puedan suponer un riesgo para la salud humana o que puedan causar daños a las instalaciones o vehículos en los que vaya a ser almacenado o transportado.

Según datos del Consejo Europeo de la Industria Química Europea, Chemical Industry Council (CEFIC,2015), en 2013 la Unión Europea produce el 16.7% de todos los productos químicos del mundo. La tabla 3 presenta los valores de ventas de productos químicos en billones de euros para distintas regiones y para el mundo durante el año 2013. Desde 2003 a 2013, últimos datos disponibles, las ventas han pasado de un mercado global de 1,326 billones de euros a 3,156 billones de euros.

Región ¹	Billones de Euros	Porcentaje (%)
EU28	0,527	16,7
Resto Europa	0,103	3,3
Nafta	0,528	16,7
Latino América	0,144	4,6
Resto de Asia	0,408	12,9
China	1,047	33,2
Japón	0,152	4,8
Corea del Sur	0,132	4,2
India	0,072	2,3
Resto del mundo	0,044	1,4
Total	3,156	100

Tabla 3. 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. Fuente: Cefic Chem Data International 2014

¹Resto de Europa incluye Suiza, Noruega, Turquía, Rusia y Ucrania.
NAFTA: North American Free Trade Agreement. Resto de Asia excluye China, India, Japón y Corea del Sur.

En España, en el año 2014, el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril ha experimentado un incremento considerable (Tabla 4).

Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Toneladas	943	2.266	2328	2.320	1.639	1.663	3.862

Tabla 4. Total de mercancías peligrosas transportada por tren (en toneladas) en España. Fuente: Eurostat, 2015

Además las cifras sobre el transporte de mercancías peligrosas muestran también una clara tendencia al crecimiento. El transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril ha variado en la Unión Europea (EU) dependiendo del año sufriendo subidas y bajadas (Eurostat 2015).

En cuanto al transporte anual por carretera de mercancías peligrosas en el mapa de la Figura se muestra el volumen que se movió en Europa en 2013.

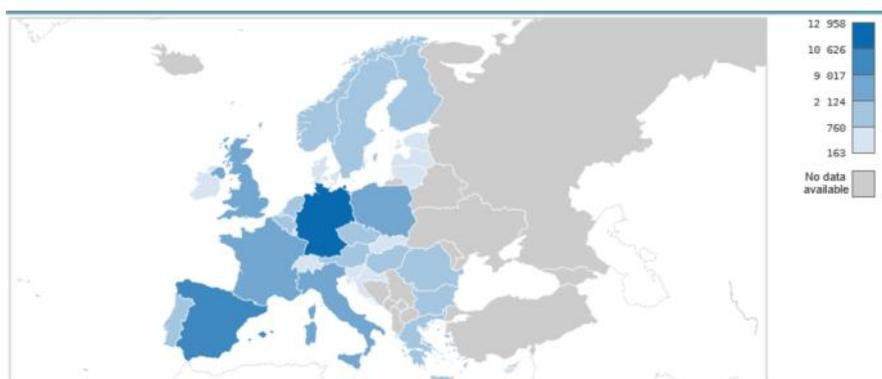


Figura 2. Transporte de mercancías peligrosas en Europa. Año 2013. Unidad de medida: Millones de toneladas por km. Fuente: Eurostat, 2015

Para facilitar el transporte, manejo y reconocimiento de este tipo de mercancías existen unos códigos establecidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU), conocidos como el Libro Naranja y cuya decimotercera edición se publicó en 2003

otorgando la clasificación de las mercancías peligrosas en clases (ver Capítulo 2)

Además de esta clasificación debemos tener en cuenta que la identificación de una sustancia dentro de una clase determinada no nos indica su grado de peligrosidad respecto a otra clase o incluso dentro de la misma. Por eso se desarrolló el concepto de grupos de embalaje (GE), que dan una apreciación sobre el grado de peligrosidad del producto. De estos grupos existen tres niveles bien diferenciados:

- Grupo de embalaje I: Materias muy peligrosas
- Grupo de embalaje II: Materias medianamente peligrosas
- Grupo de embalaje III: Materias de peligrosidad menor

Las mercancías peligrosas presentan además una mayor limitación de almacenamiento que viene definido en el Real Decreto 145/1989, de 20 de enero) publicado en el BOE núm. 37 de 13 de Febrero de 1989, por el que se aprueba el Reglamento de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas en los Puertos.

Con excepción de los terminales, o pantalanes específicos u otras instalaciones autorizadas para las operaciones de almacenamiento de determinadas mercancías peligrosas, éstas deben permanecer en el muelle el menor tiempo posible y se prohibirá su almacenamiento en el mismo, salvo autorización expresa y escrita del Director del puerto por un plazo superior a ocho días hábiles y tanto más corto cuanto mayor sea la cantidad o peligrosidad de la mercancía. No obstante, en circunstancias excepcionales, se podrá prorrogar este plazo mediante resolución motivada, adoptándose las medidas de prevención necesarias.

En ningún caso se concederá la autorización para los líquidos inflamables con el punto de inflamación igual o inferior a 23 °C (73 °F), así como para los gases comprimidos, licuados o disueltos a

presión que sean inflamables o tóxicos o que presenten riesgos para las vías respiratorias. Tampoco se concederá esta autorización a las mercancías que se especifican en el artículo 15 de este real decreto, es decir, mercancías que por su especial peligrosidad exigen autorización especial.

El fuerte desarrollo del transporte, en particular del transporte marítimo, sólo ha sido posible debido a la evolución del transporte intermodal que permite un flujo de mercancías continuo impidiendo la rotura de la cadena de transporte. La gestión integrada del transporte requiere un cierto nivel de integración de negocio que exige confianza y en consecuencia a menudo un punto de vista de la cooperación a largo plazo.

Este estudio aborda problemas relevantes del mercado de contenedores que se deben afrontar con carácter urgente para hacer frente a las exigencias y necesidades específicas que las diferentes categorías de mercancías, como productos químicos, peligrosos o de otros productos clasificados, deberán incorporar con el fin de mejorar la seguridad y el medio ambiente, pero también la eficiencia de las terminales de contenedores.

Abordar los requisitos específicos relativos a los contenedores especiales de mercancías (SFC- Special Freight Containers) en relación con la seguridad, el medio ambiente y la logística entre otros puede conducir a soluciones a largo plazo sostenibles. Este hecho disminuirá los costos de logística y medio ambiente así como los riesgos derivados de este tipo de mercancías.

Por otro lado, la modelización y optimización de procesos relativos a SFCs podría ser aplicable a la mejora de los procesos de almacenaje en las terminales y sistemas de gestión con el fin de hacer frente a las limitaciones espaciales de los puertos congestionados y zonas pobladas cercanas.

1.4 Etapas

Dentro del proceso de toma de decisiones, en este trabajo se ha desarrollado el proceso analítico jerárquico, AHP. En la Figura 4 se presenta el esquema de las etapas realizadas para la priorización de criterios.

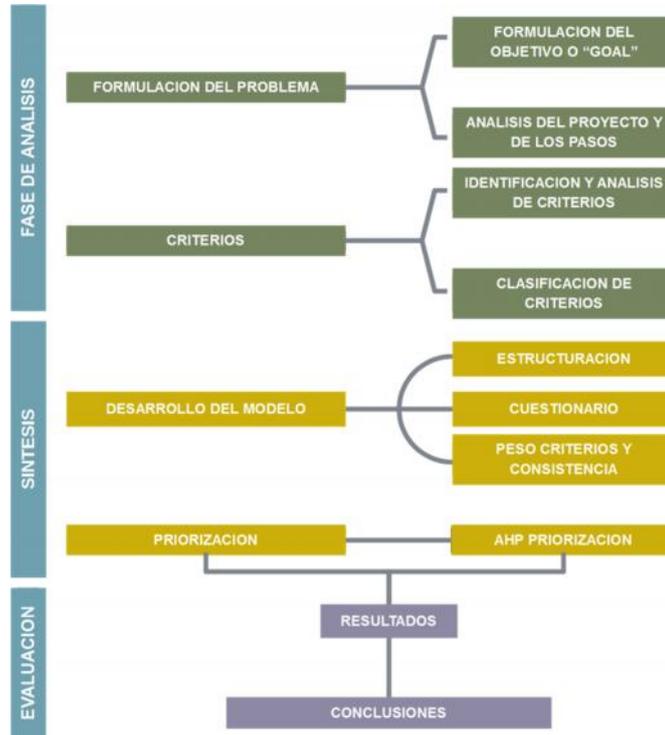


Figura 3. Esquema de etapas de la tesis

La primera etapa, formulación del problema, se realizó mediante reuniones con la empresa cliente de AITEC que requirió colaboración para diseñar una terminal de interior que se adaptara a sus necesidades.

A continuación se realizó un exhaustivo estudio del estado del arte para obtener criterios para evaluar el diseño requerido y concluyéndose que habitualmente no se han abordado estudios integrales de diseño aplicados a las terminales de contenedores

con sustancias peligrosas.

Posteriormente se contactó con un equipo de expertos con una amplia experiencia técnica y un reconocido prestigio en su área. Con este panel de expertos, se han identificado los criterios en base a la información sobre el estado del arte y a la proporcionada por los propios expertos, realizando diversas reuniones y trabajando por consenso. Estos expertos también han participado en la elaboración del modelo jerárquico y priorización de los criterios. Para la priorización se ha utilizado el método AHP, apoyándonos en el software “Superdecision”.

El modelo propuesto consta de un total de 88 criterios que se incluyen en diferentes grupos dentro de las siguientes categorías principales: Maquinaria y Equipos, Tecnologías y de la Información y la Comunicación (TICs), Bussiness Intelligence (BI), Seguridad/Protección y Medio ambiente.

Los miembros del panel de expertos han quedado satisfechos con el proceso de toma de decisiones y con los resultados estratégicos obtenidos. Los criterios han sido identificados correctamente y los resultados obtenidos han dado una priorización que se ha considerado satisfactoria.

1.5 Estructura del documento de tesis

En el capítulo 2 de esta tesis se introducen algunos conceptos básicos para efectuar las operaciones de carga, descarga y/o transporte de mercancías peligrosas.

En el capítulo 3 se presenta el trabajo realizado sobre el estado actual del conocimiento en relación al transporte de mercancías peligrosas. Se expone hacia donde se han enfocado las investigaciones de los últimos años, mostrando el interés del tema de esta tesis.

En el capítulo 4 de esta tesis se presenta el panel de expertos que ha participado en el establecimiento de los criterios. Este capítulo describe la información más relevante de sus tareas.

En el capítulo 5 se describe el método AHP y se expone el modelo jerárquico propuesto, enumerando los criterios obtenidos dentro de la fase de análisis.

En el capítulo 6 se muestra los pesos obtenidos usando el modelo jerárquico expuesto en el capítulo anterior, una vez obtenidas las prioridades de los expertos, recogidas mediante el uso de cuestionarios. Asimismo se analizan los resultados obtenidos.

Por último, en el capítulo 7 se presentan las conclusiones, tanto del método como del trabajo realizado, analizando los puntos clave que hay que considerar para que los resultados presentados en esta tesis permita el planteamiento de posibilidades de estrategias de desarrollo futuro en ésta temática. También se apuntan las líneas de trabajo futuras.

Por tanto, los capítulos 2, 3 y 4 presentan la parte inicial de análisis y los siguientes, capítulo 5 y 6 presentan la parte de síntesis (ver figura 4).

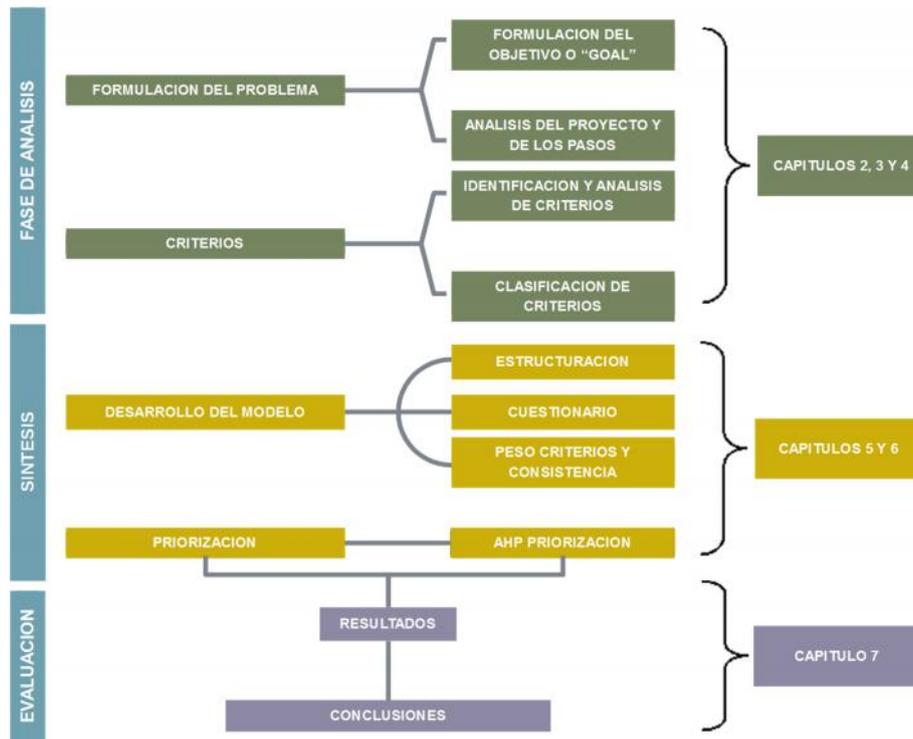


Figura 4. Esquema de la estructura de la tesis

CAPÍTULO 2. Manipulación de mercancías peligrosas

2.1 Introducción a las mercancías peligrosas

2.1.1 Definición de mercancías peligrosas

En el Real Decreto 145/1989, de 20 de enero, publicado en el BOE núm. 37 de 13 de Febrero de 1989, se aprueba el Reglamento de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas en los Puertos. En el mismo, vigente desde la fecha, se define el concepto de mercancía peligrosa como cualquier materia, producto o sustancia envasada, embalada o a granel, que tenga las propiedades indicadas para las sustancias de las clases que figuran en el Código IMDG (Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas), así como cualquier otra sustancia que pueda constituir una amenaza para la seguridad en el área portuaria o de sus proximidades.

Se consideran también mercancías peligrosas aquellas que, embarcadas a granel, no estando incluidas en el Código IMDG, están sujetas a los requerimientos de los Códigos de la OMI (Organización Marítima Internacional) titulados:

- «Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel.»
- «Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel.»
- «Código para buques existentes que transporten gases licuados a granel», así como en las secciones pertinentes y en las partes conexas del apéndice B del código de prácticas de seguridad relativas a las cargas sólidas a granel.

En el concepto de mercancías peligrosas se incluyen igualmente los recipientes, cisternas, envases, embalajes y contenedores que hayan contenido estas clases de mercancías, salvo que hayan sido debidamente limpiados, desgasificados, inertizados y secados o cuando dichos recipientes, por la naturaleza de las mercancías que

hayan contenido, puedan ser herméticamente cerrados con toda seguridad.

También se indica en este real decreto que necesitarán autorización especial escrita para la admisión al puerto las siguientes mercancías:

- Nitrato amónico, con concentración igual o superior al 23 por 100 de nitrógeno.
- Desechos químicos con intención de verterlos o quemarlos en el mar.
- Cloro y los gases similares siguientes: Tricloruro de boro, bromuro de hidrogeno (anhidro), cloruro de hidrógeno (anhidro), dimetilamina (anhidra), etilamina (anhidra), monometilamina (anhidra), cloruro de nitrosilo (anhidro), mezclas de hidrocarburos y monóxido de carbono, monóxido nítrico, óxido nítrico y tetróxido de nitrógeno, trimetilamina (anhidra), dióxido de azufre y ácido sulfhídrico.
- Cianógeno y los gases similares siguientes: Ácido cianhídrico (anhidro), trifluoruro de boro, clorocianógeno, trifluoruro de cloro, diborano, fosgeno, óxido de etileno, flúor, fluoruro de hidrógeno, metilacetileno conteniendo del 15 al 20 por 100 de propadieno, tetrafluoruro de silicio, gas de agua.
- Ferrosilicio a granel.
- Materiales radiactivos.
- Explosivos. Divisiones 1.1, 1.2 y 1.3.
- Peróxidos orgánicos.
- Mercancías infecciosas en alto grado.
- Líquidos inflamables con punto de inflamación $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.1.2 Clasificación de mercancías peligrosas

A continuación se dan las referencias donde encontrar diferentes clasificaciones y se presenta la importancia de la clasificación y ejemplos explicativos de la misma.

La ONU crea un Comité de Expertos de la Organización de Naciones

Unidas que publica las recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas. Éstas contienen el sistema global de armonizado de clasificación y etiquetado. Éste se conoce como “libro naranja”.

Estas recomendaciones están destinadas a los gobiernos y a las organizaciones internacionales relacionadas con la seguridad en el transporte de mercancías peligrosas. La primera versión se publicó en 1956.

La primera versión del "Reglamento modelo para el transporte de mercancías peligrosas" se aprobó en diciembre de 1996. El reglamento modelo se crea para facilitar la armonización de todos los modos de transporte, y facilitar la actualización regular de todos los instrumentos jurídicos (normativas).

Además de estas normas existen consideraciones particulares que se van actualizando, muchas veces, en relación a accidentes. Estas se encuentran en:

- Código IMDG: Código marítimo internacional de mercancías peligrosas.
- ADR: Acuerdo europeo relativo al transporte Internacional de mercancías peligrosas por carretera.
- RID: Código Internacional de transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.
- IATA – OACI: Instrucciones técnicas internacionales para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea.

Además dentro del territorio español es importante considerar la normativa:

- RD 97/2014, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.
- Ley 9/2013, de ordenación de transportes terrestres.
- Orden FOM 2861/2012, sobre el documento de control de transporte.

- Orden FOM/2924/2006, sobre el informe anual.

Clasificar e identificar a una sustancia o artículo como peligroso es una de las partes fundamentales en el sistema implementado por las Naciones Unidas.

Por ejemplo, hasta que una correcta clasificación e identificación no se haya efectuado, el expedidor, cargador, descargador y/o transportista no podrá efectuar ninguna operación vinculada con dicha materia.

La clasificación, seguida de la identificación de la sustancia por un nombre y un número, son fundamentales para el correcto funcionamiento de la cadena logística de mercancías peligrosas.

El código IMDG determina en su parte 2.0.2.1 que las mercancías peligrosas se asignan a sus correspondientes números ONU y nombre de expedición en función de su clasificación de riesgo y de su peligrosidad.

Los números ONU según lo dispuesto en el Código se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Hasta el 0999 son adjudicados a las sustancias explosivas aunque solo alrededor de 500 están asignados actualmente
- Del 1000 al 3468 al resto de clases y son: sustancias químicas y familias químicas

Junto a su número ONU en las entradas de productos de mercancías estas tienen escritas unas disposiciones especiales que indicaran si una sustancia no se considera peligrosa para el transporte o si y además si existe algún tipo de restricción modal.

Las mercancías peligrosas estarán clasificadas en las categorías de transporte que se presentan en la tabla:

Clase 1: Materias y objetos explosivos
Clase 2: Gases Clase 2.1. Gases inflamables Clase 2.2. Gases no inflamables no tóxicos Clase 2.3. Gases tóxicos
Clase 3: Líquidos inflamables
Clase 4: Sólidos inflamables, sustancias que pueden experimentar combustión espontánea, sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables Clase 4.1: Materias sólidas inflamables, materias auto-reactivas y materias explosivas desensibilizadas sólidas Clase 4.2: Materias que pueden experimentar inflamación espontánea Clase 4.3: Materias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables
Clase 5.1: Materias comburentes Clase 5.2: Peróxidos orgánicos
Clase 6.1: Materias tóxicas Clase 6.2: Materias infecciosas
Clase 7: Materias radioactivas
Clase 8: Materias corrosivas
Clase 9: Materias y objetos que presentan peligros diversos

Tabla 5. Clasificación de mercancías peligrosas para transporte

2.1.2.1 Clase 1: Materiales y objetos explosivos

Dentro de esta clase figuran algunos de los productos más peligrosos. Incluyen no solo explosivos en sí, sino también sustancias, tales como algunas sales metálicas, que por sí mismas o en ciertas mezclas, o cuando están expuestas al calor, choque o

fricción, pueden causar explosiones, generalmente seguidas de incendio.

Algunas sustancias pueden convertirse en explosivas debido a cambios químicos en su estructura (auto-oxidación) sin causa alguna aparente. Su transporte, debido a sus características especiales tiene una regulación especial.

Existe un suplemento al Libro Naranja de la ONU (Manual de pruebas y criterios que detalla los métodos de ensayo para la identificación de materias y objetos como de clase 1 y además situarlos a la división apropiada a la que pertenecen.

Estas mercancías, además de estar reguladas por los reglamentos internacionales deben cumplir aspectos relativos al transporte recogidos en el Reglamento de Explosivos.

Las divisiones son:

- Materias y objetos que presentan un riesgo de explosión en masa. Afecta de manera casi instantánea a toda la carga.
- Materias y objetos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.
- Materias y objetos que presentan un riesgo de incendio con ligero riesgo de efectos de llama o producción de onda expansiva o de proyección, o bien de ambas, pero sin riesgo de explosión en masa.
- Materias y objetos que solo presentan un pequeño riesgo de explosión en caso de ignición o cebado durante el transporte. Los efectos se limitan esencialmente a los bultos y normalmente no dan lugar a la proyección de fragmentos de tamaño apreciable ni a grandes distancias. Un incendio exterior no debe implicar la explosión prácticamente instantánea de la casi totalidad del contenido de los bultos.
- Materias muy poco sensibles que implican un riesgo de explosión en masa, con una sensibilidad tal que, en condiciones normales de transporte, hay muy poca

probabilidad de detonación o de paso de la combustión a la detonación.

- Objetos extremadamente poco sensibles que no supongan riesgo de explosión en masa.

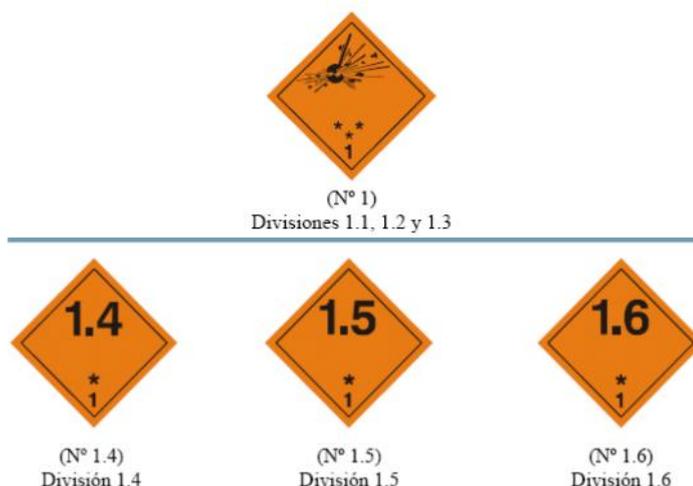


Figura 5. Etiquetas para clase 1

2.1.2.2 Clase 2: Gases

Se consideran materias de la clase 2, las materias que a 50 °C, tengan una tensión de vapor superior a 300 kPa (3 bares); o esté en estado gaseoso a 20 °C, a la presión normalizada de 101,3 kPa. Dentro de esta denominación entran muy variados tipos de productos que pueden presentar riesgos muy distintos. Los hay inflamables y no inflamables, tóxicos y no tóxicos. Además los hay inflamables y tóxicos (a la vez). Otra familia importante por lo peligrosa son los químicamente inestables que pueden ser además tóxicos y no tóxicos.

Las materias y objetos de la clase 2 se subdividen en:

- Gases comprimidos: gases cuya temperatura crítica sea inferior a 20 °C. Aire comprimido, oxígeno comprimido, etc.

- Gases licuados: gases cuya temperatura crítica sea igual o superior a 20 °C. Cloro, amoníaco, propano, butano, etc.
- Gases licuados refrigerados: gases que, cuando son transportados, se encuentran parcialmente en estado líquido a causa de su baja temperatura. Neón líquido refrigerado.
- Gases disueltos a presión: gases que, cuando son transportados, se encuentran disueltos en un disolvente. Amoníaco en agua, acetileno en acetona, etc.
- Generadores aerosoles y recipientes de reducida capacidad que contengan gases. Cartuchos de gas a presión.
- Otros objetos que contengan un gas a presión.
- Gases no comprimidos no sometidos a disposiciones especiales.
- Recipientes vacíos y cisternas vacías.

Los gases quedan asignados a uno de los grupos siguientes en función de las propiedades peligrosas que presenten:

- (A) asfixiante: gas no comburente, no inflamable y no tóxico que diluya o reemplace el oxígeno normalmente presente en la atmósfera.
- (O) comburente: pueden causar o favorecer más que el aire, en general mediante la aportación de oxígeno, la combustión de otras materias.
- (F) inflamable: gas que a una temperatura de 20 °C y presión de 101,3 kPa, sea inflamable en mezclas de un 13% como máximo (volumen) con aire, o que tenga una banda de inflamabilidad con el aire de al menos 12 puntos de porcentaje, con independencia de su límite inferior de inflamabilidad
- (T) tóxico: gas cuya CL50 para la toxicidad aguda es inferior o igual a 5.000 ml/m³ (ppm).
- (TF) tóxico, inflamable
- (TC) tóxico, corrosivo
- (TO) tóxico, comburente
- (TFC) tóxico, inflamable, corrosivo
- (TOC) tóxico, comburente, corrosivo



Figura 6. Etiquetas Clase 2

2.1.2.3 Clase 3: Líquidos inflamables

Normalmente se les denomina inflamables, altamente inflamables espontáneamente inflamables en aire, etc. Para el caso de líquidos, su grado de peligrosidad es inversamente proporcional a su punto de inflamación (Flash Point), es decir, cuanto más bajo es el punto de inflamación, mayor es su peligrosidad.

Son generalmente líquidos que por efecto de una llama o por aumento de temperatura pueden arder. Gasolinas, gasóleos, aceites minerales, benceno, barnices, alcoholes, etc.

Esta definición se aplica a las materias y los objetos que contengan materias que:

- Tengan un punto de fusión igual o inferior a 20 °C a una presión de 101,3 kPa.
- Tengan, a 50 °C, una presión de vapor máxima de 300 kPa (3 bares) y no sean completamente gaseosos a 20 °C y a la presión normalizada de 101,3 kPa.
- Tengan un punto de inflamación máximo de 60 °C.

- Materias sólidas en estado fundido cuyo punto de inflamación sea superior a 60 °C y que sean entregadas al transporte o transportadas en caliente a una temperatura igual o superior a su punto de inflamación.

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

- A. Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, no tóxicas, no corrosivas
- B. Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, tóxicas
- C. Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, corrosivas
- D. Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, tóxicas y corrosivas, así como los objetos que contengan tales materias
- E. Materias con un punto de inflamación de 23 °C a 61 °C, valores límites comprendidos, que puedan presentar un grado menor de toxicidad o corrosividad
- F. Materias y preparados que sirvan de plaguicidas con un punto de inflamación inferior a 23 °C
- G. Materias con un punto de inflamación superior a 61 °C, transportadas o entregadas al transporte calientes a una temperatura igual o superior a su punto de inflamación
- H. Envases vacíos



Figura 7. Etiquetas Clase 3

2.1.2.4 Clase 4.1: Materias sólidas inflamables.

También son materias inflamables en estado sólido las que son capaces de arder por efecto del calor, llamas abiertas o chispas. Bajo la acción del calor pueden formar mezclas explosivas de vapor y aire y, algunas, gases tóxicos. Pueden ser: madera, serrín, celulosa de madera, azufre, celuloide, compuestos de fósforo, etc.

Están incluidas en esta clase:

- Las materias y objetos sólidos fácilmente inflamables y los que se inflaman bajo efecto de una proyección de chispas o que puedan causar un incendio por efecto de frotamiento.
- Las materias de reacción espontánea que puedan sufrir (a temperaturas normales o elevadas) una descomposición fuertemente exotérmica causada por de transporte excesivamente elevadas o por contacto con impurezas.
- Las materias relacionadas con materias de reacción espontánea que se distinguen de estas últimas por tener un punto de descomposición exotérmica superior a 75 °C, y que pueden experimentar una descomposición fuertemente exotérmica y pueden, en ciertos envases/embalajes, responder a los criterios relativos a las materias explosivas de la clase 1
- Para la determinación del grupo de embalaje de esta división se tiene que realizar algunas pruebas bastante complicadas



Figura 8. Etiqueta Clase 4.1

2.1.2.5 Clase 4.2: Materias que pueden experimentar inflamación espontánea

En esta clase se incluyen:

- Las materias que pueden experimentar inflamación espontánea (pirofóricas): son materias, mezclas y disoluciones (líquidas o sólidas) que en contacto con el aire, incluso en pequeñas cantidades, se inflaman en período de 5 minutos.
- Las materias que experimentan calentamiento espontáneo: son materias, objetos, mezclas y disoluciones que al contacto con el aire, sin aportación de energía, son susceptibles de calentarse. Estas materias únicamente pueden inflamarse en apreciables cantidades (varios kilogramos) y después de un largo período de tiempo (varias horas o días).



Figura 9. Etiqueta Clase 4.2

2.1.2.6 Clase 4.3: Materias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables

Son sustancias que, por reacción con el agua, desprenden gases inflamables que pueden formar mezclas explosivas con el aire, así como los objetos que contienen materias de esta clase.

Pueden ser orgánicas, combinaciones organometálicas, materias en disolventes orgánicos e inorgánicas.

También son conocidas comúnmente como reactivas al agua o peligrosas cuando se humedecen.



Figura 10. Etiquetas Clase 4.3.

2.1.2.7 Clase 5.1: Materias comburentes

Materias que, sin ser necesariamente combustibles ellas mismas, pueden, por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras materias y los objetos que los contengan.

Presentan distinta asignación de grupos de embalaje según la naturaleza sólida o líquida de la sustancia.



Figura 11. Etiqueta Clase 5.1

2.1.2.8 Clase 5.2: Peróxidos orgánicos

Son derivados del peróxido de hidrógeno o agua oxigenada (H_2O_2).

Riesgo principal: descomposición exotérmica a temperatura normal o elevada provocando un desprendimiento de gases inflamables o nocivos.

Normalmente se transportan diluidos o empleando envases o embalajes que reduzcan su riesgo de descomposición.



Figura 12. Etiquetas Clase 5.2

2.1.2.9 Clase 6.1 Materias tóxicas

Son sustancias de las que por experiencia se sabe, o cabe admitir por ensayos sobre animales, y en cantidades relativamente pequeñas y por una acción única o de corta duración, que pueden dañar a la salud del ser humano o causar su muerte por inhalación, absorción cutánea o ingestión.



Figura 13. Etiquetas Clase 6.1

2.1.2.10 Clase 6.2: Materias infecciosas

Materias de las que se sabe o hay razones objetivas para creer que contienen agentes patógenos (aquellos que pueden crear enfermedades en seres humanos o animales).

Divididos en Categorías A y B según si son capaces de provocar una alteración mortal o potencialmente mortal en los seres vivos.

Pueden incluir, productos acabados o no acabados, como vacunas. No será materia ADR si los agentes patógenos se han inactivado.



Figura 14. Etiquetas clase 6.2

2.1.2.11 Clase 7: Materias radioactivas

Por materias radiactivas se entiende cualquier materia que contenga radionucleidos cuyas actividades másicas y total en el envío sobrepasen al mismo tiempo los valores indicados en los apartados del 2.2.7.2.2.1 al 2.2.7.2.2.6 del código ADR.

Numerosas fórmulas para calcular su actividad y las características de la forma de transporte ADR en que se realizará su traslado.



Figura 15. Etiquetas clase 7

2.1.2.12 Clase 8: Materias corrosivas

Son sustancias que, por su acción química, dañan el tejido epitelial de la piel y las mucosas al entrar en contacto con ellas, o que, en caso de fuga, puedan originar daños a otras mercancías o a los medios de transporte o destruirlos, pudiendo dar lugar a otros peligros. También se aplica a materias que solo producen un líquido corrosivo al entrar en contacto con el agua o que, con la humedad natural del aire, produzcan vapores o neblinas corrosivos.

El término corrosivo no determina un tipo específico de productos que posean ciertas características estructurales comunes, químicas o reactivas. Los hay líquidos, gases y otros sólidos. Algunos son ácidos, otras bases y, sales corrosivas.



Figura 16. Etiqueta clase 8

2.1.2.13 Clase 9: Materias y objetos que presentan peligros diversos

Suponen un peligro distinto al del resto de clases a lo largo de la actividad de transporte. (Grupos de embalaje II o III)

Las materias con un alto riesgo de peligrosidad, estarán enmarcadas en otra clase distinta a ésta a efectos de transporte ADR.



Figura 17. Etiquetas clase 9

2.1.3 Placas, etiquetas y paneles naranjas para el transporte de mercancías peligrosas

Los elementos de transporte que lleven materias peligrosas, llevarán placas etiqueta identificativas del peligro de la materia en los dos laterales y en la trasera del vehículo. Además señalización adicional en algunos casos (varios compartimentos, señalización del vehículo portador...).

La información actualizada de este tipo de indicadores que se encuentra en el ADR 2015 Aplicable desde el 1 de enero de 2015 y obligatorio a partir del 1 de julio de 2015.

Las etiquetas se diferencian de las placas etiquetas fundamentalmente en el tamaño. Las etiquetas son de 10 x 10 cm (Figura 18), mientras que las placas etiquetas son de unas dimensiones mínimas de 25 x 25 cm, con línea de reborde distante 12,5 mm. y paralela al lado. Otras de sus características son:

- Corresponder a la etiqueta de la mercancía peligrosa transportada
- Llevar el nº o cifras correspondiente a la etiqueta con al menos 25 mm de altura
- Si el tamaño del bulto lo exige, las dimensiones pueden reducirse, a condición de que el símbolo y otros elementos de la etiqueta sean bien visibles. La línea trazada en el interior de la etiqueta se mantendrá a 5 mm del borde. El espesor mínimo de esta línea será de 2 mm. Las dimensiones de las etiquetas para las botellas deberán ser conforme a las disposiciones del punto 5.2.2.2.1.2 del ADR.

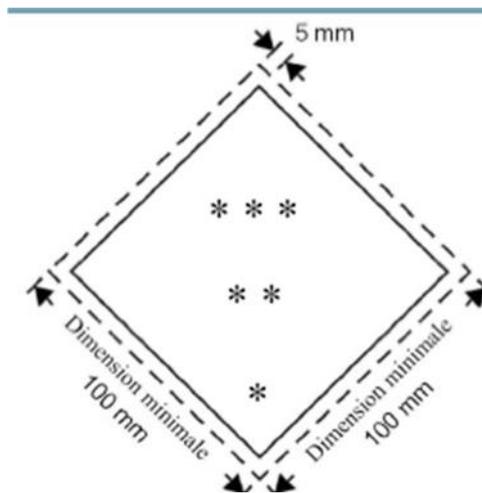


Figura 18. Dimensiones de la etiqueta para el transporte de mercancías peligrosas

En cuanto al panel de transporte naranja normalmente se colocará uno en la parte delantera y otro en la parte trasera. Los paneles naranja deben llevar el número ONU y el NIP(Número de Identificación de Peligro) en las expediciones a granel. La figura 19 muestra el panel naranja para transporte. A continuación, Las siguiente figuras muestran donde se colocan las placas etiqueta y los paneles de transporte naranja.

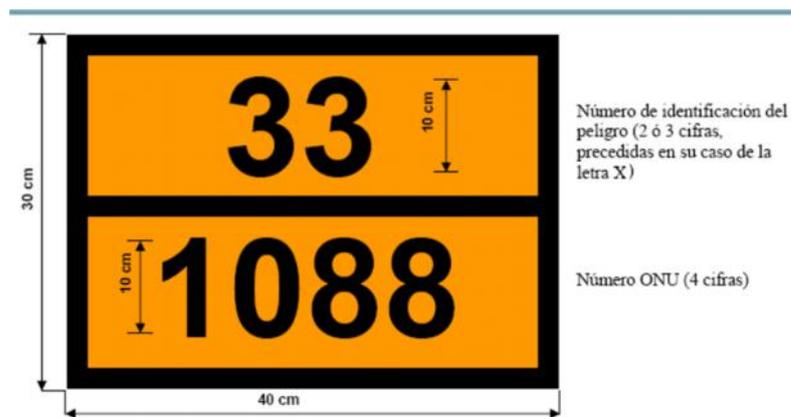


Figura 19. Panel de transporte naranja.

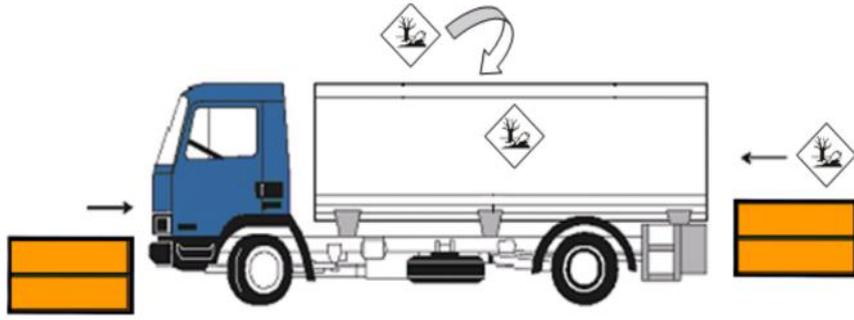


Figura20. Placas y etiquetas en vehículo caja



Figura 21. Contenedor de mercancías peligrosas con etiquetas identificadoras que debe llevar e indicando donde deben estar.

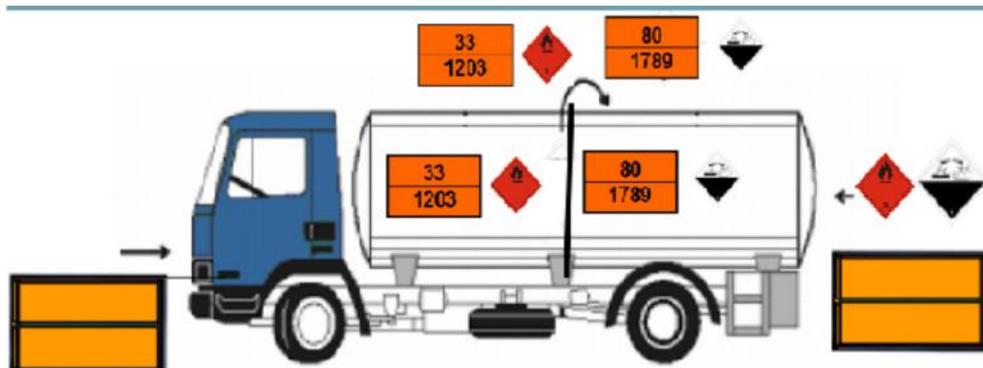


Figura 22. Cisterna con varios compartimentos, en este ejemplo gasolina + ácido clorhídrico

2.1.4 Documento de control

El artículo 6 de la Orden del Ministerio de Fomento 2861/2012 indica la información que debe llevar el documento de control de las mercancías peligrosas. (Ministerio de Fomento, 2012)

Este deberá contener:

- Nombre o denominación social, NIF y domicilio del cargador contractual = expedidor ADR
- Nombre o denominación social y NIF del transportista efectivo.
- Lugar de origen y destino del envío objeto del transporte.
- Naturaleza y peso de la mercancía transportada. En los supuestos en que, por razón de las circunstancias en que se produzca la carga del vehículo, resulte de difícil determinación el peso exacto de la mercancía que se va a transportar, se buscará otro tipo de magnitud para determinar su peso.
- Fecha de realización del transporte del envío de que se trate.
- Matrícula del vehículo utilizado en la realización del transporte. Cuando se trate de un conjunto articulado deberá hacerse constar tanto la matrícula del vehículo tractor como la del semirremolque o remolque arrastrado por éste.

Si iniciada la operación de transporte se produjera un cambio de vehículo, esta circunstancia deberá hacerse constar en la documentación de control por la empresa de transportes.

Siempre que así lo soliciten los sujetos intervinientes se hará constar las observaciones, reservas, o cualquier otra indicación, que consideren útil.

El expedidor y el transportista conservarán una copia de la carta de porte, información adicional y suplementaria (chequeos a la carga o descarga, autorizaciones de expedición, certificados de arrumazón...) durante los 3 meses siguientes al fin de la expedición. Si se conserva por medios electrónicos, la documentación deberá poder imprimirse.

2.1.5 Puertos secos

La UNCTAD, United Nations Conference for Trade and Development, define los ICD Inland Clearance Depots, o Dry Ports – Puertos Secos (UNCTAD, 2014) como: Instalación no costera de uso público, distinta de un Puerto y de un Aeropuerto, aprobada por un organismo competente, equipada con instalaciones fijas y ofreciendo servicios para manipular y almacenar temporalmente cualquier clase de mercancías incluyendo contenedores - que sea considerada como "en tránsito" para efectos de aduanas, por cualquier modo de transporte de superficie no costero, y que tiene además la capacidad de efectuar controles aduaneros que permitan a estas mercancías continuar su tránsito, terminar el viaje y ser utilizadas localmente, ser despachadas para exportación o ser re-exportadas según sea el caso.

Las funciones principales de los Puertos Secos son:

- Asuntos aduaneros.
- Transferencia de modo de transporte por contenedores.
- Almacenamiento temporal de cargas.
- Consolidación y desconsolidación de los contenedores cercano a los interesados.
- Limpieza y preparación de los contenedores.
- Mantenimiento y reparación de contenedores.

Las principales terminales de contenedores españolas se localizan en los más importantes puertos especializados en el tráfico containerizado. Algeciras, Valencia, Barcelona y Las Palmas cuentan con las siete primeras terminales de contenedores de España. La terminal que gestiona Maersk en Algeciras ocupa la primera posición del ranking, a mucha distancia de las siguientes. (Puertos del Estado, 2015).

Las mayores terminales de contenedores se encuentran en los puertos, ya que son los nodos de transferencia internacional que mayor volumen, cobertura y seguridad en los envíos y recepciones pueden ofrecer, muy por encima del transporte aéreo o terrestre.

No obstante las terminales terrestres de contenedores son importantes nodos entre generadores de carga y destinatarios, instalaciones que permiten asegurar la calidad de las mercancías, las óptimas condiciones del transporte y de la seguridad de las operaciones de transporte que cubren extensas áreas más allá incluso que los *interlands* de los puertos.

2.1.6 TEU

Dado que se ha nombrado esta unidad y se seguirá haciendo a la largo de esta tesis vamos a dar una definición concreta.

Una TEU es la capacidad de carga de un contenedor normalizado de 20 pies (6,1 m), una caja metálica de tamaño estandarizado que puede ser transferido fácilmente entre diferentes formas de transporte tales como buques, trenes y vehículos.

Las dimensiones exteriores del contenedor normalizado de 20 pies (6,1 m) son: 20 pies (6,1 m) de largo por 8 pies (2,4 m) de ancho por 8,5 pies (2,6 m) de altura. Su volumen exterior es de 1.360 pies cúbicos equivalentes a 38,51 metros cúbicos. Su capacidad es de 1.165,4 pies cúbicos equivalentes a 33 m³.

El peso máximo del contenedor es 24.000 kg aproximadamente, pero restando la tara o peso en vacío, la carga en su interior puede llegar a pesar 21.600 kg.

Existe una carencia de estandarización en términos de alto, que va desde 4 pies y 3 pulgadas (1,30 m) a 9 pies y 6 pulgadas (2,90 m), siendo la altura más frecuente la de 8 pies y 6 pulgadas (2,59 m).

Aparte del contenedor de 20 pies, que se computa como una TEU, hay otros tamaños y tipos de contenedores. Los de uso más frecuente son de 40 pies (12,2 m); existen otras variantes del contenedor que se calculan como equivalentes a 2 TEU o 1 FEU (Forty-foot Equivalent Unit).

2.1.7 Por regiones geográficas

Es importante considerar que las cuestiones regionales, es decir, cómo los puertos interiores interactúan con los propios mercados regionales, son fundamentales, ya que definen las características modales, el marco normativo y las oportunidades comerciales de los mismos puertos.

Dependiendo de la configuración y estructura geográfica, de los gobiernos y de la propiedad de los sistemas de transporte interior, las terminales terrestres tienen diferentes niveles de desarrollo y de integración con las terminales portuarias.

Las regiones particularmente significativas son:

2.1.7.1 Europa.

En Europa Occidental el establecimiento de terminales interiores es el más avanzado con una estrecha integración con las terminales portuarias con servicio de transporte ferroviario y servicios de barcos.

Los procesos de integración europea han permitido la creación de zonas del interior más naturales (desde el punto de vista comercial) que no existían antes.

Dado que una buena parte del mercado europeo es interior, un crecimiento en el comercio internacional exige el establecimiento de lugares de vías intermediarias para ayudar a acomodar un mayor flujo entre los puertos y el interior.

Una gran concentración de terminales interiores se pueden encontrar alrededor del Rin / delta del Escalda, que es la región de comunicación más importante de Europa (Amberes / clúster portuario de Rotterdam), y donde la función de terminales satélite (*un tipo especial de terminal de aeropuerto que está separada de otros edificios, de modo que las aeronaves pueden estacionar en todo su*

alrededor) es prominente.

Casi todos los puertos europeos tienen una estrategia de terminal interior como una forma de proteger el tráfico interior.

2.1.7.2 América del Norte.

Desde el desarrollo de la red ferroviaria continental en el siglo 19, ha habido grandes terminales terrestres en América del Norte. Su creación fue un proceso natural allí donde las terminales interiores corresponden a grandes zonas interiores de mercado, normalmente alrededor de las áreas metropolitanas al mando de una base regional de producción y distribución.

Aunque las exportaciones fueron importantes, especialmente para los productos agrícolas, este sistema de terminales terrestres se utilizó principalmente para la distribución de mercancías nacionales.

Con la globalización y la intermodalidad, han surgido en América del Norte dos categorías principales de terminales terrestres.

La primera está relacionada con el comercio del océano, donde las terminales interiores son una extensión de una terminal marítima, situada en una de las tres cadenas principales (Atlántico, el Golfo y el Pacífico), y desarrollan la función tanto de terminales satélite como, con más frecuencia, de centros interiores de carga (por ejemplo, Chicago).

La segunda categoría se refiere a las terminales terrestres principalmente relacionadas con el comercio del TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte), que pueden actuar como centros de autorización previa antes de pasar por la agencia de aduanas. Kansas City puede considerarse la más avanzada iniciativa de puertos interiores en América del Norte, ya que combina, a través del área metropolitana, instalaciones ferroviarias intermodales de cuatro operadores ferroviarios diferentes, zonas de comercio exterior

y parques logísticos, situados en varios lugares. Hay incluso una instalación de almacenamiento subterráneo, considerada la más grande del mundo, Subtrópolis, donde, por la característica de tener una temperatura estable, es posible el alquiler de algunas zonas. Al igual que Chicago, la ciudad puede ser percibida esencialmente como una terminal.

2.1.7.3 Asia

En Asia, las terminales terrestres son casi desconocidas, de modo que puedan ser consideradas como en una fase inicial.

Las características geográficas, es decir, las concentraciones de población costera, y las estrategias de desarrollo orientadas a la exportación, no han favorecido la creación de terminales terrestres.

Han aparecido varios depósitos de contenedores en el interior como una forma de mejorar la disponibilidad de los contenedores de exportación dentro de los clúster de fabricación, pero el transporte de contenedores se realiza principalmente en vehículo.

China es el ejemplo con el mayor potencial para la creación de una red de terminales interiores. A medida que la economía china se dirige hacia un mercado interior más amplio, el tráfico intermodal de ferrocarril y de barcos se prevé aumentará.

Eventualmente, es probable que surja otro sistema de terminales terrestres en el Sudeste de Asia, particularmente a lo largo del Mekong.

A la luz de las experiencias norteamericanas y europeas, la cuestión sigue siendo cómo Asia Pacífica vaya desarrollando su propia estrategia de puerto interior y potenciando los puertos regionales.

Las singulares características geográficas de la región permiten

confiar mucho en el concepto de terminales satélite y centros interiores de carga en su proximidad.

Para este contexto, el ejemplo europeo es más adecuado. Sin embargo, la creación de corredores de larga distancia de tráfico intermodal de ferrocarril, dentro de China y a través de Asia Central, está predispuesta al sistema de centros interiores de carga, común en América del Norte.

2.1.7.4 América Central y del Sur

Puerto interior de Guanajuato (México). Es un complejo logístico de más de 1.000 hectáreas y está conformado por las siguientes áreas:

- Aduana Interior. Con una superficie de 31 hectáreas.
- Parque Industrial “Santa Fe”. Cuenta con una superficie de 196 hectáreas y una reserva de 500 más.
- Recinto Fiscalizado Estratégico. Nuevo concepto en México que se desarrollará en una superficie de 144 hectáreas.
- Terminal Intermodal de Carga. Desarrollada por Ferromex en una extensión de 44 hectáreas.
- Centro de Carga Aérea. Con un área de 34 hectáreas ofrecerá al usuario la opción de mover mercancías.
- Zona de Servicios y Educativa.

CAPÍTULO 3. Estado del arte

3.1 Introducción al estado el arte

En este punto se presenta la revisión del estado del arte sobre el diseño de una terminal interior de mercancías peligrosas. Para ello se ha realizado una exhaustiva investigación, recopilando, identificando, clasificando, estructurando, y ordenando los criterios que intervienen en el diseño de terminales interiores de almacenamiento de mercancías peligrosas.

La literatura que se encontraba dispersa y estructurada en áreas independientes se ha ordenado para posteriormente verla importancia relativa que cada una de estas áreas aporta al problema global del diseño de la terminal.

Tras una búsqueda realizada en la base de datos Web of Science introduciendo las palabras clave “container terminal” en los últimos años, se observa una tendencia al incremento de publicaciones científicas referentes en este campo lo que refleja el interés creciente hacía el mismo. De un total de 1.368 publicaciones la distribución por años se presenta en la tabla (Tabla 7) siguiente:

Año	Número de publicaciones	% del total
2014	180	12,37
2013	188	12,92
2012	157	10,79
2011	160	11
2010	142	9,76
2009	155	10,65
2008	149	10,24
2007	81	5,57
2006	87	5,98

Tabla 6. Número de publicaciones y porcentaje sobre el total obtenidos en Web of Science introduciendo las palabras clave “container terminal” durante los años 2006 a 2014.

Estas publicaciones incluyen diferentes áreas, como son publicaciones relacionadas con la ingeniería, con la automatización de equipos, con la economía, con modelos matemáticos, con el transporte, con negocios y economía.

Hay que considerar que aunque estas publicaciones se clasifican de una cierta forma en la “Web of Science” suelen incluir diversos temas de interés para definir los criterios que se quieren priorizar en esta tesis.

Además, para encontrar las publicaciones más estrechamente relacionadas con la temática de la tesis hemos realizado búsquedas que contenían palabras clave como:

- “dangerous goods”,
- “terminal container”,
- “criteria dangerous goods” (para evaluar el tema de seguridad y los artículos relacionados con tema de priorización de

- criterios en seguridad y protección),
- “criteria terminal container” (para analizar los artículos relacionados con priorización de criterios y terminales).

En este estudio del estado del arte hemos comprobado la existencia de investigación científica en cuanto a:

- Tratamiento de contenedores vacíos
- Grúas y Máquinas de manipulación de contenedores
- Eco-Eficiencia
- Flujo de tráfico
- Optimización de la Eficiencia
- Precio óptimo por manipulación y almacenamiento
- Servicios necesarios en las terminales
- Seguridad
- Métodos multicriterio aplicados al transporte de mercancías peligrosas.

Del estudio del arte realizado, se ha podido identificar y diferenciar cinco jerarquías o puntos claves a considerar en el estudio del diseño de una terminal: Maquinaria y Equipos; Tecnologías (TICs), Bussiness Intelligence (BI); Seguridad y Protección y Medio Ambiente.

Aunque en la búsqueda no ha aparecido casi información sobre el tema de seguridad, teniendo en cuenta que es un tema fundamental para la situación de mercancías peligrosas, se ha considerado como un gran grupo de interés.

Con los resultados obtenidos en nuestras búsquedas hemos procedido a su análisis y estructuración para presentar los que nos parecen de mayor interés y obtener conclusiones que nos han aportado información en este estudio. A continuación se presenta los resultados obtenidos.

3.2 Análisis del estado del arte

En lo referente a temas relacionados con el medioambiente, cabe destacar una publicación relacionada con la expansión del puerto de Ferrol (Zarzuelo, 2011), donde explican que a raíz del incremento del tráfico de contenedores producido en España en la década de los 90, de 2001 a 2005 se realizó la ampliación (puerto seco externo) del puerto de Ferrol, indicando los avances tecnológicos que se incluyeron en la época y los principales procesos de construcción. Encontramos aspectos que hacen referencia a varias áreas: maquinaria y equipos, TIC y BI combinada con el área medioambiental. (Zarzuelo, 2011)

También dentro de las publicaciones en temas medioambientales encontramos las dedicadas a buenas prácticas en este campo (Venus, 2011), que explica que se deben de tener en consideración diversos aspectos como son: la cooperación entre los diferentes socios en la cadena de suministro, que la operaciones sean amigables con el medioambiente y que la dirección apoye y gestione los temas medioambientales. También habla de que las operaciones se produzcan a un coste eficaz. Para apoyar el modelo que presentan utilizan una aplicación real en el Puerto Hutchison Port Holding (HPH) y proponen unos indicadores relacionados con la seguridad e identificación de las cargas, las comunicaciones internas, proponiendo reducir el papel y automatizar al máximo todo lo relacionado con identificación y comunicación, disminuir el consumo de combustibles e introducir un monitoreo interno y externo continuo, así como el cumplimiento de las obligaciones e imposiciones legales en materia de medio ambiente.

(Filbrandt, 2008) trata el tema del desarrollo sostenible considerando que es necesario obtener un compromiso viable entre el desarrollo de la terminal y la conservación de la naturaleza. En concreto hablan del puerto de Weser, el segundo más grande en nivel de contenedores

de Alemania, dicen que tiene áreas protegidas extensas y es un ejemplo de cómo planificar la economía y preservar las especies y hábitats afectados por la expansión de las actividades humanas. Estos autores dicen que la experiencia adquirida en la construcción de la terminal III esta terminal ha contribuido enormemente a la de terminal IV y como dicen los mismos autores dicen que puede servir de experiencia para otros proyectos relacionados como puede ser el que nos ocupa.

El artículo de (Koppe, B. & Brinkmann, B. 2008) cita diversos criterios a considerar a la hora de manejar contenedores. En concreto hace referencia al espacio de suelo que requieren, la forma de almacenaje, el número de empleados, la seguridad del sistema y el tiempo de operación.

La publicación clasificada dentro del marco del medioambiente de (Lu et al, 2012) trata temas relacionados con el procesado de datos.

Existen numerosas publicaciones relacionadas con la maquinaria y equipo de las terminales, así como con las tecnologías TICs y BI Bussiness Intelligence, para la correcta gestión, mientras que en temas de seguridad, protección y medioambiente las investigaciones son menos ya que en este caso los criterios a considerar vienen del transporte de mercancías peligrosas generalmente detectados por la normativa, aunque por supuesto también se incluyen otro tipo de criterios, como son los económicos.

Existen un gran número de publicaciones enfocadas a la toma de decisiones sobre las ubicación de un puerto seco, se realizan empleando simulaciones, en este tipo de publicaciones se introducen criterios como los medios físicos con los que cuenta las terminales y criterios de las operaciones de carga y descarga que se van a realizar. En ellos a continuación se procede a la simulación y se obtienen diversos indicadores como pueden ser el grado de utilización de los recursos y la calidad de los servicios. Los objetivos

de estos estudios son optimizar el movimiento de cargas en la terminal y mejorar la gestión. Como veremos, este tipo de parámetros los hemos incluido dentro de los criterios de maquinaria y equipos. Un ejemplo de uso de este tipo modelos y simulaciones lo encontramos en una publicación sobre una terminal de puerto seco en Coslada (Sánchez, A et. al. 2006).

Respecto a este tipo de estudios en (Vis & De Koster 2003) realizaron una amplia revisión de aplicaciones clasificadas en función del tipo de proceso que es objeto de estudio centrándose en las terminales marítimas. Una publicación de (Gambardella et al. 2001) amplía este estudio trabajando en concreto en terminales interiores. Ofreciendo además una excelente reflexión sobre los papeles de la optimización y la simulación en la resolución de problemas propios de estos sistemas.

Otro tipo de estudios relativo a las terminales intermodales son los que se basan en detectar los cuellos de botella y/o los parámetros claves en una terminal de contenedores para de igual manera realizar mejoras en la gestión. En estos casos los autores detectan el problema y aplican un modelo para optimización de la eficiencia. Las publicaciones más destacables (porque aparecen en revistas de mayor impacto) relacionadas con este tema son:

- “Time-window constraints” donde los autores proponen un modelo de programación para minimizar el tamaño de la flota requerida en una Terminal para el transporte de contenedores durante el periodo de permanencia en la Terminal de cada contenedor (Vis et al. 2005)
- “Transtainer routing problem”: The minimum time transfer to the vehicle location (Narasimhan & Palekar 2002), donde se estudia el problema del tiempo mínimo de transferencia desde la ubicación del contenedor al vehículo
- (Alessandri et al. 2008) proponen un modelo dinámico de tiempo discreto de los flujos de contenedores en

terminales marítimas, incorporando resultados de simulación.

- (Cullinane et al. 2006) estipularon que altos niveles de eficiencia técnica se asocian con el tamaño de la Terminal y con una mayor participación del sector privado
- (Kang et al. 2008) ofrecieron modelos matemáticos que optimizan el tamaño de las grúas y vehículos para las operaciones de descarga del contenedor desde el barco a la Terminal. Un modelo "Double cycling model" es desarrollado para esta optimización.

Algunos investigadores en sus publicaciones han desarrollado modelos para mejorar la eficiencia en las terminales de contenedores por ferrocarril, así como la determinación de los parámetros clave en el diseño de una terminal de ferrocarril-carretera ((Ballis& Golias 2002), (Bostel et al, 1998);(Niérat 1997);(Yano& Newman 2001)).

Diferentes autores estudian casos considerando puertos ya existentes en el estudio, por ejemplo: (Bask et al. 2014) investigaron sobre factores operacionales relacionados con el rendimiento de los puertos evaluando dos puertos del norte de Europa.

Hay métodos avanzados de simulación como apoyo a los métodos de investigación científica y como herramienta de optimización, por ejemplo, el propuesto por(Vis & De Koster 2003)en su artículo "A simulation tool for combined rail/roadtransport in intermodal terminals", o el que utiliza (Yan et al, 2009) mediante un enfoque bayesiano a través de "la cadena de Markov de simulación Monte-Carlo".

Por otra parte, hay que considerar la investigación científica que existe sobre cómo optimizar desde un punto de vista económico, la gestión de los contenedores vacíos (Cheung et al, 1998), ya que esta información es de interés a la hora de priorizar criterios.

Además algunos autores aplican modelos de costos para evaluar el coste asociado a cada aspecto de la terminal. Por ejemplo, (Liu et al. 2002) diseñaron, analizaron y evaluaron aspectos en cuatro terminales diferentes de contenedores automatizados (ACT), incluidos los basados en el uso de vehículos de orientación automática (AGV), un sistema de transporte lineal de motor (LMCS), un sistema de red de rieles superiores (GR), y uno de gran altura y la estructura de almacenamiento automatizado de recuperación (AS / RS). Los resultados indican que la automatización puede mejorar el rendimiento de los terminales convencionales sustancialmente y con un coste mucho menor. Entre los cuatro conceptos considerados la basada en vehículos de orientación automática (AGV) resulta ser el más eficaz en términos de rendimiento y costo.

Una publicación reciente trata de encontrar una aproximación para optimizar las inversiones basándose en la teoría de juegos (Isam K. & Nabil N., 2015).

También existe una amplia investigación científica para determinar el tamaño óptimo y la ubicación de las terminales de contenedores, entendidas como zonas de transferencia, de almacenamiento, de mantenimiento, inspecciones y otros servicios públicos, a través de sistemas inteligentes o los algoritmos genéticos, como los propuestos por (Taniguchi et al. 1999) para la zona de Osaka en Japón.

Otros investigadores que abordan el tema de optimización de las terminales portuarias se ha centrado en determinar el número y ubicación de las zonas de control de aduana e inspección de los daños (Harris et al. 2009).

Igualmente, existe investigación científica sobre temas de seguridad, por ejemplo artículos relacionados con temas de sistemas de seguimiento de la información con el fin de prevenir el robo de mercancías en las terminales de contenedores basados en el análisis de modos de fallo (Tsai 2006).

Gracias a estas referencias se han definido los criterios mencionados en los estos artículos, caracterizando las interacciones entre ellos desde un enfoque como sistema considerando los diversos criterios a tener en cuenta en la fase de desarrollo de la terminal.

Hay investigaciones de gran impacto que consideran diversos factores abarcando conjuntamente temas de logística, máquinas o el precio del suelo. Por ejemplo, (Kim & Kim 2002) desarrollaron un método para determinar el espacio necesario y el número de grúas a partir de un modelo de costes, de forma que se tuviera en cuenta el precio del suelo y la amortización de las máquinas.

Algunos autores hablan de terminales integradas tratando el tema de maquinaria y equipos considerando como criterio de gran interés el factor del consumo de energía (Junliang et al, 2015)

Otros aplican la modelización para optimizar el espacio de almacenaje (GamalAbd El-Nasseret al., 2015) como un criterio individual, y por supuesto de gran interés, pero, cabe destacar que el problema planteado es concreto.

En cuanto a las TIC y BI existen publicaciones que tratan temas de diseño y seguridad de la nueva generación de sistemas automatizados para las terminales de contenedores (Saanen et al., 2003) y modelos de simulación para tratar el tema de los vehículos automatizados y su control con modelos complejos (Zaghdoud et al. 2013)

Sobre el medio ambiente encontramos un creciente interés en el desarrollo de estrategias de transporte sostenibles y de estrategias “verdes”. Por ejemplo en la Conferencia Internacional IAME 2015, los investigadores (Onder et al., 2015) establecen un método de comparación mediante un análisis multicriterio para comparar los

valores de los criterios contaminación, energía y deformación del hábitat en tres terminales verdes de Turquía.

En particular, en los últimos años, la fase de desarrollo de las terminales intermodales está recibiendo una atención considerable y creciente (Beresford et al., 2012), (Bergqvist et al. 2010), (Flämig & Hesse, 2011), (Hanaoka & Regmi 2011), (Monios & Wilmsmeier 2012), (Ng & Gujar 2009), (Rodrigue et al. 2010), (Roso 2008) and (Wilmsmeier et al. 2011).

Uno de los artículos de los autores (Bruzzone et al, 1998), trata sobre donde establecer la terminal de contenedores en un puerto. Indicando que los parámetros determinantes (criterios) son: el nivel de ocupación del área de contenedores, el destino final, la mejor posición en el puerto, el tamaño de los contenedores y su contenido. Utilizando esos criterios plantean el método multicriterio. Sí que tienen en cuenta temas de peligrosidad y seguridad y criterios de ubicación pero nada de BI y TIC, su objetivo es más concreto y por eso no intervienen estos criterios.

También se ha detectado una tendencia en las publicaciones en cuánto que abordan el tema desde un punto de vista general o de sistema por ejemplo, se ha encontrado en fechas recientes presentaciones como la realizada en la Conferencia Transport Research Arena, Paris, 04/2014 por Jannicke et al, donde los autores presentaron enfoques holísticos para el desarrollo y la innovación en el área de logística y transporte.

Y las últimas investigaciones (Monios & Bergqvist 2015) que hemos analizado presentan visiones globales que tratan de analizar las lecciones aprendidas en temas de la concesiones de terminales y generar ideas para el desarrollo de nuevas terminales. Hablan de mantenimiento, accesos, rendimiento y aspectos que consideran relevantes a la hora de hacer nuevos desarrollos de estaciones intermodales, para que sirvan de guía.

Una buena parte de los artículos que usan técnicas multicriterio, en este caso no nos referimos en concreto AHP, están enfocados a la mejora del rendimiento de las terminales de contenedores (Bruzzone et al, 1998; Kozan et al, 1999; (Prescott et al, 1988); (Seyedalizadeh et al., 2009); (Talley, 1994).

(Chen et al.,2000) investigaron sobre las ventajas competitivas de los puertos utilizando siete criterios bajo las categorías: servicios en puertos, servicios en las terminales de contenedores, económicas y localización.

(Liu et al., 2004) utilizaron un método de decisión multicriterio para asegurar el rendimiento de dos terminales y determinar el número óptimo de *automated guided vehicles* (AGVs) en cada terminal.

(Teng et al. 2004) presentaron una evaluación multicriterio para evaluar las competencias de ocho zonas portuarias de contenedores en puertos del Este de Asia.

A continuación se presentan las publicaciones más destacadas relacionadas con la aplicación del método AHP en el tema de interés. Cabe mencionar que en estos artículos identificados siguen presentado análisis de parte del sistema y no tienen un enfoque tan general como el presentado en esta tesis. Para aclarar este concepto se mencionan varios ejemplos.

Recientemente el método AHP ha sido utilizado para priorizar los factores que influyen en las maquinaria y equipos transportadores de contenedores en las terminales portuarias (Yang et al. 2014). Este artículo sólo contiene información sobre uno de los grupos de nuestro estudio. Para ello establecen una estructura jerárquica de tres niveles. Los autores realizan una encuesta previa a expertos en Taiwan y comprueban que la infraestructura y las políticas portuarias son los factores más críticos seguidos de los costes, las estrategias y

la eficiencia operacionales. Como conclusión general de este estudio, en el caso de los puertos los criterios más importantes a considerar en el transporte portuario (porta contenedores) están basados en la simplificación de los procedimientos, el arrendamiento de las terminales; tiempo de transbordo; un sistema de tasa portuaria favorable y la eficiencia de las operaciones en la terminal. Estos criterios están relacionados con las comunicaciones y los costes y han quedado reflejados en nuestra investigación.

Encontramos también un libro publicado en Agosto de 2015, sobre el uso de sistemas en la toma de decisiones para planificar un transporte eficiente, en la que se aplican modelos jerárquicos para contribuir en la toma de decisiones durante el transporte de mercancías peligrosas, usando el método AHP para asignar peso a los criterios considerados. En este caso incluyen temas de seguridad y medio ambiente que han sido considerados también en esta tesis. (Ebru, 2015).

En cuanto a puertos, encontramos también la utilización del método AHP para evaluar la competitividad entre diez puertos de China y Korea, usando criterios como el volumen de las cargas, la localización, las instalaciones y el nivel de servicio (Yeo et al. 2008).

Y sobre el uso de AHP para evaluar el uso de los contenedores en puertos cabe mencionar el trabajo de (Huang et al, 1999, 2003). En su estudio emplearon diversos criterios mediante un análisis DAFO (Debilidades, amenazas, fuerzas y oportunidades). Para ello establecen diversos criterios y, aunque algunos están directamente relacionados directamente con actividades portuarias, la mayoría sirven de indicadores como criterios habiendo sido clasificados y evaluados por el panel de expertos: calidad del trabajo, eficiencia, coste, cantidad de maquinaria y equipos, capacidad, ubicación. A partir de aquí hemos determinado qué criterios se relacionan con estos parámetros. Por ejemplo el tema de ubicación es fundamental para el tema de mercancías peligrosas por temas de medio

ambiente. Con la colaboración del panel de expertos se ha procedido al desglose de este criterio (C17) en: disponibilidad de suelo industrial (C171), inundabilidad (C172), recursos hídricos de la zona (C173), previsión del impacto acústico (C174) e impacto paisajístico (C175).

El método AHP también ha sido aplicado para realizar mejoras en la configuración de la distribución en planta de una terminal (Golbabaie et al, 2010). Según este artículo existen tres diferentes escenarios del *layout* para los contenedores cuya planificación afectará a la productividad y al éxito de los proyectos. Dado que hay incertidumbres, variables y variaciones planificar esta distribución en planta, se trata de un problema multicriterio típico. Los autores consideran como indicadores del rendimiento los costes fijos y variables, tiempos de transferencia, flexibilidad y la capacidad de apilamiento. Utilizan el AHP para evaluar cada alternativa de *layout* con respecto a cada criterio y finalmente priorizan alternativas. Los principales criterios que incluyeron son: costes, flexibilidad, ciclos de transferencia, capacidad de almacenaje. Todos los criterios que utilizan se han incluido en el grupo de maquinaria y equipos desglosándolos en sus principales componentes, por ejemplo capacidad (C3) se ha desglosado en criterios de segundo nivel como: capacidad de almacenamiento (C31), número de carriles por puerta (C32), número de grúas por puerta (C33) y movimiento de contenedores del automatismos (C34).

(Yang et al. 2015) utilizan el AHP para priorizar los criterios de sostenibilidad de una terminal portuaria llegando a la conclusión de que las empresas de transporte y las empresas que dirigen los puertos tienen diferentes percepciones sobre los criterios sostenibles. Finalmente aplicando una técnica de análisis relacional, grey relation analysis (GRA) establecen un orden en cuánto a puertos sostenible el orden que establecen es Singapore> Hong Kong >Tokyo>Shanghai>Busan> Kaohsiung.

En la literatura también encontramos casos diversos donde la priorización se ha llevado a la práctica. Por ejemplo en la ciudad de Tabuk, Arabia Saudi, se han llevado a cabo estrategias para un transporte sostenible desarrolladas utilizando un modelo AHP (M Al-Atawi et al. 2015). Las políticas a seguir, criterios que lograron las mayores puntuaciones, fueron: medio ambiente limpio, cambios hacia modos de transporte más sostenibles, cambiar los comportamientos en viajes, poner impuestos a los motoristas que entran en las ciudades y los ingresos obtenidos se gastaran en la lucha contra la contaminación ambiental causada por el transporte.

3.3 Conclusiones

La literatura que se encontraba dispersa y estructurada en áreas independientes se ha ordenado para ver la importancia relativa que cada una de estas áreas aporta al problema global del diseño de la terminal.

A raíz de estas publicaciones y de otras que también comentamos, así como del saber hacer de expertos hemos obteniendo los diferentes criterios que vamos a priorizar.

Del estudio del arte podemos identificar y diferenciar cinco temáticas claves a considerar en el estudio del diseño de una terminal: Maquinaria y Equipos; Tecnologías TICs; Bussiness Intelligence (BI); Seguridad y Protección y Medio Ambiente.

La mayoría de las publicaciones que encontramos presentan un enfoque concreto, diferente al presentado en esta tesis ya que suelen tratar o resolver problemas parciales (realizando la investigación desde alguna de las 5 áreas de estudio definidas) o revisan casos particulares de terminales en puertos o en interior ya establecidas y estudian casos de éxitos o situaciones a mejorar, obteniendo lecciones aprendidas de los mismo.

Destacar que existen muy pocas publicaciones que consideren los factores de seguridad y protección y medio ambiente en las publicaciones en el estudio de las terminales. Dado que nuestro estudio trata de los criterios de diseño de una terminal de mercancías peligrosas deberemos incluir estas áreas en el alcance de nuestro estudio.

Con respecto al método empleado en esta tesis, describiremos los detalles de la aplicación y los resultados en los próximos capítulos.

Aunque las primeras publicaciones consideraban un único aspecto de las áreas temáticas propuestas en la tesis, se observa una evolución a considerar el problema desde un punto de vista más global, pues incluyen criterios de varias de las áreas temáticas definidas en esta investigación. Así pues, se tiende a una visión holística a la hora de tomar decisiones y en esta tesis se ha abordado considerando también el problema desde su globalidad.

Se ha realizado una revisión completa incluyendo desde publicaciones relacionadas con terminales portuarias a temas relacionados con el transporte intermodal.

CAPÍTULO 4. Trabajo con el panel de expertos

4.1 Introducción

El panel de expertos ha contribuido en los diversos aspectos necesarios para definirlos criterios, organizarlos en una jerarquía, así como para compararlos para obtener los pesos de los criterios.

Para ello hemos partido del estudio del estado del arte y también se ha utilizado presentaciones de congresos internacionales relacionados con la temática y la normativa existente en relación a los criterios de diseños, construcción y gestión de una terminal de contenedores de mercancías peligrosas. De esta forma se ha buscado expertos en cada una de las áreas identificadas: Maquinaria y Equipos, Tecnologías TICs, Bussiness Intelligence (BI), Seguridad y Protección y Medio Ambiente.

La doctoranda también ha realizado visitas a varias terminales de contenedores a nivel nacional, para comprender y esquematizar el procedimiento de funcionamiento global de éstas, y adaptarlo al diseño de las terminales interiores de mercancías peligrosas. Las visitas realizadas en el marco de esta investigación, se realizaron con la colaboración de FEPORTS (Instituto Portuario de Estudios y Cooperación), institución de interés general sin ánimo de lucro constituida conjuntamente por la Generalitat Valenciana y las Autoridades Portuarias de Alicante, Castellón y Valencia en abril de 1998

Estas visitas se han realizado a las terminales de contenedores de:

- GRUPO BOLUDA en la provincia de Alicante
- MARVAL SA en el muelle Príncipe Felipe del Puerto de Valencia

Además, se han visitado las Autoridades Portuarias de las provincias de la Comunidad Valenciana para aumentar significativamente la información sobre la gestión de contenedores de mercancías peligrosas en la zona portuaria.

Por otra parte, se han realizado visitas a empresas en el ámbito de nuestra investigación, como son:

- De transporte de contenedores de sustancias químicas (TRANSPORTES SANTOS, TRANSPORTES PRATS, BALTRANSA...)
- De importación/exportación de sustancias peligrosas en contenedores (AKZO NOBEL, UNIVAR, DSV, GEODÍS LOGISTICS...)
- Asociaciones empresariales relacionadas con el sector químico (AIDA)

Otra fuente de información importante durante la realización del proyecto han sido las reuniones técnicas con expertos europeos de la logística, almacenaje y transporte de contenedores de mercancías peligrosas. Cabe destacar la SQAS Warehouse Workshop: Jornada sobre seguridad y protección en el almacenamiento de productos químicos organizada por el Consejo Europeo de la Industria Química (CEFIC) en Bruselas. En este simposium se trataron temas como:

- Logística sostenible: elementos prioritarios y mejores prácticas disponibles
- Requisitos en Europa para un almacenaje seguro
- Requerimientos de construcción y protocolos operativos para almacenamientos de mercancías a granel y envasados
- Evaluación del riesgo en almacenamientos

También se han concertado reuniones técnicas con expertos en la logística de productos químicos en el Norte de Europa, región donde se encuentran las empresas líderes del sector europeo. Algunos de los expertos contactados han sido:

- Evert de Jong, HSSQE Manager de De Rijke Group.
- Jos Verlinden, Director de transporte y logística del Consejo europeo de la Industria Química (CEFIC).
- Jan de Meutter del Departamento de Prevención de incendios de

la empresa BASF.

- Stefaan Thibaut, Risk Control Manager de Amlin Corporate Insurance.
- Patrick Gillon, Coordinador medioambiental externo para VLS Europe.
- Antoine Colom, Director europeo de las actividades de almacenamiento y transporte del Groupe Charles André.

De esta forma se pretende integrar tanto el conocimiento científico sobre el tema como el conocimiento técnico-profesional de expertos en este tema.

En el siguiente punto se describen los integrantes del panel de expertos con los que se ha trabajado, y cuál ha sido el área de trabajo de cada grupo. Posteriormente, para cada área temática se describen las características técnicas obtenidas con los expertos para posteriormente concretar esta información en criterios de decisión. Dentro de las áreas de Seguridad y Medioambiente se incluye un listado de legislación que afecta a estos aspectos. La legislación autonómica a aplicar dependerá de la ubicación; en este documento se ha incluido la legislación autonómica valenciana a modo de referencia.

4.2 Integrantes del panel de expertos

Los integrantes del panel de expertos han sido:

1. AITEC. Es un centro de tecnología privado cuyo principal objeto es la captación, fomento, promoción y difusión de la tecnología, contribuyendo al desarrollo de procesos de innovación tecnológica en el sector empresarial. El ámbito de actuación de AITEC como Centro de Tecnología es Internacional, centrandó su actividad básicamente en Europa, y en particular en España, Portugal y Polonia.

AITEC está dotado de unos recursos humanos con un elevado nivel de capacitación profesional y una utilización preferente de conocimiento en el ámbito de la seguridad en transporte, almacenamiento y logística de mercancías peligrosas. La doctoranda ha coordinado todo el proyecto y ha trabajado en el desarrollo de los ámbitos relativos a seguridad, la protección y medioambiente.

Cabe comentar que en este caso han participado técnicos con dos visiones complementarias: visión comercial y visión técnica.

2. IMEDES. El Instituto Mediterráneo para el Desarrollo Sostenible (IMEDES) nace como respuesta al gran reto de nuestro tiempo: la sostenibilidad ecológica del desarrollo económico. Este ofrece a la sociedad todo tipo de servicios relacionados con el desarrollo económico sostenible y que se podrían englobar en tres áreas diferentes: formación, consultoría e investigación.

Para ello desarrolla su trabajo a partir del conocimiento científico, aportado por los más prestigiosos especialistas académicos y profesional. De ahí que se considere fundamental la divulgación de las numerosas investigaciones llevadas a cabo y persiga el conocimiento de las mismas por parte de la sociedad.

El objetivo marco de IMEDES es contribuir al fortalecimiento de las instituciones y de los organismos responsables de la gestión ambiental, así como cooperar en el crucial proceso de concienciación social y empresarial que la actual situación medioambiental requiere.

IMEDES ha colaborado en la parte medioambiental del proyecto, basándose en su experiencia y relevancia en el sector.

3. JOFESA IMAGINE SYSTEMS S.L. JOFESA es una empresa privada pionera en el sector de los automatismos especiales y las tecnologías de la información y la comunicación. Está especializada en dar respuesta a la necesidad de diseño, ensamble y desarrollo de diferentes procesos y automatismos en el campo de la producción industrial.

Entre el equipo humano de la empresa se encuentran ingenieros de todos los sectores implicados, industriales, de telecomunicaciones, arquitectos, entre otros profesionales.

Tienen una amplia experiencia en desarrollo y control de sistemas de red a gran escala, automatismos, maquinaria, redes de sensores inalámbricos, soluciones robóticas y domóticas, colaborando activamente con organismos regionales de educación ofreciendo prácticas y seminarios en centros de formación reglada.

JOFESA ha colaborado en la parte de definición y análisis relacionados con la maquinaria y los procesos dentro de la terminal terrestre de transferencia de contenedores de sustancias químicas peligrosas.

4. AIMME (Instituto tecnológico metalmecánico) que ha aportado su experiencia en análisis de soluciones TICs y BI existentes en terminales de interiores de transferencia de contenedores.
- Análisis de procesos, requisitos funcionales y tecnológicos
 - Requerimientos del sistema TIC. Software analizados.
 - Análisis de soluciones de gestión del mercado.

AIMME se ha centrado en el análisis de las soluciones TICs y BI óptimas para el funcionamiento de la terminal interior de contenedores de mercancías peligrosas junto con la empresa especializada en BI Lite Internet Solutions (LITEBI)

5. Lite Internet Solutions (LITEBI). Es una empresa dedicada a desarrollar y comercializar software de Business Intelligence LITEBI está especializada en "software como servicio", es

decir, que los clientes no tengan ningún coste en concepto de hardware y software, ya que la arquitectura está instalada en los propios servidores de LITEBI.

La participación de estos actores en relación con las áreas temáticas planteadas en la tesis ha sido:

- Maquinaria y equipos: JOFESA
- TICs: LITEBI y AIMME
- BI:LITEBI y AIMME
- Seguridad y Protección: AITEC
- Medio Ambiente: AITEC e IMEDES

Para desarrollar la metodología con el panel de expertos se estableció un plan de trabajo con diferentes reuniones, reuniones de brainstorming, visitas a instalaciones, entrevistas personales con miembros del panel u otros expertos en el tema así como entrevistas telefónicas y videoconferencias. En este plan se establecieron fechas y entregables por cada uno de ellos.

4.3 Maquinaria y Equipos

4.3.1 Introducción

Este estudio pretende realizar un análisis de las características de la maquinaria y procesos que servirán para poder diseñar una terminal interior de mercancías peligrosas.

En primer lugar, se deberá realizar un estudio profundo de las características y aspectos en torno a la maquinaria y procesos que deberán ser llevados a cabo en la terminal. Este estudio permitirá definir posteriormente las necesidades que el sistema deberá cubrir.

Dentro de los aspectos a tener en cuenta están el control de los tiempos de almacenaje, la situación estratégica de los contenedores que permita una correcta entrada y salida de los mismos, así como la compatibilidad de las sustancias almacenadas en una determinada área del almacén. Aspectos como el tipo de movimientos, tonelaje, procedimientos de alzado y almacenaje, etc.

Se hará especial hincapié en analizar las necesidades relacionadas con la consecución del efecto espejismo, mediante el que se pretende generar un posicionamiento inverso a la salida de los contenedores, que tanta relevancia tiene respecto a la eficiencia y control de esta actividad.

Para poder definir y acotar cada uno de los criterios que afectan a la maquinaria y a los procesos de la terminal, se han consultado una gran variedad de fuentes algunas de las cuales ya han sido citadas en el capítulo 3 al hablar del estado del arte, realizado varias visitas y consultado normativa de aplicación.

Para poder llevar a cabo el trabajo, se ha realizado además las siguientes visitas:

- Centro logístico de sustancias químicas peligrosas de Fitotrans, Valencia
- Instalaciones portuarias y de transferencia de contenedores, Valencia.
- Puerto seco, Coslada.
- Instalaciones portuarias y de transferencia de contenedores, Algeciras.
- Centro logístico de sustancias químicas peligrosas de Fitotrans, Sevilla
- Instalaciones portuarias y de transferencia de contenedores, Barcelona.

Debido al auge del comercio internacional, cada vez son más las mercancías que se transportan de unos países a otros mediante contenedores. Las mercancías peligrosas no son una excepción.

Esto hace que los operadores logísticos estén estudiando la manera de hacer nuevas instalaciones que sean más eficientes y obtengan más rendimiento. Una forma de mejorar la eficiencia, aumentar la capacidad, y satisfacer la demanda futura es utilizar las tecnologías avanzadas y la automatización con el fin de acelerar las operaciones de la terminal.

En el caso de las mercancías peligrosas, este proceso de automatización tiene que ir unido al cumplimiento de una normativa restrictiva que dificulta en gran medida dicha automatización.

La tendencia a la hora de estructurar la automatización de una terminal de almacenamiento consta de las siguientes partes:

- Buffer de puerta. Esta es una zona reservada para la recepción, almacenamiento temporal y salida de contenedores que llegan por transporte terrestre. A su vez esta zona cuenta con dos zonas diferenciadas: una buffer de entrada y un buffer de salida.
- Patio de almacenamiento de contenedores. Esta es la zona donde se depositan los contenedores a la espera de ser retirados.
- Buffer de tren (opcional). Esta es una zona reservada para la recepción, almacenamiento temporal y salida de contenedores que llegan por transporte ferroviario. A su vez esta zona cuenta con dos zonas diferenciadas: una buffer de entrada y un buffer de salida.
- Buffer de grúa de muelle (opcional). Esta es una zona reservada para la recepción, almacenamiento temporal y salida de contenedores que llegan por transporte marítimo. A su vez esta zona cuenta con dos zonas diferenciadas: una buffer de entrada y un buffer de salida.

La figura 23 muestra la estructura básica de un sistema de automatización de una terminal de almacenamiento

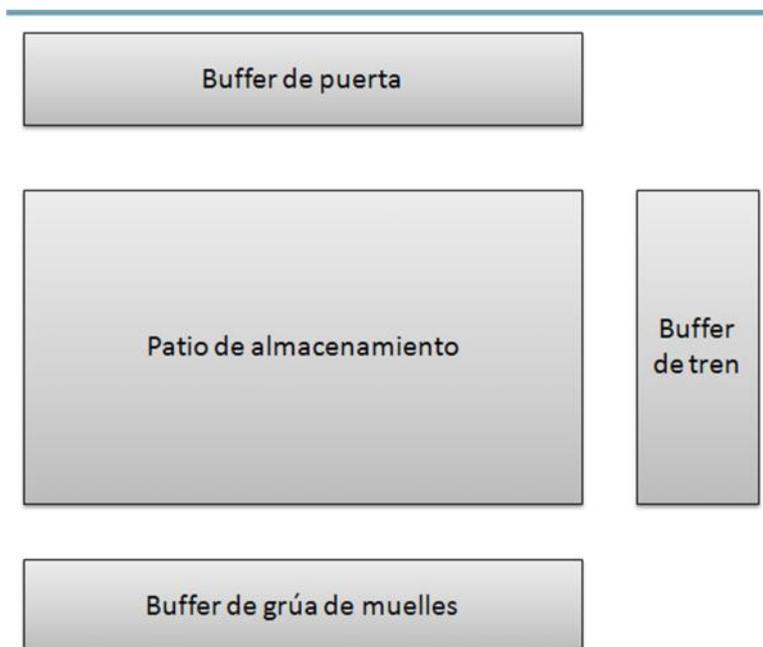


Figura 23. Estructura de un sistema de automatización de una terminal de almacenamiento

Así mismo, de los estudios realizados por los técnicos, se deduce que básicamente existen cuatro tipos de líneas para automatizar una terminal de contenedores:

- A. Sistema de automatización basado en la utilización de vehículos de guiado automático (AGV).
- B. Sistema de automatización basado en conducción por motor lineal (LMCS).
- C. Sistema de automatización basado en red de raíles (GR).
- D. Sistema de automatización basado en una gran almacén con recogida y depósito (AS/RS)

Para la definición de criterios y la posterior elección de indicadores se han analizado los varios tipos de sistemas de automatización para terminales de contenedores y varias tecnologías de recolección de datos.

4.3.2 Sistemas de automatización

4.3.2.1 Vehículos de guiado automático (AGV)

Este sistema de automatización consiste en una serie de vehículos controlados remotamente que se encargan de desplazar los contenedores desde el buffer de entrada hasta el patio de almacenamiento.

Una grúa se encarga de cargar y descargar los vehículos en el buffer de entrada o salida, para permitir la recepción y la partida de los contenedores por medio terrestre, ferroviario o marítimo.

El software de gestión se encarga de asignar una localización de almacenamiento para cada sustancia.

Los vehículos transportan la mercancía hasta el patio de almacenamiento, donde son depositados por los mismos vehículos en estanterías mediante un sistema de elevación hidráulico.

Estas estanterías pueden ser la ubicación final de las mercancías, aunque existe la posibilidad de almacenar en alturas emplazando una grúa móvil. Las estanterías pasan a ser el buffer de alimentación de la grúa móvil.

También existe la posibilidad de almacenar los contenedores en el suelo (con un máximo de hasta dos alturas normalmente) utilizando otros tipos de vehículos guiados que cargan los contenedores desde la parte superior. Este tipo de vehículos son más voluminosos pero no requieren de estanterías.

El patio de almacenamiento está dividido en zonas de apilamiento y carreteras por donde circulan los vehículos automáticos.

En las intersecciones de las carreteras, el software de gestión tiene que establecer unas preferencias de paso para evitar colisiones.

Estas se presentan en la tabla

Primer AGV en llegar	(Este, Recto)	(Oeste, Recto)	(Sur, Recto)	(Norte, Recto)
AGVs acercándose que tienen que parar	(Oeste, Izquierda) (Norte, Recto) (Norte, Izquierda) (Norte, Derecha) (Sur, Recto) (Sur, Izquierda)	(Este, Izquierda) (Norte, Recto) (Norte, Izquierda) (Sur, Recto) (Sur, Izquierda) (Sur, Derecha)	(Este, Recto) (Este, Izquierda) (Este, Derecha) (Oeste, Recto) (Oeste, Izquierda) (Norte, Izquierda)	(Este, Recto) (Este, Izquierda) (Oeste, Recto) (Oeste, Izquierda) (Oeste, Derecha) (Sur, Izquierda)
Primer AGV en llegar	(Este, Izquierda)	(Oeste, Izquierda)	(Sur, Izquierda)	(Norte, Izquierda)
AGVs acercándose que tienen que parar	(Oeste, Recto) (Oeste, Derecha) (Sur, Recto) (Sur, Izquierda) (Norte, Recto) (Norte, Izquierda)	(Este, Recto) (Este, Derecha) (Sur, Recto) (Sur, Izquierda) (Norte, Recto) (Norte, Izquierda)	(Este, Recto) (Este, Izquierda) (Oeste, Recto) (Oeste, Izquierda) (Norte, Recto) (Norte, Derecha)	(Este, Recto) (Este, Izquierda) (Oeste, Recto) (Oeste, Izquierda) (Sur, Recto) (Sur, Derecha)
Primer AGV en llegar	(Este, Derecha)	(Oeste, Derecha)	(Sur, Derecha)	(Norte, Derecha)
AGVs acercándose que tienen que parar	(Oeste, Izquierda) (Sur, Recto)	(Este, Izquierda) (Norte, Recto)	(Oeste, Recto) (Norte, Izquierda)	(Este, Recto) (Sur, Izquierda)

Tabla 7. Intersecciones de las carreteras que el software de gestión tiene que establecer unas preferencias de paso para evitar colisiones.

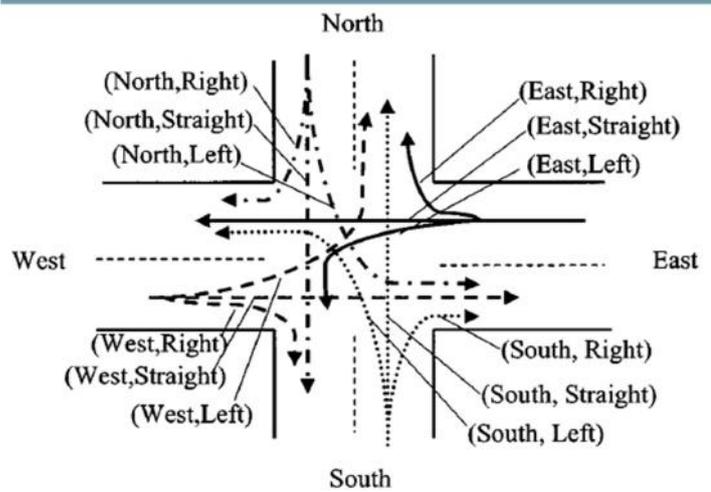


Figura 24. Esquema que representa las intersecciones de las carreteras

4.3.2.2 Conducción por motor lineal (LMCS).

El principio de funcionamiento de los sistemas de conducción por motor lineal es el mismo que el de los vehículos de guiado automático, con la salvedad de que los desplazamientos son realizados por lanzaderas con motores lineales.

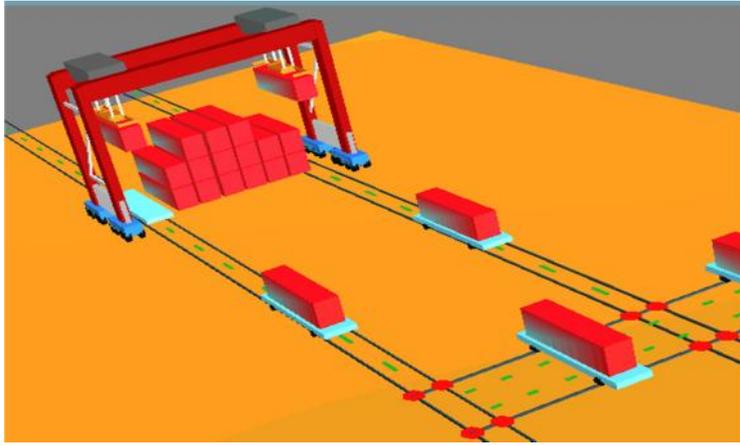


Figura 25. Representación sistemas de conducción por motor lineal

Los motores lineales son unos motores muy fiables y con un largo ciclo de vida, lo que los hace ideales para este tipo de operaciones.

4.3.2.3 Sistema de automatización basado en red de raíles (GR).

Este sistema se basa en la creación de una red de raíles suspendidos que comunica los buffers de entrada / salida con el patio de almacenamiento.

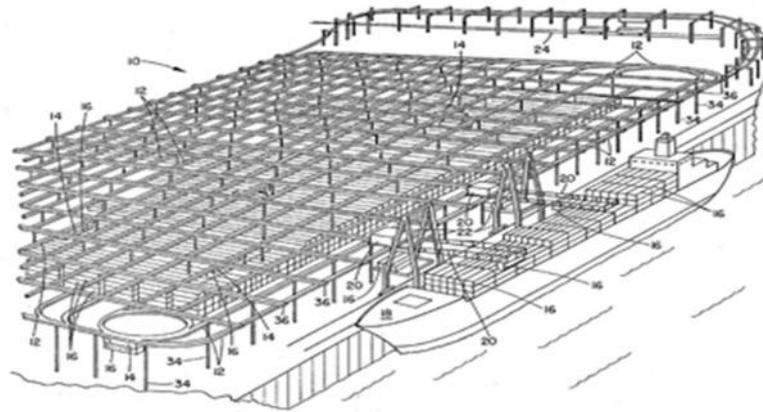


Figura 26. Red de raíles suspendidos

El sistema utiliza unas lanzaderas que van conectadas por la parte superior y que se mueven a lo largo de todo el mono-rail. Las lanzaderas tienen en la parte superior un motor lineal de inducción que les permite desplazarse y realizar las cargas y descargas.

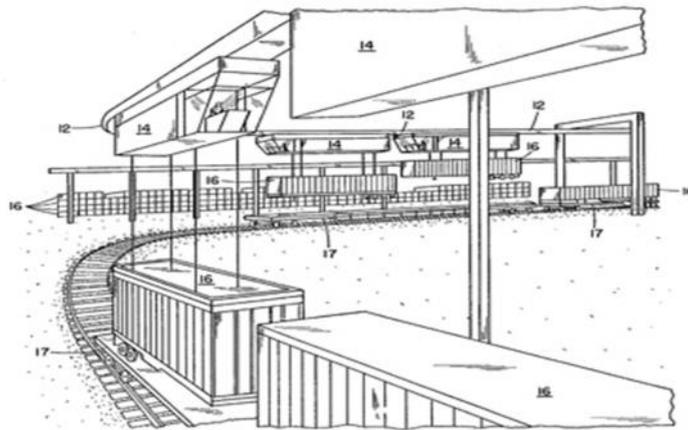


Figura 27. Dibujo del sistema de lanzaderas de una red de raíles suspendidos

Este sistema está basado en un almacén de gran capacidad en el que se pueden ir colocando contenedores en varias alturas.

El sistema esta principalmente compuesto de cuatro partes:

- Máquina de almacenamiento y recepción. Se encarga de ubicar cada contenedor en sus coordenadas correspondientes.
- Estructura de rack. Se encarga de almacenar cada uno de los contenedores de forma ordenada.
- Sistema de manejo horizontal de material. Se encarga de depositar los contenedores en el rack una vez que el sistema de almacenamiento y recepción lo ha ubicado en su posición correspondiente.
- Planificación y control. De emplazar cada uno de los contenedores en su correcta posición, dándole las instrucciones precisas tanto a la máquina de almacenamiento y recepción, como al sistema de manejo horizontal.

-
El resultado es un sistema que permite acceder a cada una de los compartimentos sin tener que hacer reubicaciones de mercancías ni movimientos de pilas.

Además, el sistema tiene gran capacidad de almacenamiento en poco espacio de terreno.

4.3.3 Tecnologías de recolección de datos

4.3.3.1 Códigos de barras lineales.

En esta tecnología, la información está codificada en una imagen impresa, que se compone de una anchura variable (y en algunos casos también longitud variable) de líneas y espacios. El lector de código de barras se pasa sobre la imagen y detecta las transiciones de claro a oscuro y también el tiempo que se ve una imagen clara u

oscura. Estas representaciones digitales se traducen luego en base a una codificación preestablecida.



Figura 28. Código de barras lineal

– **Códigos de barras de dos dimensiones.**

A veces llamado un código de barras apiladas, que ofrece datos de alta densidad de codificación con líneas de códigos de barras apiladas una sobre otra. Más allá de la mayor capacidad, este método se caracteriza por la codificación de borde a borde, por la posibilidad de hacer escaneados parciales y poder hacer corrección de errores extensiva.

Además el sistema es de seguir siendo legible aun cuando el código haya soportado un deterioro considerable.

La tecnología es apropiada cuando hay una necesidad de datos elevada



Figura 29. Código de barras de dos dimensiones

4.3.3.2 Tarjetas de memoria óptica (OMC).

Es un sistema relativamente nuevo. Emplea la misma tecnología óptica utilizada en los discos compactos de audio (CD) y en los productos audiovisuales CD-ROM (sólo lectura). En esta tecnología, la información se escribe en una tarjeta en incrementos, no toda de una sola vez. Es decir, los datos pueden ser escritos en una tarjeta mediante un orden secuencial durante muchas ocasiones, hasta que toda la memoria disponible sea utilizada. Como OMC tiene un tamaño similar a una tarjeta de crédito, una persona puede llevarla fácilmente en un bolsillo o en la cartera. Los sistemas OMCs son usados cuando se necesita llevar un seguimiento del producto o se necesita almacenar una gran cantidad de datos.



Figura 30. Tarjetas de memoria óptica

4.3.3.3 Identificación por radio frecuencia (RFID)

Esta es una opción muy buena opción para identificar, clasificar y localizar material de forma automática en distancias relativamente cortas.

Las características del RFID permiten al usuario localizar, identificar y redirigir los contenedores.

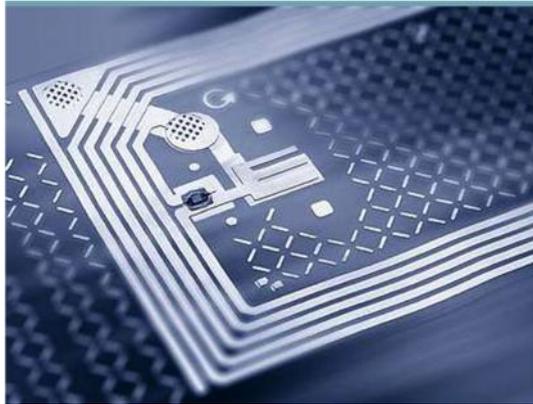


Figura 31. Sistema para identificación por radio frecuencias

Hay dos tipos de tecnologías RFID: ACTIVA y PASIVA.

PASIVA: Tiene menos alcance que la activa, no tiene capacidad de escritura y la capacidad de datos es significativamente limitada. Sin embargo no necesita baterías para poder funcionar.

ACTIVA: Se llaman etiquetas. Pueden contener información que puede ir desde un identificador permanente programado por el fabricante hasta una variable de 128 KBytes que puede ser reprogramada por un controlador mediante emisiones de radiofrecuencia. Al controlador se le conoce como lector o interrogador.

El interrogador y las etiquetas usan energía RF para comunicarse el uno con el otro. El interrogador envía una señal RF que 'despierta' a la etiqueta y esta le transmite información. Adicionalmente a la lectura, el interrogador puede añadir nueva información a la etiqueta. Esto permite a los usuarios alterar la información de las etiquetas dentro de un cierto rango.

Los interrogadores también pueden ser conectados en red para proporcionar a un sistema una cobertura casi ilimitada.

4.3.3.4 Sistemas de localización por satélite

Un sistema de seguimiento por satélite proporciona la posibilidad de rastrear la ubicación exacta de los vehículos y convoyes en la terminal.

Dos métodos pueden ser utilizados para el posicionamiento de vehículos: el uso de satélites para todas las comunicaciones y el uso de satélites para la detección de posición.

En el primer método, las coordenadas de latitud y longitud de los equipos y otros medios de transporte equipados con un transmisor-receptor, se transmiten periódicamente a través de un satélite a una estación terrestre.

El rastreo por satélite utiliza un transmisor basado en células, en un receptor de satélite o en un transceptor.

Los transceptores se utilizan para comunicar la posición, enviar codificaciones y mensajes de texto, así como mensajes de emergencia de los medios de transporte en tránsito a la estación terrestre.

Las tecnologías basadas en transceptor también permiten las comunicaciones desde una estación terrestre hasta el transporte en

tránsito.

Un usuario puede escribir, transmitir y recibir mensajes con dispositivos de mano muy pequeños o unidades integradas con computadoras desde cualquier lugar del mundo.

La emergente constelación de satélites de baja órbita terrestre (LEO), facilitaran el seguimiento de los envíos internacionales.

4.4 Tecnologías TICs y B.I.

4.4.1 Aspectos Generales

Para cumplir los objetivos indicados, en primer lugar se realiza una definición de los conceptos básicos así como los aspectos a tener en cuenta para realizar el estudio, es decir las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) y Business Intelligence (BI) a tener en cuenta para el caso especial de la tipología de productos a gestionar que como se ha indicado se trata de sustancias químicas peligrosas. Estos aspectos condicionarán el desarrollo de la configuración y los requerimientos del sistema y en su operativa.

En apartados siguientes se define la configuración de los elementos que conforman el sistema de gestión planteado, que en este caso se ha basado en agentes y los procesos englobados en cada uno de los subsistemas en que se ha dividido.

Con ello, se sintetizan las características del software y requerimientos que ha de tener el sistema TIC a implementar. Por último se muestra la comparativa de los sistemas de gestión de mercado analizados.

El Sistema Operativo (SO) de una terminal interior de contenedores es el conjunto de procesos que optimizan la transferencia y almacenamiento temporal de los contenedores. Estos procesos se

pueden agrupar en diferentes subsistemas que podemos enumerar siguiendo diferentes criterios. En el presente estudio, se dividirán atendiendo a los procesos que sigue el flujo del producto. Esto es desde la entrada del contenedor a la terminal interior, pasando por el almacenamiento, el movimiento de producto, y la salida del contenedor.

4.4.2 Sistemas Tecnológicos (TIC)

El tráfico de contenedores está creciendo en los últimos tiempos, es por ello que los operadores de terminales de contenedores también afrontan el reto de introducir métodos innovadores para optimizar las operaciones en un entorno de intensa competitividad.

En este contexto, la utilización de Sistemas Tecnológicos TIC (Tecnologías de la Información y de Comunicaciones), tanto para la gestión de los procesos mediante Sistemas Informáticos tipo ERP, como para la captación y transmisión de la información son un elemento imprescindible. Además, la introducción de otros elementos tecnológicos que integrados con este sistema de gestión global principal, faciliten la gestión y permitan mejorar los procesos suponen una ventaja competitiva considerable.

Entre otros avances tecnológicos, la automatización de procesos, junto con tecnologías que facilitan el seguimiento y localización de carga es de vital importancia para una gestión adecuada del inventario en tiempo real.

Para incorporar con éxito estas tecnologías, especialmente para operadores globales, existe un interés en establecer un marco que facilite el diseño, implementación y funcionamiento de este nuevo concepto de terminales.

El uso de sistemas TIC en la operativa de las terminales aporta numerosas ventajas en términos de productividad en los procesos,

rapidez en el servicio y seguridad de la carga. Asimismo, establecer directrices para la normalización de las operaciones resulta un método coherente que permite facilitar el diseño, implementación y operación de terminales disminuyendo el esfuerzo y tiempo empleado en estas funciones.

Por tanto, y a modo de resumen, las tendencias tecnológicas que se han de contemplar para incorporar a la gestión de las terminales de contenedores en función de sus características particulares, son las siguientes:

- Sistemas Informáticos de Gestión integral (ERP).
- Gestión de procesos operativos.
- Gestión de procesos administrativos.
- Gestión de procesos avanzados. Simulaciones.
- Sistema de seguimiento y localización de contenedores para captura de datos y gestión de inventario: (Teletag, GPS, RFID), reconocimiento OCR.
- Tecnología para carga y descarga: Incluye grúas automáticas, sistemas de almacenamiento y posicionado.
- Tecnología para transporte horizontal: Para operaciones intermodales como vehículos automáticos guiados (AGV's), o múltiples sistemas tráiler.
- Tecnologías para comunicación de información Wireless tanto interna como externa (Wifi, Wimax, Edi, Radiofrec, etc.).

4.4.3 Sistemas Business Intelligence (BI)

El Business Intelligence se podría definir como el conjunto de herramientas informáticas y procesos que ayudan a las organizaciones a mejorar sus procesos de toma de decisiones. Está formado por aplicaciones tales como herramientas de análisis dinámicos, cuadros de mando o procesos de integración de información que permiten que las personas decisoras de una organización dispongan de la información adecuada en el momento adecuado optimizando así el rendimiento global de las organizaciones.

Actualmente el mercado Business Intelligence tiene algunas tendencias bastante claras que están cambiando el panorama tradicional dominado por los grandes fabricantes de estándares corporativos.

Análisis “In-Memory”: herramientas como QlikView o Microsoft están buscando aprovechar las ventajas que ofrecen los nuevos hardware para optimizar el rendimiento y simplificar los procesos de análisis del dato.

Plataformas SaaS: Las empresas buscan simplificar y agilizar la adopción de soluciones de Business Intelligence por parte de las organizaciones evitando el despliegue dentro de los entorno y la infraestructura del cliente, sustituyendo estos despliegues por un acceso a través de Internet a una plataforma centralizada gestionada por el proveedor y pagada con una cuota mensual, con la consiguiente reducción del riesgo para el comprador.

Plataforma Open Source: Con Pentaho a la cabeza han aparecido, al igual que en el resto de ámbitos del software empresarial alternativas de software libre para Business Intelligence. La gratuidad de las licencias Open Source asegura un menor total coste de adquisición comparado con soluciones tradicionales, sin embargo no es raro que pequen de una excesiva complejidad de cara al cliente.

Algunos aspectos clave de las tendencias existentes en el campo del Business Intelligence son:

Democratización: El Business Intelligence pasa de ser coto exclusivo de grandes compañías clientes de proveedores con productos potentes, complejos y de coste elevado; a ser algo asequible, fácil de implementar y mantener, adecuado a las

necesidades de empresas de tamaño mediano.

BI Operacional: Para la toma de decisiones de negocio cada vez es más importante la información disponible en tiempo real o cercano al real.

Agilidad: Los sistemas de inteligencia de negocio deben de estar listos para adaptarse a las necesidades de un entorno y unos requerimientos del negocio siempre cambiantes.

4.4.4 Mercancías Químicas Peligrosas

El requisito o característica más diferenciadora de la terminal de contenedores objeto de estudio, es la tipología de materia que va a gestionar, se trata de mercancías químicas peligrosas. Este aspecto, va a generar ciertas restricciones en el sistema que habrá que tener en cuenta tanto en el ámbito de la infraestructura a instalar como en la gestión global del sistema.

Algunas restricciones a tener en cuenta:

- Codificación de las mercancías según la tipología de mercancías peligrosas.
- Ubicación en lugares especiales por tipología de MP.
- Condiciones especiales de apilamiento por tipología de MP.
- Segregación de la mercancía por tipología de MP.
- Restricciones en la capacidad total del almacenamiento.
- Procedimientos de limpieza y desinfección en caso de vertido.
- Comunicación de la información sobre la MP.
- Sistemas de alarmas y comunicación con autoridad en caso de accidente, etc.

Estas restricciones estarán introducidas en el sistema de gestión integral de la terminal para que se tengan en cuenta en todos los procesos que son gestionados por el sistema, así como los procedimientos operativos que se han de realizar (introducción de datos, información a solicitar, comunicación de datos al transitario-cargador-agente, etc.).

4.4.5 Análisis de Procesos. Requisitos Funcionales y Tecnológicos.

El conjunto de operaciones que se producen en la terminal de contenedores, se puede agrupar en diferentes subsistemas siguiendo la línea del flujo de producto. Dentro de estos subsistemas se analizarán los procesos que se deben gestionar y los requisitos de funcionalidad que deben tener los Sistemas TIC para gestionar el subsistema dentro del entorno de toda la terminal.



Figura 32. S.O. Terminal Contenedores y Subsistemas.

Por tanto desde el punto de vista operativo, podemos dividir los procesos en tres subsistemas:

- Subsistema de Entrada de Contenedores.
- Subsistema de Gestión de Almacenamiento.
- Subsistema de Salida de Contenedores.

Por otro lado, se hace imprescindible el disponer de un Sistema Central de Gestión Integral que disponga de un sistema de toma de decisiones y un sistema de comunicaciones eficiente que relacione a los diferentes subsistemas con el Sistema Central.

A continuación se muestra el esquema del Sistema General de Gestión (SIGI):

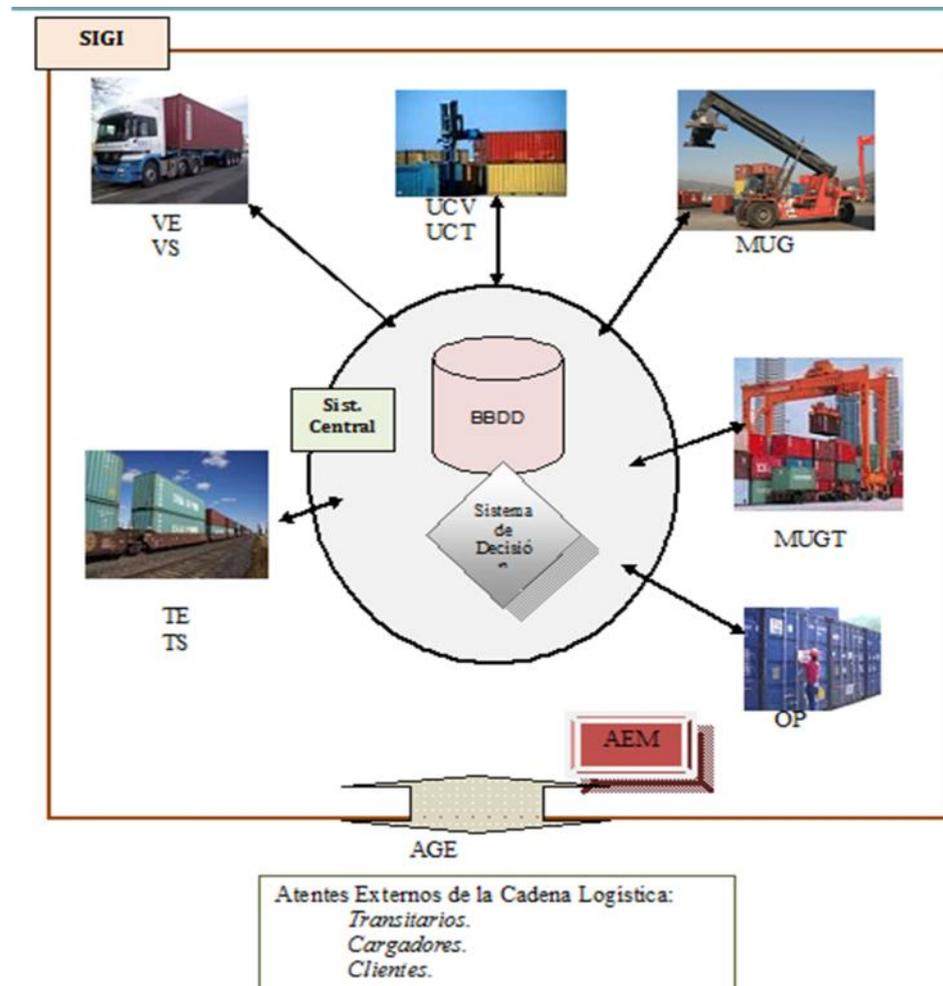


Figura 33. Sistema de Gestión Integral SIGI.

El sistema se compone de un núcleo central o Sistema Central donde se integran por un lado el Sistema de Toma de decisiones, que integran los algoritmos de gestión avanzados para la asignación de tareas a los agentes, así como la cola de procesos y prioridades para el correcto funcionamiento de cada situación. La Información General en datos, (BBDD), y un sistema de comunicación interior con los agentes que gestionan los subsistemas y la comunicación con el entorno exterior para la transmitir la información de la mercancía desde y hasta el siguiente eslabón de la cadena logística.

Para la gestión de los procesos de la terminal, se ha planteado un modelo de arquitectura de tipo modular y distribuida en forma de Agentes o Nodos que serán los que gestionarán las operaciones que asigne el Sistema central. Por ejemplo, la ubicación en la planta de los contenedores, se realizan por medio del agente dedicado a la ubicación en planta.

A continuación se enumeran Agentes o nodos del Sistema:

- Agente Vehículo Entrante.(VE)
- Agente Vehículo Saliente.(VS)
- Agente Tren Entrante.(TE)
- Agente Tren Saliente.(TS)
- Agente Ubicaciones Contenedor Vehículo.(UCV)
- Agente Ubicaciones Contenedor Tren. (UCT)
- Agente de Maquinaria Ubicación Grúa. (MUG)
- Agente de Maquinaria Ubicación Grúa Transtainer. (MUGT)
- Agente Operador de Planta. (OP)
- Agentes Externos Entrada. (AGE)
- Agente Externo Salida. (AES)
- Agente de Emergencias y Alarmas (AEA)

Otra tarea que realizan los agentes es la captación de información y datos que le requiere el sistema central SIGI. Para ello cada uno de ellos se hace servir de la tecnología adecuada para cada situación o necesidad.

A continuación se describen los sistemas tecnológicos de información y comunicaciones que se han estimado serán necesarias y como desarrollarán su funcionalidad dentro de cada proceso:

- Tecnología Radiofrecuencia.(Tag-RFID)

Tag's activos se utilizarán para colocarlos al contenedor mediante un imán, y servirán para realizar el seguimiento del mismo durante el tiempo que se encuentre el contenedor en la Terminal, posteriormente serán retirados, reprogramados e incorporados a un nuevo contenedor entrante. Mediante antenas y sensores se podrá determinar la localización del contenedor mediante triangulación de las antenas.

También se utilizará el Tag para localizar e identificar al camión externo durante el tiempo en que se encuentre en la terminal.

- Información a través Tecnología Láser.

Las mercancías peligrosas requieren que se eleven al máximo los sistemas de seguridad y para ello los movimientos de contenedores han de realizarse de forma precisa. Para el posicionamiento ajustado de los contenedores tanto en apilamiento y almacenamiento como para la colocación en los vehículos, se utilizan sistemas laser que aseguran el correcto posicionamiento en las plataformas adecuadas.

- Tecnología OCR.

La tecnología OCR se utilizará para la identificación automática del camión y el contenedor en la puerta de entrada a la terminal. Se utilizará también para inspecciones visuales para detectar posibles fugas, o potenciales incidencias que pudieran ocurrir (seguridad) ya que se trata de mercancías peligrosas.

- Información a través Tecnología DGPS.

Los sistemas de localización GPS, se ubicarán a los vehículos de la terminal (grúas móviles, y grúas pórtico), ya que en este caso es necesario la localización instantánea para que el proceso sea totalmente eficiente.

- Comunicación a través Tecnología Wireless, Wifi/Wimax/GPRS/UMTS.

Las comunicaciones entre el equipamiento de planta y el Sistema de Gestión central, se realizará por Tecnologías Wireless, por medio de terminales pda's configuradas para recibir y enviar mensajes, para ello se utilizará en la mayoría de casos estas tecnologías inalámbricas.

- Comunicación a través Tecnología EDI-XML.

Para las comunicaciones desde el sistema al exterior y viceversa. Es decir desde el anterior eslabón de la cadena logística y hacia el siguiente eslabón. Se realizarán mediante esta tecnología que procesará el sistema. Antes de recibir un contenedor o una partida, es necesario conocer la información logística habitual, además de la información sobre la tipología de mercancía peligrosa para determinar su tratamiento previamente. Del mismo modo, mediante este protocolo, se enviará la información al siguiente eslabón de la cadena cuando se envíe un contenedor.

- Tecnología de desarrollo.Net.

Por último, para dar un servicio avanzado al cliente, se implementará mediante tecnología .Net un portal para proporcionar información y servicios avanzados a los clientes a través de internet.

4.4.6 Funcionamiento del Sistema.

Se explican de forma somera el funcionamiento de los subsistemas indicados en la Figura 33, del presente documento, así como la relación de cada uno con los diferentes agentes a implementar.

4.4.6.1 Subsistema de Entrada.

Este subsistema consiste en la interfaz de la terminal con los medios de transporte encargados de introducir la mercancía en contenedores hacia el interior de la terminal, que al tratarse de una terminal terrestre, los medios de transporte que introducirán los contenedores en la terminal son camiones o trenes.

Cuando un contenedor llega a la terminal, puede ser o bien por tipo de transporte camión o tren, previamente el sistema ha procesado la información sobre la mercancía vía XML-EDI y la ha codificado según los criterios establecidos. Los procesos y tareas que se han de desarrollar son diferentes en caso de que el contenedor entre por medio de un vehículo camión o tren, por lo que estos serán gestionados por agentes diferentes, VE (Agentes Entrada camión) y TE (Agente de entrada Tren).

El sistema central, es el que coordina los eventos a realizar y el lanzamiento de los procesos a cada agente. Por ejemplo en la entrada ha de haber un proceso de identificación y toma de datos del contenedor, un proceso de control y verificación de seguridad el contenedor. Cada uno de estos procesos, los generará mediante eventos el Sistema central y serán lanzados a cada agente, ya que en la mayoría de ocasiones va a ser los mismos, lo que varía es el agente o el momento en que se realiza.

4.4.6.2 Subsistema de Gestión Almacenamiento.

Este subsistema consiste fundamentalmente en ubicar y controlar los contenedores en el lugar adecuado condicionado por la tipología de mercancía peligrosa de que se trate (codificación), lo que obligará a tener en cuenta las restricciones de separación entre tipologías de productos y las distancias que se han de respetar entre productos.

Los algoritmos que han de desarrollar son principalmente la configuración de la planta y la ubicación automática de contenedores, con el objetivo de disponer de un Mapa de Ubicaciones en tiempo real.

La ubicación automática, implica determinar la posición en la que deberá almacenarse el contenedor, esta posición viene determinada generalmente por los mismos factores que determinan la política de configuración.

El sistema de ubicación debe tener en cuenta la situación real y actualizada de la planta como datos extras además de los proporcionados por el sistema de configuración. Se tendrán en cuenta además parámetros de eficiencia como la optimización de los movimientos, los recorridos, distancias, etc. Cada agente se encarga de cada uno de estos aspectos.

Una vez tomada la decisión sobre la ubicación, los agentes se encargarán de avisar sobre la ubicación del contenedor a la base de datos. Esta información es transmitida por medio del sistema de comunicaciones. Los agentes de maquinaria pasan a gestionar los movimientos necesarios para almacenar el contenedor entrante.

La comunicación con la base datos la puede realizar cualquier agente mediante sus sistemas tecnológicos y comunicaciones para que el sistema central pueda actuar, por ejemplo en caso de que se produzca cualquier error o potencial error (por ejemplo que se haya seleccionado otro contenedor por error o se ha ubicado en un lugar

incorrecto) se lanzará el evento correspondiente. La mayoría de agentes gestionan procesos relacionados con este subsistema.

4.4.6.3 Subsistema de Salida de Contenedores.

Cuando un contenedor es saliente a la terminal, son los agentes de Salida, los que indican al sistema que hay que recoger un contenedor. El sistema calcula su ubicación, y comunica a los agentes la ubicación del contenedor a mover.

En función de si se trata de un medio de transporte u otro, el proceso será gestionado por el agente Vehículo de Salida (VS) o Tren Salida (TS).

Igualmente el sistema se encarga de lanzar los eventos para la transmisión de la información del contenedor saliente al siguiente eslabón de la cadena (transitorio, cargador, Op. Logístico, etc.) vía XML-EDI preferentemente.

Existen otros agentes que no se han indicado como es el Agente Operador de Planta (OP), este agente se establece de un modo libre y realizará tareas auxiliares al resto de subsistemas, ya que como se ha indicado el sistema de control semi-automático.

El hecho de tratarse de una terminal de mercancías peligrosas es lo que ha motivado la creación del agente de Emergencias y Alarmas (AEA), que aunque se encargará de gestionar las alarmas e incidencias que se produzcan de todo tipo, especialmente se tendrá en cuenta el requisito de ser mercancías peligrosas. Y procederá según los procedimientos de seguridad y emergencias internos y los requeridos por la normativa vigente.

4.4.7 . Requerimientos sistema TIC y Software analizados

En la siguiente tabla, se puede apreciar el cuadro de análisis con las características mínimas del Software de Administración de Terminal de Contenedores, que medirá el nivel de cumplimiento con lo mínimo indispensable.

Cuadro de Evaluación Técnica.

Requisitos Software / Hardware :

	ITEM	REQUISITO
1	Sistemas Operativos Estaciones de Trabajo	Microsoft Windows 2000 Professional y Microsoft Windows Vista Professional.
2	Sistemas Operativas Servidores de Red	Windows 2000 Server, Windows 2003 Server, OS/400
3	Base de Datos	Microsoft SQL Server, Oracle, DB2 a del fabricante.
4	Arquitectura Hardware	Sistema modular por varios CPU's rack de procesadores. Por un lado un sistema procesará la cola de procesos según prioridades y por otro sistema procesará las comunicaciones.
5	Adaptabilidad interna	Debe incluir rutinas y/o algoritmos matemáticos que permitan realizar la Planificación, Monitoreo y Simulación, de los servicios y recursos que intervienen en las operaciones de manipuleo, transferencia y áreas de almacenaje de contenedores

	ITEM	REQUISITO
6	Eficiencia	El fabricante deberá garantizar un tiempo de respuesta máximo de 2 segs. Para operaciones transaccionales y/o consultas en línea, bajo condiciones normales de operación y de acuerdo a los requisitos de hardware y software de su sistema. Gestión de procesos y monitorización de los mismos.
7	Interoperabilidad con plataformas web.	El sistemas deberá incluir interfaces (API's) que le permita el Intercambio de Información con entornos web, para portal de interfaz con los clientes, el cual será desarrollado en Microsoft ,NET, y correrá ore una Base de Datos Mc SQL Server.
8	Interconexión con sistemas externos	El sistema debe ser compatible y contemplar la comunicación con hardware externo de toma de datos indicado: Sistema de Radiofrecuencia, Wifi/Wimax indicados.
9	Seguridad	Gestión de cuentas, restricciones por usuario. Log's de acceso de usuarios y tiempo de conexión a la BBDD. Sistemas de protección antivirus se proveerán junto al software.
10	Capacidad de modificación y personalización del sistema de forma autónoma.	Indicar si: Dispone de Código abierto. Personalización/parametrización de ventanas, etc. Otros cambios.

Tabla 8. Requisitos Software / Hardware

Requisito de Funcionalidad Interna:

	CARACTERISTICA	REQUISITO
11	Comunicación Sistemas Externos: Intercambio de Información Electrónica. (EDI)	<p>Transmisión de Información de mensajes EDI y XML/EDI.</p> <p>Interfaces de monitoreo de visualización den tiempo real del intercambio de información de las transmisiones electrónicas.</p> <p>Integración. Los documentos se deben de integrar de forma correcta en la BBDD.</p> <p>Compatibilidad con Windows server.</p>
12	Comunicación Sistemas Internos.	<p>El sistema de comunicaciones debe ser capaz de comunicarse con los sistemas tecnológicos mencionados:</p> <p>Radiofrecuencia: Tags de RFID.</p> <p>Sistema OCR.</p> <p>Posicionamiento DGPS.</p> <p>Actuadores, etc.</p> <p>A través de los sistemas de comunicación Wireless.</p>
13	Gestión de Agentes.	<p>El sistema debe estar programado o tener asimilado un sistema análogo al de agentes o nodos indicado, de forma que sean los agentes o nodos los que se comuniquen con el sistema central.</p>
14	Planificación Control y Monitorización de los Procesos y Agentes.	<p>El sistema debe ser capaz de Planificar, controlar y Monitorizar los agentes definidos.</p>

	CARACTERISTICA	REQUISITO
15	Gestión de almacén	<p>El sistema deberá ser capaz de gestionar el almacén incluyendo:</p> <p>Monitor de Areas de Almacenamiento. El sistema debe ser capaz de monitorizar las áreas de almacenamiento de contenedores detallando porcentajes de ocupación y distribución. Para ello se requiere contar con información en línea que optimice los tiempos.</p> <p>Alerta de la monitorización de Almacenamiento: El sistema debe proveer de alertas para el usuario en donde se puede configurar un valor para cada actividad y por tipo de operación.</p>
16	Gestión de ubicaciones: Mapa de Ubicaciones.	El sistema deberá disponer de forma gráfica de un mapa de ubicaciones automático. Este mapa contará con las restricciones por códigos de las mercancías peligrosas.
17	Gestión de ubicaciones: Algoritmo de optimización	El sistema contará con un algoritmo de gestión de ubicaciones contando con las restricciones indicadas que proponga la mejor opción para ubicar un contenedor que optimice recorridos y la productividad de la operación.
18	Gestión de Ubicaciones: Localización.	El sistema debe proveer de la monitorización y la ubicación de los contenedores que se deseen en un momento determinado.
19	Alertas Emergencias MP	El sistema debe proveer de alertas ante una emergencia de un vertido, se configurarán las alertas y según el nivel de alerta se evocará un evento u otro.
20	Gestión de Procesos Operativos	<p>El sistema deberá controlar, monitorizar y gestionar los procesos operativos indicados:</p> <p>Recepción y entrada de contenedores.</p> <p>Almacenamiento.</p> <p>Salida de contenedores.</p>

	CARACTERISTICA	REQUISITO
21	Operaciones de Equipos y Maquinaria	<p>El sistema debe ser capaz de controlar cualquier tipo de equipo de manipulación y transferencia.</p> <p>El sistema deberá permitir asignar equipos a un área de trabajo en el Terminal, en base a la planificación y asignación de tareas.</p> <p>El equipo debe ser capaz de recibir múltiples tareas de trabajo para el Terminal, con diversas prioridades definidas por el usuario</p> <p>Para ello el sistema deberá interactuar a través de terminales móviles para equipos, sistemas Wireless. Como contingencia deberá contar con un módulo alternativo de registre de la Información.</p>
22	Simulaciones	<p>El sistema debe contar con simulaciones de las operaciones de uso de los equipos, material de trabajo y de las áreas de almacenamiento.</p> <p>Debe incluir escenarios o modelos, que permitan seleccionar el planteamiento óptimo.</p> <p>El sistema de simulación debe estar basado en parámetros que permitan adecuarse a los procesos de gestión de la terminal de contenedores teniendo en cuenta que se trata de mercancías peligrosas.</p>
23	Acceso Clientes Portal Web	<p>El sistema debe contemplar la posibilidad de integrar el acceso desde un portal Web a los clientes para conectarse con el sistema y proporcionar ciertos servicios a los clientes.</p>

Tabla 9. Requisitos de Funcionalidad Interna

Requisitos de Usabilidad e Interfaz Usuario:

	CARACTERISTICA	REQUISITO
24	Facilidad de uso	La Interfaz con el usuario deberá ser totalmente gráfica (entorno Windows) y deben contar con ayuda en línea
25	Interfaz Gráfica	El sistema debe contar con Interfaz Gráfica para la planificación de la nave y área de almacenamiento de Contenedores. Contar con la característica “drag and drop”, permitiendo arrastrar objetos en la interfaz gráfica.
26	Formación	Servicio de Formación in Situ y Teleformación. Ayuda en línea.
27	Documentación	El sistema deberá contar con los siguientes manuales: Manual de Usuario. Manual de Instalación. Manual de Operación.
28	Soporte Técnico a Usuarios	Soporte Telefónico y Asistencia Remota Soporte local

	CARACTERISTICA	REQUISITO
29	Informes y Exportación	<p>El sistema deberá de contar con los siguientes informes mínimos:</p> <p>Planos de carga. Lista de carga. Secuencia de descarga. Listas de apilado. Listas de arrumage. Estadísticas. Estado de situación de equipos e infraestructura. Capacidad de almacenamiento. Productividad de los equipos. Planificación de llegadas y salidas. Listado de paros y eficiencia de los sistemas. Etc.</p> <p>Capacidad de exportar datos a: Office, Texto plano, HTML, etc. Compatible con Cristal Reports.</p>

Tabla 10. Requisitos de Usabilidad e Interfaz Usuario

4.4.8 Análisis soluciones de gestión en el mercado.

Se han analizado las siguientes soluciones informáticas de gestión integral especializados y adaptados para gestión de terminales de contenedores.

Nº	Solución informática	Fabricante
1	CTCS-Container Terminal Control System.	COSMOS
2	E-CTMS-Container Terminal System	MTLS
3	SPARCS Terminal Operating System	NAVIS

Tabla 11. Soluciones de mercado

Todos estos paquetes se han implantado en diversas terminales de contenedores a nivel internacional. Se ha realizado un análisis comparativo de cada uno de estos paquetes, de cada uno de los requisitos mínimos que se han descrito en el apartado anterior.

Evaluación Requisitos Técnicos.

Con la evaluación se ha asignado un valor numérico a cada atributo o requisito, siendo la siguiente escala de valoración de (1-5), según el nivel de cumplimiento con el requisito, siendo:

- 1: No cumple en absoluto.
- 5: Cumple completamente.

Item	Requisito	MTLS	COSMOS	NAVIS	Observaciones
Requisitos Software y Hardware					
1	S.O. Estaciones de Trabajo	4	4	4	
2	S.O. Servidores de Red	4	4	4	
3	Base de Datos	4	4	4	
4	Arquitectura Hardware	4	4	4	
5	Adaptabilidad interna	4	4	4	
6	Eficiencia	4	4	4	
7	Interoperabilidad con plataformas web.	5	5	5	
8	Interconexión con sist. Externos	4	4	4	
9	Seguridad	5	5	5	
10	Capacidad de adaptación.	3	3	3	
Requisitos Funcionalidad Interna					
11	Comunicación Sistemas Externos: (EDI)	5	5	5	
12	Comunicación Sistemas Internos.	5	5	5	
13	Gestión de Agentes.	3	3	3	No exactamente, aunque se indica que se podría emular.

Item	Requisito	MTLS	COSMOS	NAVIS	Observaciones
14	Planificación Control y Monitorización Proc. y Agentes.	3	4	4	
15	Gestión de almacén	2	3	3	
16	Gestión de ubicaciones: Mapa de Ubicaciones.	4	5	5	
17	Gestión de ubicaciones: Algoritmo de optimización	2	3	3	Modulo a desarrollar aparte.
18	Gestión de Ubicaciones: Localización.	2	3	4	Se ha de modificar
19	Alertas Emergencias MP	3	3	3	Modificar
20	Gestión de Procesos Operativos	4	4	4	
21	Operaciones de Equipos y Maquinaria	4	4	4	
22	Simulaciones	1	1	1	Las simulaciones están ya configuradas y no se pueden modificar.
23	Acceso Clientes Portal Web	5	5	5	
Requisitos de Uso-Interfaz Usuario.					
24	Facilidad de uso	4	4	4	
25	Interfaz Gráfica	5	5	5	
26	Formación	2	3	3	

Item	Requisito	MTLS	COSMOS	NAVIS	Observaciones
27	Documentación	4	4	4	
28	Soporte Técnico a Usuarios	4	4	4	
29	Informes y Exportación	2	3	3	

Tabla 12. Requisitos soluciones de mercado

Comparativa Costes:

Concepto	MTLS	COSMOS	NAVIS
Licencias y software	397.414 €	904.919 €	889.655 €
Soporte y Mantenimiento	50.172 €	119.447 €	266.897 €
Proyecto de Implantación	94.828 €	237.662 €	172.629 €
TOTAL	542.414 €	1.262.028 €	1.329.181 €

Tabla 13. Costes soluciones de mercado. Fuente: Enapu.

Como se puede comprobar las tres soluciones cumplen en líneas generales con los requisitos mínimos exigidos que deben ser considerados. En general la solución MTLS presenta algunos puntos inferiores al resto aunque el costo también es inferior.

Solo hay un aspecto a destacar que no se cubre en ninguna de las tres soluciones y que probablemente habría que desarrollar: la simulación del sistema. En este caso, los módulos de simulación implementados en las soluciones evaluadas no se adaptan a las exigencias en las especificaciones.

4.5 Seguridad y protección

4.5.1 Introducción

La base del diseño de una terminal de contenedores de productos químicos peligrosos debe ser el cumplimiento del amplio abanico de normativas globales y sectoriales que afectan a la actividad en cuestión.

A continuación, vamos a presentar una relación de la legislación a nivel internacional, nacional y autonómico que deben ser tenidas en cuenta en el momento del diseño e inicio de la actividad en una terminal de contenedores de mercancías peligrosas.

Posteriormente, hablaremos tanto de las normas internacionales de cumplimiento voluntario como de las posibles certificaciones en materia de seguridad y protección que son de interesante cumplimiento por parte de la actividad, cuyo cumplimiento puede aumentar los estándares óptimos en materia de seguridad y protección de la terminal.

Así, expondremos en el primer apartado del bloque las disposiciones normativas que marcarán las disposiciones mínimas que deberá cumplir la terminal y, en el segundo, disposiciones de carácter voluntario que puedan ayudar a optimizar el sistema global desarrollado en la terminal.

Antes de dicha exposición de disposiciones tanto normativas como de cumplimiento voluntario, vamos a ver las definiciones de los dos términos sobre los que se va a basar el estudio global de este documento:

SEGURIDAD: entendido en el sentido del término inglés “safety”, la seguridad son el conjunto de medidas que hay que adoptar para prevenir los riesgos de las personas, los bienes o el medio ambiente

inherentes a las propias actividades de carga, descarga y transporte o a la propia peligrosidad de las mercancías.

PROTECCIÓN: entendido en el sentido del término inglés “security”, medidas o precauciones que hay que adoptar para evitar el robo o la utilización inapropiada de mercancías peligrosas que puedan poner en peligro a las personas, a los bienes o al medioambiente.

4.5.2 Legislación de seguridad y protección

Normativa europea	<ul style="list-style-type: none">- Directiva 80/1107/CEE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo.- Directiva 88/642/CEE del Consejo de 16 de diciembre de 1988 por la que se modifica la.- Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo (Directiva Marco)- Directiva 89/656/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual- Directiva 89/654/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo- Directiva 96/35/CEE, de 3 de junio de 1996, sobre los consejeros de seguridad para el transporte por carretera, ferrocarril o vía navegable interior- Directiva 1999/92/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas- Directiva 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio de 2000, por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE
--------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

del Consejo relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (Texto pertinente a efectos del EEE)

- Directiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones)
- Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE)
- Directiva 37/2004, de 29/04/2004, Relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con exposición a AGENTES CARCINÓGENOS o MUTÁGENOS durante el trabajo (6ª Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE del Consejo).
- Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (Reglamento REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos
- Directiva 2008/98/CE de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas
- Reglamento CE 1272/2008 de 16 de diciembre de

2008, sobre etiquetado, clasificación y envasado de sustancias y mezclas por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento 1907/2006

- Reglamento 134/2009, de 16/02/2009, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH) en cuanto a su anexo XI. (DOCE nº L 46, de 17/02/2009)
- Reglamento 552/2009, de 22/06/2009, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH) en lo que respecta a su anexo XVII. (DOCE nº L 164, de 26/06/2009)
- Reglamento 453/2010, de 20/05/2010, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH) . (DOCE nº L 133, de 31/05/2010)
- Reglamento 143/2011, de 17/02/2011, Se modifica el anexo XIV del Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH). (DOCE nº L 44, de 18/02/2011)
- Reglamento 252/2011, de 15/03/2011, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la

restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), en lo que respecta a su anexo I. (DOCE nº L 69, de 16/03/2011)

- Reglamento 253/2011, de 15/03/2011, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), en lo que respecta a su anexo XIII. (DOCE nº L 69, de 16/03/2011)
- Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 relativa al control de riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Reglamento 125/2012, de 14/02/2012, Se modifica el anexo XIV del Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH). (DOCE nº L 41, de 15/02/2012)
- Reglamento 412/2012, de 15/05/2012, Se modifica el anexo XVII del Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH). (DOCE nº L 128, de 16/05/2012)
- Reglamento 640/2012, de 06/07/2012, Que modifica, con vistas a su adaptación al progreso técnico, el Reglamento (CE) nº 440/2008, por el que se establecen métodos de ensayo de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados

	<p>químicos (REACH). (DOCE nº L 193, de 20/07/2012)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reglamento 1272/2013, de 06/12/2013, Se modifica, con relación a los hidrocarburos aromáticos policíclicos, el anexo XVII del Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH). (DOCE nº L 328, de 07/12/2013) - Reglamento 830/2015, de 28/05/2015, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH). (DOCE nº L 132, de 29/05/2015) - Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG), con las enmiendas de 2012 al Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (Código IMDG), adoptadas en Londres el 26 de mayo de 2012 mediante Resolución MSC.328(90). - Acuerdo Europeo para el transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015) - HSG71 Edición 2009: recopilación de legislación inglesa acerca de almacenamiento de productos químicos peligrosos - HSG51 Edición 1998: recopilación de legislación inglesa sobre el almacenamiento de líquidos inflamables en contenedores - Requisitos de construcción y protocolos de actuación para almacenamiento de mercancías peligrosas envasadas (Bélgica, 2007)
Normativa nacional	<ul style="list-style-type: none"> - Orden de 30 de julio de 1974, por la que se determinan las condiciones que deben reunir los

aparatos elevadores de propulsión hidráulica y las normas para la aprobación de sus equipos impulsores

- Real Decreto 145/89, de 20 de enero de 1989, por el que se aprueba el Reglamento Nacional de admisión, manipulación y almacenamiento de mercancías peligrosas en los puertos
- Real decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas
- Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas
- Real decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, modificado en último lugar por el Real Decreto 948/2005
- Real Decreto 1566/1999, de 8 de octubre, sobre

los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable

- Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales
- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo
- Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales
- Real Decreto 2319/2004 por el que se establecen normas de seguridad de contenedores de conformidad con el Convenio Internacional sobre

la seguridad de los contenedores CSC

- Real Decreto 119/2005, de 4 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999 de medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas
- Real Decreto 948/2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- NTE Normas Tecnológicas de la Edificación
- NBE Norma Básica de la Edificación
- Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. y su posterior modificación por el Real Decreto 1468/2008, de 5 de septiembre
- Real Decreto 1802/2008, de 3 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, con la finalidad de adaptar sus disposiciones al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (Reglamento REACH)
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

- Real Decreto 105/2010, de 05/02/2010, Se modifican determinados aspectos de la regulación de los almacenamientos de productos químicos y se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE APQ-9 "almacenamiento de peróxidos orgánicos". (BOE nº 67, de 18/03/2010)
- Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.
- Ley 8/2010, de 31/03/2010, Se establece el régimen sancionador previsto en los Reglamentos (CE) relativos al registro, a la evaluación, a la autorización y a la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH) y sobre la clasificación, el etiquetado y el envasado de sustancias y mezclas (CLP), que lo modifica. (BOE nº 79, de 01/04/2010)
- Real Decreto 560/2010, de 07/05/2010, Se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. (BOE nº 125, de 22/05/2010)
- Real Decreto 1237/2011, de 08/09/2011, Se establece la aplicación de exenciones por razones de defensa, en materia de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y mezclas químicas, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento

Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, y en materia de clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008. (BOE nº 234, de 28/09/2011)

- Real Decreto 1388/2011, de 14 de octubre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 2010/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de junio de 2010 sobre equipos a presión transportables y por la que se derogan las Directivas 76/767/CEE, 84/525/CEE, 84/526/CEE, 84/527/CEE y 1999/36/CE.
- Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.
- Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Normativa autonómica

- LEY 2/2004, de 28 de mayo, de la Generalitat, de Creación del Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- DECRETO 32/2014, de 14 de febrero, del Consell,

	por el que se aprueba el Catálogo de Actividades con Riesgo de la Comunitat Valenciana y se regula el Registro Autonómico de Planes de Autoprotección.
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 14. Normativa Seguridad y Protección

Además, se presentan las normas de estandarización establecidas para mejorar la construcción y gestión de la terminal de contenedores para mercancías peligrosas.

Normas de estandarizac. ambientales	- ISO 830-1981: Series I contenedores – Clasificación, dimensiones y ratios	-
	- ISO 668-1988: Contenedores – Terminología	-
	- ISO 1161-1984: Contenedores – Especificaciones de los accesorios de las esquinas	-
	- ISO 1496-1:1990: Contenedores – Especificaciones y testeo de contenedores de carga general	-
	- ISO 1496-2:1988: Contenedores – Especificaciones y testeo de contenedores térmicos	-
	- ISO 1496-3:1991: Contenedores – Especificaciones y testeo de tanques para líquidos, gases y general presurizado	-
	- ISO 2308-1972: Ganchos para el izado de contenedores de más de 30 toneladas – Requisitos básicos	-
	- ISO 6346-1984: Contenedores – Codificación, identificación y marcado	-
	- ISO 8323-1985: Contenedores multimodales – Especificaciones y testeo	-
	- OHSAS 18001: 2007 sobre sistemas de gestión de la seguridad	-
	- ISO 14001:2015 Requisitos del sistema de gestión medioambiental	-
	- ISO 9001:2015 Requisitos del sistema de gestión de la calidad	-

Tabla 15. Normas de estandarización establecidas para mejorar la construcción y gestión de la terminal de contenedores para mercancías peligrosas.

También debemos tener en cuenta otras posibles metodologías provenientes del sector químico internacional que se van a tener en cuenta para optimizar la gestión de la terminal de contenedores de mercancías peligrosas:

Posibles certificaciones	<ul style="list-style-type: none">- Evaluaciones SQAS (Safety & Quality Assessment System) del Consejo de la Industria Química Europeo (CEFIC)- Certificaciones TAPA (Technology Asset Protection Association)
---------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 16. Metodologías provenientes del sector químico internacional que se van a tener en cuenta para optimizar la gestión de la terminal de contenedores de mercancías peligrosas.

4.6 Medio Ambiente

4.6.1 Estudio global de la normativa medioambiental en relación a una terminal de contenedores de sustancias peligrosas.

El diseño de una terminal interior de contenedores para mercancías peligrosas es un proceso de incidencia territorial y medioambiental. Por este motivo su diseño debe estar guiado por los instrumentos de ordenación integral del territorio, de planeamiento urbanístico y por la legislación ambiental.

Las Administraciones Públicas disponen de un amplio abanico de instrumentos legales para la ordenación del suelo en cuanto recurso natural y soporte de actividades tales como la planificación ambiental, la territorial (que incluye la planificación urbanística y la de ordenación del territorio) y la sectorial, todas ellas amparadas en sus respectivas fuentes legales.

Al tratarse de un proceso de incidencia territorial y medioambiental, resulta lógico que los instrumentos normativos ambientales guíen el proceso de construcción y explotación de la creación y puesta en funcionamiento de la terminal de contenedores para mercancías peligrosas, siendo este marco legal y procedimental el que posibilita una utilización óptima del medio, así como la resolución de los impactos provocados por la actividad mediante la introducción de las oportunas medidas protectoras y correctoras.

En este bloque, se presentará en primer lugar una relación de la normativa ambiental aplicable y posteriormente se examinarán todos los trámites administrativos ambientales que deben ser necesariamente tenidos en cuenta en la creación y puesta en funcionamiento de la terminal de contenedores para mercancías

peligrosas.

Legislación de referencia en materia de medio ambiente

- A. Residuos.
- B. Aguas residuales y vertidos.
- C. Atmósfera/Ruido.
- D. Suelos contaminados.
- E. Evaluación de Impacto Ambiental.
- F: Territorio y Urbanismo y Edificación.
- G. Paisaje.
- H. Instrumentos legislativos horizontales.

A. Residuos

Legislación de referencia en materia de residuos.

Normativa europea

- Directiva 75/439/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975 relativa a la gestión de aceites usados (DOCE 194 25.7.95).
- Directiva 87/101/CEE del Consejo, de 22 de diciembre de 1986 por la que se modifica la Directiva 75/439/CEE.
- Reglamento (CEE) 93/259 del Consejo, de 1 de febrero de 1993 relativo a la vigilancia y al control de los traslados de residuos en el interior, a la entrada y la salida de la Comunidad Europea (DOCE L 30 6.2.93).
- Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo, de 20 de diciembre de 1994 relativa a los envases y residuos de envases (DOCE L 365, de 31.12.97)
- Decisión 96/350/CE, de la Comisión, de 24 de mayo de 1996, por la que se adaptan los anexos II A y II B de la Directiva 75/442/CEE, del Consejo, relativa a los residuos (DOCE, núm. L 135, de 6 de junio de 1996)
- Directiva 99/31/CEE del Consejo, de 26 de abril relativa al vertido de residuos (DOCE L 182 16.7.99)
- Directiva 2000/53/CE del parlamento europeo y del consejo de 18 de septiembre de 2000 relativa a los vehículos al final de su vida útil (doce núm. I 269, de 21 de octubre de 2000)
- Decisión 2001/118/CE, de la Comisión, de 16 de enero de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE en lo que se refiere a la lista europea

de residuos (DOCE núm. L 47, de 16 de febrero de 2001)

- Directiva 2001/119/CE DOCE 47/L, de 16-02-01
- Directiva 2001/573/CE del Consejo de 23 de julio de 2001 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos (DOCE núm L 203, de 28 de julio de 2001)
- Reglamento 1013/2006 de 14 de junio de 2006 relativo a los traslados de residuos
- Directiva 2006/66/CE de 6 de septiembre de 2006 relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE
- Directiva 2008/98/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DO L 312 de 22.11.2008).
- Directiva 103/2008, de 19 de noviembre de 2008, por la que se modifica la directiva 2006/66/ce, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores, por lo que respecta a la puesta en el mercado de pilas y acumuladores. (doce nº I 327, de 05/12/2008)
- Reglamento 308/2009, de 15 de abril de 2009, por la que se modifican para su adaptación a los avances científicos y técnicos los anexos IIIA y VI del Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los traslados de residuos. (DOCE nº L 97, de 16/04/2009)
- Decisión 851/2009, de 25/11/2009, Se crea un cuestionario para los informes de los Estados miembros acerca de la aplicación de la Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores. (DOCE nº L 312, de

27/11/2009)

- Reglamento 413/2010, de 12/05/2010, Se modifican los anexos III, IV y V del Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los traslados de residuos para tener en cuenta los cambios adoptados en virtud de la Decisión C(2008) 156 del Consejo de la OCDE. (DOCE nº L 119, de 13/05/2010)
- Directiva 97/2011, de 05 de diciembre de 2011, por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE por lo que respecta a los criterios específicos para el almacenamiento de mercurio metálico considerado residuo. (DOCE nº L 328, de 10/12/2011)
- Decisión 753/2011, de 18 de noviembre 2011, por la que se establecen normas y métodos de cálculo para la verificación del cumplimiento de los objetivos previstos en el artículo 11, apartado 2, de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. (DOCE nº L 310, de 25/11/2011)
- Reglamento 664/2011, de 11/07/2011, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los traslados de residuos, para incluir determinadas mezclas de residuos en su anexo IIIA. (DOCE nº L 182, de 12/07/2011)
- Reglamento 135/2012, de 16/02/2012, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los traslados de residuos, para introducir determinados residuos no clasificados en su anexo IIIB. (DOCE nº L 46, de 17/02/2012)
- Directiva 19/2012, de 04/07/2012, Sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). (DOCE nº L 197, de 24/07/2012)
- Reglamento 255/2013, de 20/03/2013, Se modifican para su adaptación a los avances

científicos y técnicos los anexos IC, VII y VIII del Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los traslados de residuos.

- Reglamento 715/2013, de 25/07/2013, Se establecen criterios para determinar cuándo la chatarra de cobre deja de ser residuo con arreglo a la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. (DOCE nº L 201, de 26/07/2013)
- Decisión 727/2013, de 06/12/2013, Se establece el formato para la notificación de la información sobre la adopción y las revisiones sustanciales de los planes de gestión de residuos y de los programas de prevención de residuos. (DOCE nº L 329, de 10/12/2013)
- Reglamento 660/2014, de 15/05/2014, Se modifica el Reglamento (CE) nº 1013/2006 relativo a los traslados de residuos. (DOCE nº L 189, de 27/06/2014)
- Reglamento 1234/2014, de 18/11/2014, Se modifican los anexos IIIB, V y VIII del Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los traslados de residuos. (DOCE nº L 332, de 19/11/2014)
- Reglamento 1357/2014, de 18 de diciembre de 2014, por el que se sustituye el anexo II de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DOCE nº L 370, de 30/12/2014)
- Decisión 955/2014, de 18 de diciembre de 2014, Se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DOCE nº L 370, de 30/12/2014)
- Directiva 1127/2015, de 10 de julio de 2015, por la

que se modifica el anexo II de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DOCE nº L 184, de 11/07/2015)

- Reglamento 2002/2015, de 10/11/2015, Se modifican los anexos IC y V del Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los traslados de residuos. (DOCE nº L 294, de 11/11/2015)

Normativa nacional

- Real Decreto 833/1988 de 20 de julio por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. (BOE núm. 182, de 30.07.88).
- Real Decreto 363/1995, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas. (BOE núm. 48 de 24.02.96).
- Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases (BOE núm. 99, de 25.04.97).
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio. (BOE núm. 160, de 05.07.97)
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. (BOE núm 96, de 22.04.98).
- Real Decreto 782/1998, de 30 de abril,

- Reglamento de la Ley 11/1997 (BOE núm. 104, de 01.05.98)
- Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (BOE núm. 172, de 20.7.99)
 - Real Decreto 1416/2001, de 14 diciembre. ENVASES. Envases de productos fitosanitarios (BOE núm. 311/2001 [pág. 50002], 28 diciembre 2001)
 - Real Decreto 1383/ 2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil (BOE Núm. 3-01-2003).
 - Real Decreto 81/2001, de 27 diciembre por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero (BOE núm. 25/2002 [pág. 3507], 29 enero 2002)
 - Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos (BOE núm. 43, de 19 de febrero de 2002)
 - Corrección de errores de la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y lista europea de residuos (BOE núm. 61, de 12 de Marzo de 2002)
 - Real Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre, sobre la gestión de neumáticos fuera de uso.
 - Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
 - Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
 - Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que

se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

- Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, de modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 943/2010, de 23 de julio de 2010, por el que modifica el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos. (BOE nº 189, de 05/08/2010)
- Real Decreto 1436/2010, de 5 de noviembre, por el que se modifican diversos reales decretos para su adaptación a la Directiva 2008/112/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, que modifica varias directivas para adaptarlas al Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.
- Orden 795/2011, de 31/03/2011, ARM: Se modifica el Anexo III del Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados. (BOE nº 83, de 07/04/2011)
- Ley 22/2011, de 28/07/2011, De RESIDUOS y SUELOS CONTAMINADOS. (BOE nº 181, de 29/07/2011)
- Real Decreto-ley 17/2012, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.
- Ley 11/2012, de 19 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican

la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

- Resolución /2013, de 20/12/2013, Se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 13 de diciembre de 2013, por el que se aprueba el Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020. (BOE nº 20, de 23/01/2014)
- Real Decreto 110/2015, de 20/02/2015, Sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. (BOE nº 45, de 21/02/2015)
- Real Decreto 180/2015, de 13/03/2015, Se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado. (BOE nº 83, de 07/04/2015)
- Real Decreto 710/2015, de 24/07/2015, Se modifica el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos. (BOE nº 177, de 25/07/2015)

Normativa autonómica

- LEY 10/2000, de 12 de diciembre, de Residuos de la Comunidad Valenciana (DOGV 15/12/2000).
- ORDEN de 12 de marzo de 1998, de la Conselleria de Medio Ambiente, por la que se crea y regula el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos de la Comunidad Valenciana (DOGV. 3224, de 17.04.98)
- ORDEN de 15 de octubre de 1997, del Conseller de Medio Ambiente, por la que se modifica la Orden de 6 de julio de 1994, del conseller de Medio Ambiente, por la que se regulan los documentos de control y seguimiento de residuos tóxicos y peligrosos

- ORDEN de 14 de julio de 1997, de la Conselleria de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana, por la que se desarrolla el Decreto 240/1994, de 22 de noviembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Reglamento Regulador de la Gestión de Residuos
- ORDEN de 6 de julio de 1994, del conseller de Medio Ambiente, por la que se regulan los documentos de control y seguimiento de residuos tóxicos y peligrosos para emplear únicamente por pequeños productores de residuos (DOGV 2314, de 20.07.94). Orden de 15 de octubre de 1997 que modifica la Orden 6 de julio de 1994 anterior, en las que se regulan los justificantes de entrega de residuos peligrosos que han de emplear los pequeños productores de residuos peligrosos.
- RESOLUCIÓN de 24 de mayo de 2004, por la que se regula el procedimiento para la comunicación telemática de las Notificaciones Previas a los Traslados (NPT) y Documentos de Control y Seguimiento (DCS) de residuos peligrosos por parte de los productores y gestores de residuos, y se aprueba la aplicación en virtud de la que se gestiona el procedimiento (DOGV nº 4772, de 10/6/04). Esta resolución ha sido modificada por la Resolución de 18 de febrero de 2005, del director general de Calidad Ambiental (DOGV nº 4959, de 4/03/05).
- ORDEN de 5 de diciembre de 2002 de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, por la que se regula el modelo de la Declaración Anual de Envases y Residuos de Envases (DOGV 4401, 18 Diciembre de 2002).
- DECRETO 49/2011, de 6 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan Especial ante el Riesgo de Accidentes en el Transporte de

Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril.

- DECRETO 22/2015, de 13 de febrero, del Consell, por el que se regulan las funciones y el Registro de Entidades Colaboradoras en Materia de Calidad Ambiental de la Comunitat Valenciana.

Tabla 17. Legislación de referencia en materia de residuos.

B. Aguas residuales y vertidos

Legislación de referencia en materia de aguas residuales y vertidos

Normativa europea	<ul style="list-style-type: none">- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.- Decisión de la Comisión, de 20 de septiembre de 2004, por la que se modifica la Decisión 97/464/CE, relativa al procedimiento de certificación de la conformidad de productos de construcción con arreglo al apartado 2 del artículo 20 de la Directiva 89/106/CEE del Consejo, en lo que concierne a los productos para instalaciones de evacuación de aguas residuales. DOCE L320, de 29-09-2004.- Directiva 2006/118/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. DOUE 372, de 27-12-2006.- Decisión 431/2014, de 26/06/2014, Relativa a los modelos de presentación de los informes sobre los programas nacionales de aplicación de la Directiva 91/271/CEE del Consejo. (DOCE nº L 197, de 04/07/2014)
--------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Normativa nacional

- Real decreto 484/1995, de 7 de abril, sobre medidas de regularización y control de vertidos (BOE 95 de 21.3.95)
- Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real decreto 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales.
- Orden de 13 de agosto de 1999 por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de Cuenca del Júcar, aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio.
- Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real decreto 606/2003, de 23 mayo Ministerio Medio Ambiente BOE 6 junio 2003, núm. 135, [pág. 22071].
- Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.
- Resolución /2011, de 30/06/2011, Se declaran las zonas sensibles en las cuencas intercomunitarias. (BOE nº 180, de 28/07/2011)
- Real Decreto 1290/2012, de 07/09/2012, Artículo segundo del Real Decreto 1290/2012: Modificación del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de

	<p>desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas. (BOE nº 227, de 20/09/2012)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Orden AAA/2056/2014, de 27 de octubre, por la que se aprueban los modelos oficiales de solicitud de autorización y de declaración de vertido. - Real Decreto 198/2015, de 23/03/2015, Se desarrolla el artículo 112 bis del texto refundido de la Ley de Aguas y se regula el canon por utilización aguas continentales para la producción de energía eléctrica - Real Decreto 817/2015 de 11 Sep. (criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental).
Normativa autonómica	<ul style="list-style-type: none"> - DECRETO 266/1994, de 30 de diciembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Reglamento sobre Régimen Económico-Financiero y Tributario del Canon de Saneamiento (DOGV 2418, de 31.12.94) - LEY 2/1992, de 26 de marzo, del Gobierno Valenciano, de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (DOGV 1761, de 8.04.92) - ORDEN de 10 de junio de 2002 de la Conselleria de Economía, Hacienda y Empleo, por la que se aprueban los nuevos modelos de declaración del Canon de Saneamiento. - DECRETO 83/2014, de 6 de junio, del Consell, por el que se modifica el Reglamento del Régimen Económico-Financiero y Tributario del Canon de Saneamiento, aprobado mediante el Decreto 266/1994, de 30 de diciembre, del Consell.

Tabla 18. Legislación de referencia en materia de aguas residuales y vertidos

C. Atmósfera/Ruido

Legislación de referencia en materia de emisiones a la atmósfera.

Normativa europea	<ul style="list-style-type: none">- Reglamento CE 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de junio de 2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.- Directiva 2002/49/CE del parlamento europeo y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.- Directiva 50/2008, de 21/05/2008, Relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.- Directiva 79/2010, de 19/11/2010, Sobre la adaptación al progreso técnico del anexo III de la Directiva 2004/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. (DOCE nº L 304, de 20/11/2010)- Directiva 1480/2015, de 28/08/2015, Se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente.
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Normativa nacional	<ul style="list-style-type: none"> - Decreto 833/1975 por el que se desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico - Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (BOE núm. 157, de 2 de julio de 2002) - Real decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades. - Real decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental - Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido - Real Decreto 524/2006, de 28/04/2006, Se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las EMISIONES SONORAS en el entorno debidas a determinadas MÁQUINAS de uso al AIRE LIBRE. (BOE nº 106, de 04/05/2006) - Real decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. - Real decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. - Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. - Resolución /2008, de 14/01/2008, Se publica Acuerdo de 07/12/07, que aprueba el II Programa
---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nacional de Reducción de Emisiones, conforme a la Directiva 2001/81/CE, de 23 de octubre de 2001, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.

- Real decreto 1675/2008, de 17 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Real Decreto 1436/2010, de 05/11/2010, Artículo 2º del Real Decreto por el que se modifican diversos reales decretos para su adaptación a la Directiva 2008/112/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, que modifica varias directivas para adaptarlas al Reglamento (CE) nº 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, de modificación del Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitaciones de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades. (BOE nº 271, de 09/11/2010)
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Real Decreto 102/2011, de 28/01/2011, Relativo a la mejora de la calidad del aire. (BOE nº 25, de 29/01/2011).
- Real Decreto-Ley 8/2011, de 01/07/2011, Artículo 31 del Real Decreto-ley 8/2011, de 1 de julio, de

medidas de apoyo a los deudores hipotecarios, de control del gasto público y cancelación de deudas con empresas y autónomos contraídas por las entidades locales, de fomento de la actividad empresarial e impulso de la rehabilitación y de simplificación administrativa. (BOE nº 161, de 07/07/2011)

- Real Decreto 1038/2012, de 06/07/2012, Se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. (BOE nº 178, de 26/07/2012)
- Real Decreto 163/2014, de 14/03/2014, Se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. (BOE nº 77, de 29/03/2014)
- Real Decreto 678/2014, de 01/08/2014, Se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. (BOE nº 206, de 25/08/2014)
- Ley 33/2015, de 21/09/2015, Disp. final 2ª de la Ley 33/2015, por la que se modifica la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Modificación de la Ley 34/2007, de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. (BOE nº 227, de 22/09/2015)

Normativa autonómica

- DECRETO 43/2008, de 11 de abril, del Consell, por el que se modifica el Decreto 19/2004, de 13 de febrero, del Consell, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor, y el Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.
- CORRECCIÓN de errores del Decreto 43/2008, de 11 de abril, del Consell, por el que se modifica el Decreto 19/2004, de 13 de febrero, del Consell, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor, y el Decreto 104/2006, del 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.
- DECRETO 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación
- LEY 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de protección contra la contaminación acústica.
- DECRETO 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.
- CORRECCIÓN de errores del Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica, en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.
- SEGUNDA CORRECCIÓN de errores del Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de

prevención y corrección de la contaminación acústica, en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.

- RESOLUCIÓN de 9 de mayo de 2005, del director general de Calidad Ambiental, relativa a la disposición transitoria primera del Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica, en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios
- Decreto 127/2006, de 15 de septiembre, del Consell, por el que se desarrolla la Ley 2/2006, de 5 de mayo, de la Generalitat, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.
- Ley 6/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Prevención, Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunitat Valenciana.

Tabla 19. Legislación de referencia en materia de emisiones a la atmósfera.

D. Suelos contaminados

Legislación de referencia en materia de suelos contaminados

Normativa europea	<ul style="list-style-type: none">- Comunicación de la Comisión al Consejo, el Parlamento Europeo, el Comité Económico y Social y el Comité de las Regiones. Hacia una estrategia temática para la protección del suelo, 2002.- Decisión del Consejo de 2 de diciembre de 2005, relativa a la firma en nombre de la Comunidad Europea del Protocolo sobre la protección de los suelos, el Protocolo sobre la energía y del Protocolo sobre el turismo, del Convenio de los Alpes. DOCE 337, de 22-12-2005. Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006 relativa a los residuos.- Directiva 99/31/CEE del Consejo, de 26 de abril relativa al vertido de residuos (DOCE L 182 16.7.99)- Reglamento 1013/2006 sobre traslado de residuos- Directiva 2008/98/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DO L 312 de 22.11.2008)
Normativa nacional	<ul style="list-style-type: none">- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Normativa autonómica	- LEY 10/2000, de 12 de diciembre, de Residuos de la Comunidad Valenciana (DOGV 15/12/2000).
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 20. Legislación de referencia en materia de suelos contaminados

E. Evaluación de Impacto Ambiental

Legislación de referencia en materia de evaluación de impacto ambiental.

Normativa europea	<ul style="list-style-type: none"> - Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente - Directiva 52/2014, de 16/04/2014, Se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. (DOCE nº L 124, de 25/04/2014)
Normativa nacional	<ul style="list-style-type: none"> - Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. - Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Normativa autonómica	<ul style="list-style-type: none"> - Orden de 3 de enero de 2005, de la Conselleria de Territorio y Vivienda por la que se establece el contenido mínimo de los estudios de impacto ambiental que se hayan de tramitar en esta Conselleria. - DECRETO 162/1990, de 15 de octubre, del Consell de la Generalitat Valenciana, por la que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental (DOGV núm. 1412, de 30.10.90) - LEY 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental (DOGV núm. 1021, de 8.03.89) - Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana.
-----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 21. Legislación de referencia en materia de evaluación de impacto ambiental

F. Territorio y Urbanismo y Edificación

Legislación de referencia en materia urbanística.

Normativa europea	- Carta Europea de Ordenación del Territorio, adoptada en la Conferencia Europea de Ministros Responsables y ordenación del territorio (CEMAT), en Torremolinos (España), el 20 de Mayo de 1983.
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Normativa nacional

- Ley 8/1990, de 25 de Julio, sobre Reforma del Régimen Urbanístico y Valoraciones del Suelo (Afectada por STC 61/1997, de 20 de marzo). BOE 99, de 25-04-1997 y BOE 159, de 04-07-1997.
- Real Decreto 304/1993, de 26 de Febrero, por el que se aprueba la tabla de vigencias de los Reglamentos de Planeamiento, Gestión Urbanística, Disciplina Urbanística, Edificación Forzosa y Registro Municipal de Solares y Reparcelaciones, en ejecución de la Disposición Final Única del Texto refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.
- LEY 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.
- Real Decreto 1492/2011, de 24/10/2011, Se aprueba el Reglamento de valoraciones de la Ley de Suelo. (BOE nº 270, de 09/11/2011)
- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.
- Ley 8/2013, de 26/06/2013, De rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. (BOE nº 153, de 27/06/2013)
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30/10/2015, Se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana. (BOE nº 261, de 31/10/2015)

Normativa autonómica	<ul style="list-style-type: none"> - LEY 11/1994, de 27 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana - LEY 4/1992, de 5 de junio de 1992, de la Generalitat Valenciana, sobre suelo no urbanizable. - REGLAMENTO de Planeamiento de la Comunidad Valenciana (Corrección de errores del Decreto 201/1998, de 15 de diciembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Reglamento de Planeamiento de la Comunidad Valenciana - ORDEN de 26 de abril de 1999, del conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, por la que se aprueba el Reglamento de Zonas de Ordenación Urbanística de la Comunidad Valenciana. [1999/L3917] - Acuerdo de 28 de Enero de 2003, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba definitivamente el Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA). - LEY 11/1994, de 27 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana. - DECRETO 173/1998, de 20 de Octubre, del Gobierno Valenciano, sobre actuaciones protegidas en materia de vivienda y suelo. BOE 152, de 26-06-98 - Ley 3/2004, de 30 de Junio, de Ordenación y Fomento de la Calidad de la Edificación - REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. - Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>la Comunitat Valenciana.</p> <ul style="list-style-type: none">- NTE Normas Tecnológicas de la Edificación- NBE Norma Básica de la Edificación- Ley 3/2004, de 30 de Junio, de Ordenación y Fomento de la Calidad de la Edificación.
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 22. Legislación de referencia en materia urbanística.

G. Paisaje

Legislación de referencia en materia de paisaje

Normativa europea	<ul style="list-style-type: none">- Instrumento de ratificación del Convenio Europeo del Paisaje (número 176 del Consejo de Europa), hecho en Florencia el 20 de octubre de 2000- Reglamento (CE) 166/2006, del Parlamento europeo y del Consejo de 18 de enero de 2006 relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE del Consejo. DOUE 4-2-2006- Decisión de la Comisión de 19 de julio de 2006, por la que se adopta, de conformidad con la Directiva 92/43/CEE del Consejo, la lista de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica mediterránea. DOCE 259, de 21-9-2006.
Normativa nacional	<ul style="list-style-type: none">- Real Decreto 435/2004, de 12 de marzo, por el que se regula el Inventario nacional de zonas húmedas. BOE 73, de 25-3-2004.- Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales.

Normativa autonómica	<ul style="list-style-type: none"> - LEY 11/1994, de 27 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana - Decreto 32/2004, de 27 de febrero, del Consejo de la Generalitat Valenciana, por el que se crea y regula el Catálogo Valenciano de especies de fauna amenazadas, y se establecen categorías y normas para su protección. DOGV 4705, de 4-3-2004. - Resolución de 29 de julio de 2005, de la Consejería de Territorio y Vivienda, por al que se declaran los terrenos forestales de la Comunidad Valenciana de alto riesgo de incendio. DOGV 5062, de 2-8-2005. - Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana.
-----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 23. Legislación de referencia en materia de paisaje

H. Instrumentos legislativos horizontales

Instrumentos legislativos horizontales.

Normativa europea	<ul style="list-style-type: none">- Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (DOCE 257/L, de 10-10-96)- Directiva 2004/35/CE, sobre Responsabilidad Medioambiental.
Normativa nacional	<ul style="list-style-type: none">- Ley 16/2002, de 1 de Julio, de prevención y control integrados de la contaminación. BOE 157, de 02-07-2002- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.- Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

Tabla 24. Instrumentos legislativos horizontales.

Además, se presentan las normas de estandarización establecidas para mejorar la construcción y gestión de la terminal de contenedores para mercancías peligrosas.

Análisis de riesgos	- UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental
Energía	- UNE 50001:2011 Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.

- Gestión**
- UNE 66177:2005 Sistemas de gestión. Guía para la integración de los sistemas de gestión
 - Evaluación del desempeño ambiental. Directrices. (ISO 14031:2013)UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2006).
 - UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. (ISO 14044:2006).
 - UNE-ISO 14050:2009 Gestión ambiental. Vocabulario.
 - UNE-ISO/TR 14062:2007 IN Gestión ambiental. Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos. (ISO/TR 14062:2002)
 - UNE-ISO 14063:2010 Gestión ambiental. Comunicación ambiental. Directrices y ejemplos. (ISO 14063:2006)
 - UNE-ISO 14004:2010 Sistemas de gestión ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo (ISO 14004:2004)
 - UNE-EN ISO 19011:2012 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión. (ISO 19011:2011)
 - UNE-EN ISO 19011:2012 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.
 - UNE-ISO 10018:2015 Gestión de la calidad. Directrices para la participación activa y la competencia de las personas.
 - UNE-EN ISO 14031:2015 Gestión medioambiental.
 - UNE-EN ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. (ISO 14001:2015)

Evaluación de impacto	- UNE 157921:2006 Criterios generales para la elaboración de estudios de impacto ambiental.
Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="564 320 1286 551">- UNE-ISO 14064-1:2012 Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (ISO 14064-1:2006). <li data-bbox="564 562 1286 835">- UNE-ISO 14064-2:2012 Gases de efecto invernadero. Parte 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero (ISO 14064-2:2006). <li data-bbox="564 846 1286 1032">- UNE-ISO 14064-3:2012 Gases de efecto invernadero. Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero (ISO14064-3:2006).

Etiquetado	<ul style="list-style-type: none"> - UNE-EN ISO 14024:2001 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Etiquetado ecológico Tipo I. Principios generales y procedimientos. (ISO 14024:1999). - UNE-EN ISO 14020:2002 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales. (ISO 14020:2000) - UNE-EN ISO 14021:2002 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Autodeclaraciones medioambientales (Etiquetado ecológico Tipo II). (ISO 14021:1999) - UNE-ISO 14025:2010 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos. (ISO 14025:2006)
Análisis del ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> - UNE 150041:1998 EX Análisis de ciclo de vida simplificado. - UNE 150301:2003 Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Ecodiseño - UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2006). - UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. (ISO 14044:2006).

Tabla 25. Normas de estandarización

4.6.2 Requisitos ambientales

Los requisitos ambientales importantes para ubicar una terminal de mercancías peligrosas, se analizan de forma sectorial, tal y como se expone a continuación:

A. Residuos

- B. Aguas residuales y vertidos
- C. Atmósfera/Ruido
- D. Suelos contaminados
- E. Evaluación Ambiental
- F. Actividades

A. Residuos

Productores de residuos peligrosos (RP) (CMA²)

Dado el carácter de peligrosidad de los productos manipulados y almacenados en la actividad de logística, aquellos que, por incidencias que se puedan producir en la propia manipulación, puedan devengar en residuos tendrán la consideración de residuos peligrosos y les serán aplicables los siguientes requisitos administrativos:

- Productores que generen menos de 10 toneladas de RP al año:
 - ✓ Inscripción en el Registro de Pequeños Productores de RP: antes del inicio de la actividad.
- Productores que generen más de 10 toneladas de RP al año:
 - ✓ Autorización de Producción de RP antes del inicio de la actividad.
 - ✓ Declaración Anual de Producción antes del 1 de marzo de cada año.
- Libro Registro: El productor llevará registro documental de los RP producidos y el destino de los mismos.(www.gestos.es)
- Trámites documentales relativos al traslado de RP:
 - ✓ Notificación Previa de los Traslados antelación mínima de

2 (CMA) Trámite a realizar en la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda.

- 10 días (³COCIN), (⁴ADCR).
- ✓ Documento de Control y Seguimiento (ADCR).
- Plan de Prevención y Reducción de RP (COCIN):
 - ✓ Cada 4 años.
 - ✓ Objetivos de reducción, medidas a poner en práctica y seguimiento de los mismos.

Por tipo de residuo:

Aceites industriales (CMA)

Los siguientes requisitos son aplicables en el supuesto de producción de aceites industriales usados:

- Recogida y transporte a través de gestor autorizado: Documento de Control y Seguimiento (ADCR).
- Si generan más de 500 litros al año: llevar Libro Registro (cantidad, calidad, origen, localización y fechas de entrega al gestor).

Pilas, acumuladores y baterías

Los productores deberán hacerse cargo de la recogida y gestión de la misma cantidad (en peso y tipo de pilas, acumuladores y baterías usados) que hayan puesto en el mercado, a través de:

- a) Sistema público de gestión
- b) Sistema de gestión individual
- c) Sistema integrado de gestión (SIG)
- d) Sistema de depósito, devolución y retorno (SDDR)

3(COCIN) Trámite a realizar en las Cámaras Oficiales de Comercio, Industria y Navegación.

4(APCR) Este trámite puede realizarse mediante los impresos utilizados tradicionalmente, o bien mediante un nuevo procedimiento telemático (utilizando la firma electrónica) denominado “Aplicación de Documentos de Control de Residuos”.

Residuos de construcción y demolición RCD's

En la fase de construcción de las nuevas instalaciones se podrán generar residuos de la construcción y demolición siendo aplicables los siguientes requisitos administrativos:

- Productores de RCD's... Incluir en el proyecto de ejecución de la obra un Estudio de Gestión de los RCD's que se vayan a producir.
- Poseedores de RCD's... La empresa que ejecute la obra deberá elaborar un Plan de gestión de los RCD's que se vayan a producir

B. Aguas residuales y vertidos

Declaración de producción de aguas residuales (⁵EPSAR)

Esta declaración deberá presentarse atendiendo

- Actividades incluidas en las secciones B, C, D o E de CNAE'93.
- En los seis primeros meses desde el inicio de la actividad, siempre que se modifiquen los usos del agua y al finalizar la actividad.
- Cada cuatro años, cuando no varíen de forma significativa los datos aportados.

Vertido a aguas continentales, superficiales y subterráneas (⁶CH)

- Autorización de vertido.

5 (EPSAR) Trámite a realizar en la Entidad de Saneamiento de Aguas.

6 (CH) Trámite a realizar en la Confederación Hidrográfica correspondiente.

- Renovar la misma, cuando se especifique en la autorización (máximo cada 5 años).
- Declaración de Vertido de Aguas Residuales al dominio público hidráulico.
- Declaraciones periódicas de volumen y analíticas, de incidencias y mejoras en el vertido u otras.

Vertido a aguas de red de saneamiento, colector o edar (estación depuradora de aguas residuales)

- Autorización de vertido y renovación de la misma (cuando se especifique en la autorización) (⁷AYTO).
- Declaraciones periódicas de volumen y analíticas u otras, en los plazos indicados en la autorización (⁷AYTO).
- Solicitar autorización cuando se pretendan verter directamente aguas residuales a una EDAR (⁴EPSAR).

Autoconsumos de agua

- Legalización de pozos (⁵CH).
- Declaración Trimestral de Autoconsumos Cada 20 primeros días de cada trimestre natural (⁴EPSAR).

C. Atmósfera/Ruido

Contaminación acústica

Los titulares de las actividades o instalaciones industriales, comerciales o de servicios susceptibles de generar ruidos y vibraciones están obligados a:

- Adoptar las medidas necesarias de insonorización de sus fuentes sonoras y de aislamiento acústico para cumplir las

7 (AYTO) Trámite a realizar ante: Ayuntamiento, gestor público o privado.

prescripciones establecidas en la Ley 7/2002 del Gobierno Valenciano.

- Realizar, al menos cada 5 años, una Auditoría Acústica de las emisiones, por un organismo inscrito en el Registro de entidades colaboradoras en materia de calidad ambiental (ECMCA).
- Sus resultados se harán constar en un Libro de Control que estará a disposición de la administración.

Los vehículos con permiso de circulación domiciliado en municipios de la Comunidad Valenciana deberán:

- Someterse a comprobación de los niveles de emisión sonora en las estaciones de ITV.
- La periodicidad será la misma que para la ITV (excepto los ciclomotores que deberán realizar la inspección cada 2 años).

D. Suelos contaminados

Los titulares de actividades incluidas en el Anexo I del Real Decreto 9/2005 deberán:

- Realizar un informe preliminar de situación (según Anexo II del Real Decreto 9/2005).
- Las actividades sujetas a la Ley 16/2002 IPPC podrán considerar cumplimentados los citados informes preliminares, si su contenido se encuentra recogido en la documentación presentada junto a la solicitud de la AAI Autorización Ambiental Integrada.

E. Evaluación Ambiental

- Declaración de Impacto Ambiental (¹CMA).

F. Actividades

- Construcción, montaje, explotación, traslado o modificación sustancial de actividades no sometidas a AAI e incluidas en el Nomenclator de actividades aprobado por Decreto 54/1990:
- LA: Licencia Ambiental (AYTO).
- Licencia de apertura (AYTO).

4.7 Conclusiones

En este capítulo hemos definido al panel de expertos, definiendo las características técnicas y el *Know-how* de cada uno de ellos.

También se ha realizado un análisis de las características técnicas y legales que deben cumplir las áreas intervinientes en el diseño de la terminal para poder concretar y definir los criterios de diseño planteado por cada uno de los miembros del panel de expertos.

Con la información recabada en este capítulo y el capítulo 3 (estado del arte) se establecerán los criterios que permitirán el diseño, construcción y gestión de una terminal de contenedores de mercancías peligrosas utilizando el método analítico jerárquico.

También hemos realizado un análisis exhaustivo de las características y aspectos en torno a estos grupos que influyen para establecer las prioridades.

En este capítulo se presentan una síntesis de este análisis, que junto con la revisión del estado del arte y el saber hacer de los miembros del panel de expertos permitirá establecer la jerarquía y establecer las necesidades que el sistema deberá de cubrir.

Cabe destacar que desde que se plantean las condiciones técnicas y legales que debe de reunir el diseño, hasta llegar al nivel de concreción de la definición de los criterios (Capítulo 5) hemos encontrado grandes dificultades porque las empresas del panel de expertos presentan una visión muy comercial del sistema, reduciendo la complejidad temática de BI y TIC, en la implantación de software BI y TIC como soluciones existentes en el mercado.

CAPÍTULO 5. Modelo propuesto

5.1 Introducción.

En este capítulo se presentará el modelo obtenido tras el trabajo con el panel de expertos, de esta forma podremos validar la hipótesis de partida de esta tesis: “el uso de una herramienta basada en técnicas de Análisis Multicriterio de Decisiones mejora el proceso actual de análisis de criterios de diseño básico de una terminal de contenedores de sustancias químicas peligrosas”.

Más en concreto, este capítulo contribuye al cumplimiento del objetivo específico número 3: “Desarrollar un modelo basado en el Análisis Multicriterio de Decisiones (MCDA), que permita tener en consideración de una manera holística todos los criterios y realizar una ponderación de los mismos de un modo trazable, agregando las opiniones de diferentes expertos”.

De esta forma, también responderemos a algunas de las preguntas planteadas:

- ¿Qué criterios intervienen en el diseño de una terminal interior de mercancías de contenedores?
- ¿Cómo se definen y analizan dichos criterios?
- ¿Cómo se puede establecer prioridades entre ellos?

Antes de exponer el modelo, en el siguiente apartado, se presenta brevemente el método AHP.

5.2 El método multicriterio Proceso Analítico Jerárquico (AHP) de ayuda a la toma de decisiones.

Los métodos multicriterio para análisis de toma de decisiones, Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) o multicriteria decisión making (MCDM), como el método AHP empleado en este estudio, son procedimientos que se utilizan cuando se tienen múltiples criterios y se quieren priorizar para la dirección de un proceso, así lo define la International Society on Multiple Criteria Decision Making (MCDM, 2015).

El objetivo en común de las diversas técnicas son: ser capaz de evaluar y elegir entre alternativas basándose en un análisis sistemático, que ayude a sobrellevar las limitaciones observadas en individuos no estructurados o en la toma de decisiones de un grupo.

Los diferentes métodos requieren diferentes tipos de datos y están compuestos por diferentes algoritmos. Los métodos varían en la forma de valorar cada criterio y en cómo combinar las evaluaciones para lograr la evaluación general. Algunos son técnicas para establecer un ranking, algunos identifican una única alternativa y otros diferencian entre alternativas aceptables e inaceptables (Linkov&Ramadan, 2004).

Una amplia revisión de las aplicaciones de métodos MCDA se pueden encontrar en (Al-Harbi 2001) y (Vaidya & Kumar 2006).

Recientemente se ha realizado un estudio bibliométrico utilizando la Web of Science combinada con las palabras clave correspondientes a distintos métodos multicriterio sobre la utilización de este métodos en cadenas de suministro (Tramarico et al. 2015). Los resultados que muestra revelan el interés creciente hacía el método seleccionado en la presente tesis.

En este estudio se compara el número de publicaciones que existen en relación a los métodos multicriterio. Para ello introducen en la Web of Science como palabras clave las relativas a estos métodos, en concreto usan:

- AHP, Analytic Network Process (ANP)
- Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)
- Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH)
- Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)
- Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS)
- ELimination Et ChoixTraduisant la REalité (ELECTRE).

Además de estos, se incluye el tema de cadena de suministro. Encontrando un total de 9.119 publicaciones. En este artículo se puede comprobar que el método multicriterio más utilizado en las publicaciones durante los años 2011 a 2014 es el AHP, del que se encuentran 1.872 artículos. Según este estudio, el AHP va seguido del método ELECTRE con 201 artículos. Por tanto, la aplicación de AHP y su utilidad práctica hace que esté siendo cada vez más usado y despierta un interés creciente. De hecho, en este estudio, los autores aprecian un crecimiento considerable de las aplicaciones de estos métodos en nuevas áreas de investigación como comercio electrónico, financiero, ingeniería, etc.

Estudios más amplios como el de (Wallenius et al. 2008) apoyan el empleo del método AHP.

En esta tesis se ha decidido utilizar AHP como un primer paso hacia un futuro modelo más complejo con ANP, teniendo en cuenta que de todos los métodos mencionados éstos dos son los únicos que proponen una forma sistemática y trazable de calcular los pesos de los criterios y las valoraciones de las alternativas.

El método AHP ha sido diseñado y desarrollado por Saaty desde 1980 realizando varias mejoras posteriores en el mismo (Saaty 2006). Es un método que organiza los criterios en forma de árbol. De tal forma que el objetivo principal se descompone en criterios organizados en diferentes niveles.

El método AHP es básicamente un método de priorización. El cálculo de las prioridades se obtiene a partir de las comparaciones entre los elementos a priorizar. De esta forma se construye una matriz de comparación por pares para grupos de elementos a priorizar.

Estas comparaciones son preguntas, al referirnos a los criterios, ¿cuál de estos criterios es más importante y cuánto más? Esta pregunta se responde con la escala propuesta por Saaty. Así, la intensidad de la preferencia se valora del 1 al 9, admitiendo valores intermedios, donde el significado de la escala es:

- 1.- Igual. Ambos elementos son igual de importantes o preferidos.
- 3.- Moderada. Un elemento se prefiere de forma moderada frente al otro.
- 5.- Fuerte. Un elemento se prefiere de forma fuerte frente al otro.
- 7.- Muy Fuerte. Un elemento se prefiere de forma muy fuerte frente al otro.
- 9.- Extrema. Un elemento se prefiere de forma extrema frente al otro.

Cabe destacar que uno de los puntos fuertes del método es que permite comprobar la consistencia de las opiniones emitidas.

Con estos datos se obtiene la preferencia de un elemento, dentro de un grupo. En el caso de los criterios, el peso de un criterio dentro de su grupo se llama peso local. El peso del criterio dentro del conjunto del árbol se denomina peso global, y es que realmente nos indica la importancia del criterio para tomar la decisión.

En la presente tesis, se ha utilizado el programa informático "SuperDecisions".

5.3 Descripción del modelo

El objetivo principal (*goal*) del estudio es la priorización de una terminal interior de mercancías peligrosas. Los criterios de primer nivel, corresponden a las cinco áreas de interés definidas en el desarrollo de la presente tesis.

En la figura 34 se muestra el modelo jerárquico propuesto, y en la figura 35 se muestra una captura de pantalla del programa Superdecisions, con el modelo propuesto.

MODELO JERARQUICO AHP

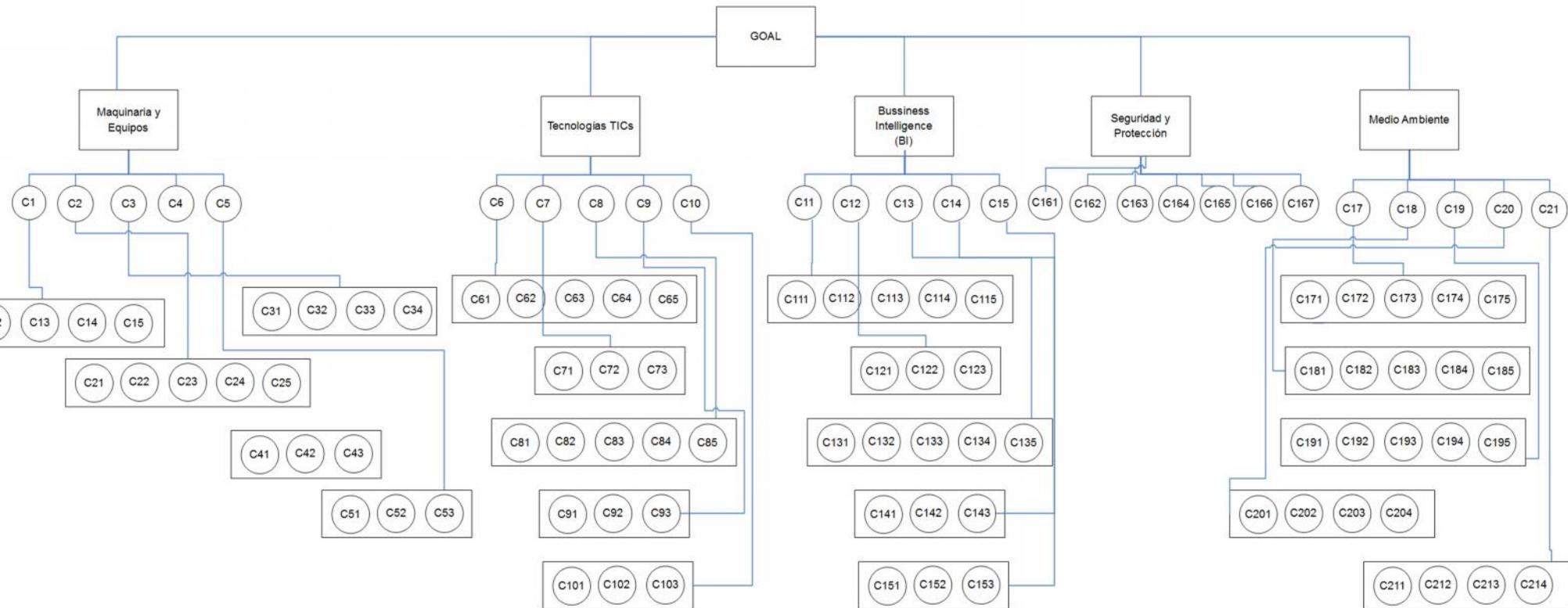


Figura 34. Modelo Jerárquico Propuesto



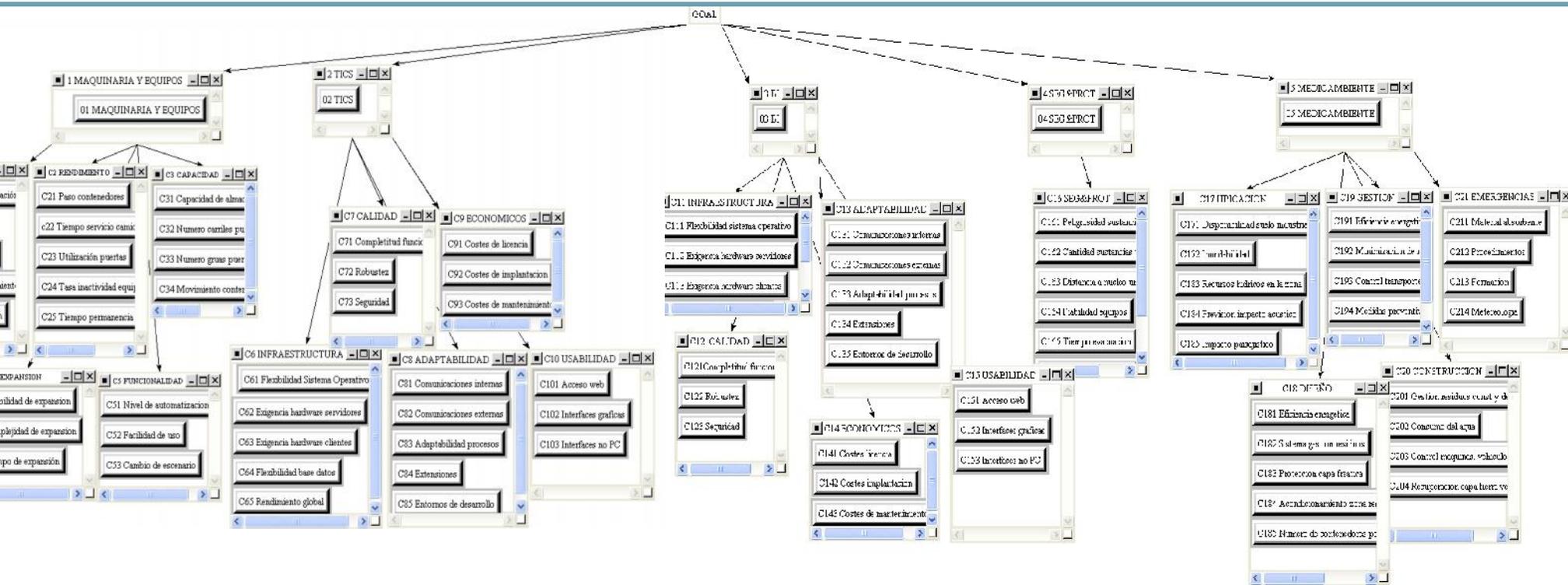


Figura 35. Captura de pantalla del modelo planteado

5.4 Criterios Maquinaria y equipos

En la figura 36 podemos ver un esquema en “Superdecisions” de los criterios intervinientes en el área de Maquinaria y Equipos.

Del estudio realizado se deduce que se pueden realizar cinco grupos de criterios relativos a la maquinaria y los procesos de automatización de una terminal de contenedores.

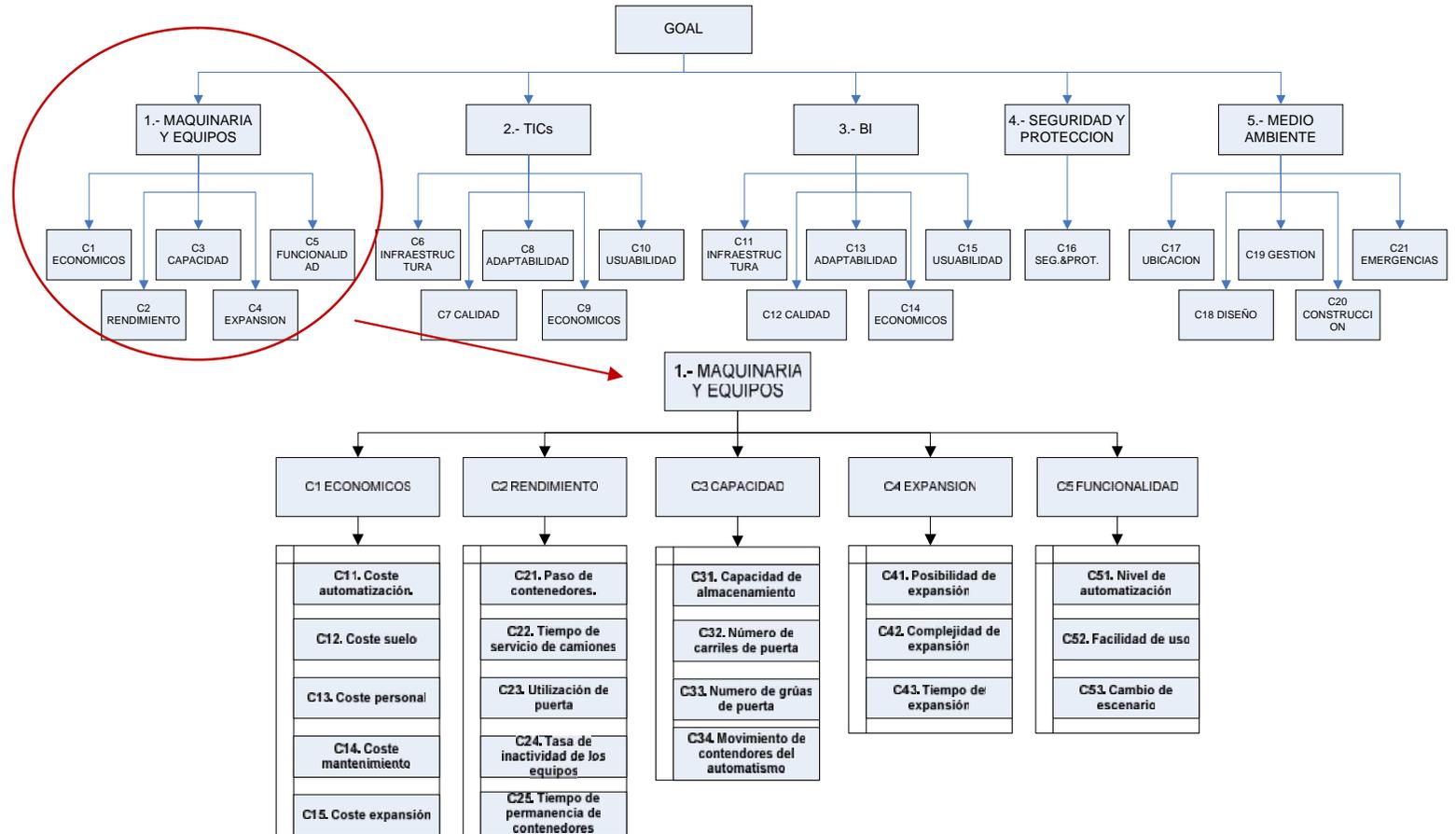


Figura 36. Esquema en “Superdecisions” de los criterios intervinientes en el área de Maquinaria y Equipos

A continuación se define cada uno de los grupos:

C1. Criterios económicos. Este grupo de criterios hace referencia a todo lo que está relacionado con el coste del sistema de automatización. Es un grupo muy importante ya que en algunas ocasiones puede haber alternativas que sean directamente desechadas si no cumplen los requisitos establecidos para estos criterios.

- **C11. Coste automatización.** Es el coste relativo a todo los componentes necesarios para la automatización de cada una de las alternativas. Dentro de estos costes se engloban toda la maquinaria necesaria, como grúas, vehículos de guiado automático, raíles, racks, lanzaderas, etc., y también toda la electrónica necesaria para su control, como autómatas programables, RFID, sistemas de GPS, ordenadores, etc. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Millones de Euros
- **C12. Coste suelo** Este es el criterio que tiene que ver con todo lo relativo al precio del suelo. Es un criterio importante ya que dependiendo de la elección pueden ser necesarias urbanizaciones de zonas rurales que pueden influir en el coste final. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Euros / m²
- **C13. Coste personal.** Es el coste asociado a todas las personas necesarias para el funcionamiento de la terminal. Dependiendo del grado de automatización puede que el número de personas requeridas sea mayor o menor. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Euros / Persona
- **C14. Coste mantenimiento.** Son los costes asociados a lo que cuesta mantener en buenas condiciones las instalaciones de la terminal. Este criterio puede variar dependiendo de lo que cueste de mantener cada sistema. Para cuantificar este

criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Euros / año

- **C15. Coste expansión.** Son los costes que indican que precio tendría aumentar la capacidad de la terminal si en un futuro hubiera más demanda. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Miles de Euros / m²

C2. Criterios de rendimiento. Este grupo de criterios hace referencia a las capacidades y tiempos que emplea cada una de las alternativas a la hora de manejar los contenedores. Dependiendo de las necesidades de la terminal, puede ser determinante para la elección de la alternativa

- **C21. Paso de contenedores.** Es el número de contenedores que es capaz de procesar la terminal a pleno rendimiento. Este es un parámetro importante ya que marca la demanda de contenedores máxima que se puede atender. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Contenedores / Hora
- **C22. Tiempo de servicio de camiones.** Este parámetro indica el tiempo medio que se necesita desde que un camión entra por la puerta, es servido, y vuelve a salir por la puerta. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: minutos
- **C23. Utilización de puerta.** Es el tanto por cien de tiempo que la puerta está sirviendo tráfico de contenedores de entrada o salida. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: %
- **C24. Tasa de inactividad de los equipos.** Es el tiempo que se encuentran los contenedores sin manipulación y por tanto los equipos inactivos. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: %

- **C25. Tiempo de permanencia de contenedores.** Es el tiempo que los contenedores permanecen sin manipulación. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: días

C3. Criterios de capacidad. Este grupo de criterios definen el volumen de contenedores que va a poder tratar cada una de las alternativas. Dependiendo de las cantidades de contenedores que se necesiten que maneje la terminal, pueden ser o no unos criterios importantes.

- **C31. Capacidad de almacenamiento.** Es el número de contenedores que es capaz de almacenar la terminal en el patio de almacenamiento. Este parámetro viene directamente relacionado con que el automatismo sea capaz de almacenar contenedores en alturas o no. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: número contenedores
- **C32. Número de carriles de puerta.** Es el número de accesos / salidas simultáneos que posee la puerta. Cuantos más carriles posea la terminal mayor será el número de caminos que puedan ser procesados. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: número de carriles
- **C33. Numero de grúas de puerta.** Es la cantidad de grúas que hay situadas en la puerta para poder servir a los camiones, ya sea para cargar o descargar. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: número de grúas
- **C34. Movimiento de contenedores del automatismo.** Es la cantidad de movimientos de contenedores que puede realizar el automatismo en una hora. El movimiento del contenedor es el tiempo comprendido desde que se hace una petición en la puerta hasta que el automatismo ejecuta la petición y vuelve a

la puerta. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: contenedores / hora

C4. Criterios de expansión. Estos criterios definen la capacidad y complejidad que tienen cada uno de los sistemas a la hora de crecer para aumentar sus capacidades. Este grupo puede ser influyente, pero normalmente no son criterios determinantes.

- **C41. Posibilidad de expansión.** Indica si el sistema tiene posibilidad de expansión una vez finalizada la primera construcción inicial. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: si / no
- **C42. Complejidad de expansión.** Indica la dificultad que tiene el sistema para poder ampliar sus capacidades para cubrir un aumento de la demanda en el futuro. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Muy baja / Baja / Media / Alta / Muy alta
- **C43. Tiempo de expansión.** Indica el periodo de tiempo que se debe emplear para poder ampliar las capacidades de la terminal. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicador: días

C5. Criterios de funcionalidad. Estos criterios definen las capacidades y en número de funcionalidades que aporta cada alternativa. Estos criterios aportan un valor extra a cada una de las alternativas pero no suelen ser determinantes ya que normalmente todas las opciones alcanzan unos niveles mínimos exigidos. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores:

- **C51. Nivel de automatización.** Indica cuanto de automático es el sistema. Cuanto menor número de operarios requiera el sistema para poder funcionar, mayor es el nivel de automatización. Para

cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: número de operarios.

- **C52. Facilidad de uso.** Indica cual es el nivel de sencillez del automatismo. Si el sistema es muy complejo, se necesitan cursos de formación y operarios más capacitados. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Muy fácil / Fácil / Medio / Complejo / Muy complejo
- **C53. Cambio de escenario.** Este parámetro indica la posibilidad del automatismo para trabaja en diferentes escenarios, ya sea al aire libre, a cubierto, dentro de un almacén, etc. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Imposible / Difícil / Fácil / Muy Fácil

5.5 Criterios Tecnologías de la información y comunicación (TICs)

En la figura 37 podemos ver un esquema en “Superdecisiones” de los criterios intervinientes en el área de TICs

Se han identificado cinco grupos de criterios relativos a los sistemas TICs de la terminal que serán tomados en consideración.

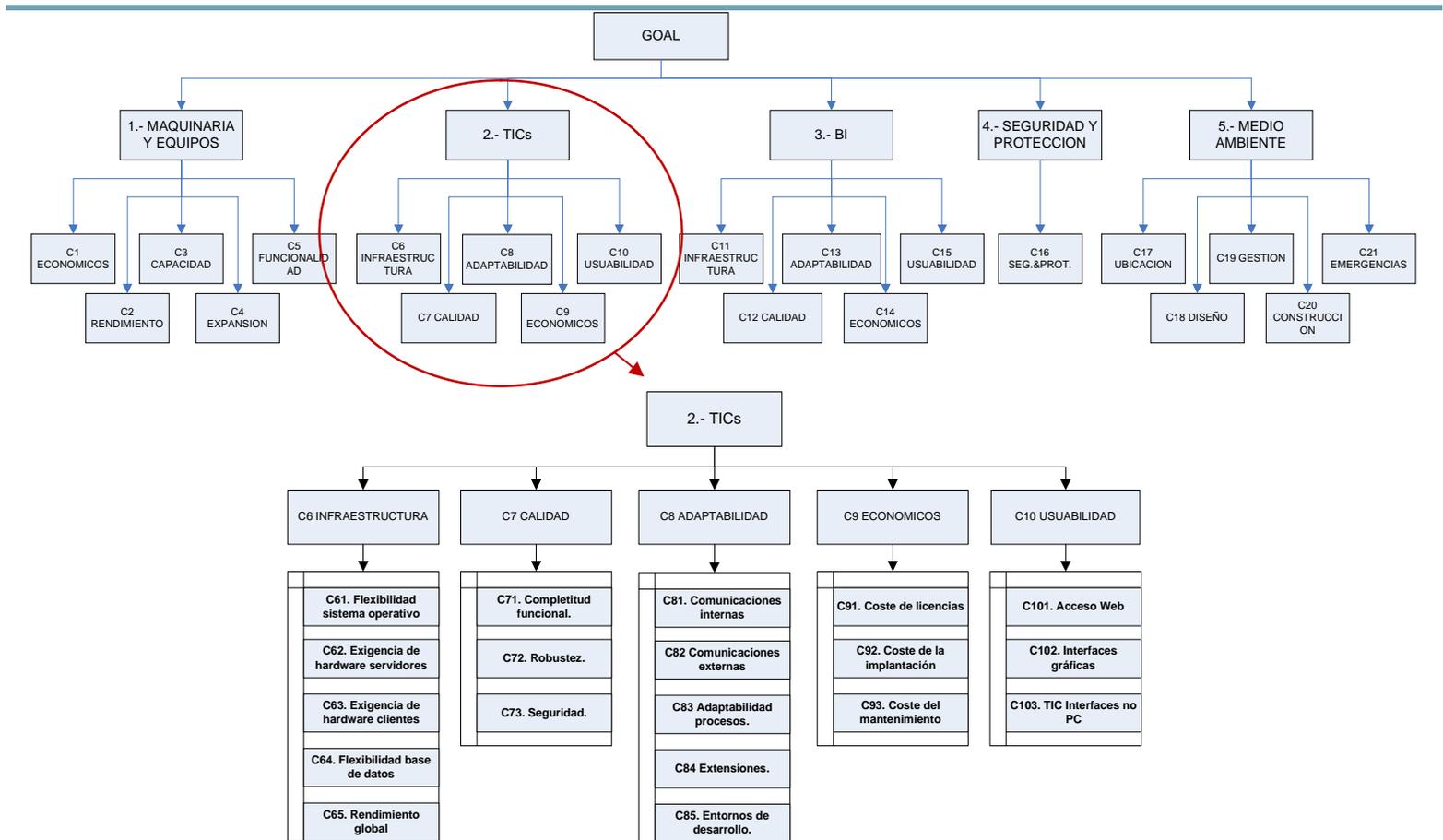


Figura 37. Esquema en "Superdecisiones" de los criterios definidos en TICs

C6. Criterios de Infraestructura: Criterios relativos a las necesidades de hardware, software y rendimiento del sistema. Es importante conocer los requerimientos y mínimos y deseados de cada una de las alternativas a evaluar y ver hasta qué punto estos aspectos pueden limitar o potenciar el conjunto del sistema TIC y BI diseñado.

- **C61. Flexibilidad sistema operativo.** Exigencias del sistema respecto al sistema operativo necesario para funcionar, considerando equipos servidores y clientes.
- **C62. Exigencia de hardware servidores.** Exigencias del sistema respecto al hardware necesario en servidores para trabajar.
- **C63. Exigencia de hardware clientes.** Exigencias de hardware en clientes, incluyendo PCs, pistolas y cualquier otro tipo de cliente.
- **C64. Flexibilidad base de datos.** Nivel de flexibilidad de la aplicación a la hora de seleccionar la base de datos que se consideré más conveniente para el sistema global.
- **C65. Rendimiento global.** Tiempo de respuesta medio de la aplicación en circunstancias de operación normales.

C7. Criterios de Calidad: Criterios relativos a la completitud funcional y la calidad / robustez de la aplicación. Es enormemente importante, pensando en un sistema con las características del deseado que puede incorporar cierta complejidad operativa, necesidades de tiempo real, interacción don diferentes tecnologías, etc., contar con un producto completo funcionalmente y con garantías de robustez y alta disponibilidad.

- **C71. Completitud funcional.** Nivel de completitud funcional del software, entendiendo por tal la existencia y profundidad funcional de algunos módulos considerados importantes para un software de su categoría, entendiendo como tal:

En el caso del Sistema Operativo:

- Gestión de ubicaciones
- Gestión de almacenes
- Alarmas operacionales
- Gestión de procesos operativos
- Gestión de equipos y maquinaria
- Simulaciones
- Portal web

En el caso del Sistema de Business Intelligence:

- Carga de datos de cualquier origen
- Análisis dinámico OLAP
- Cuadros de mando interactivos
- Planificación de escenarios
- Sistema de envíos automáticos.

- **C72. Robustez.** Garantías del producto en términos de integridad del proceso y existencia de alternativas de recuperación en caso de pérdida o corrupción de datos.
- **C73. Seguridad.** Nivel de seguridad del producto entendiendo como tal tanto la protección antes posibles ataques internos y externos cómo la capacidad para definir

C8. Criterios de Adaptabilidad: Criterios relativos a la habilidad del sistema para ser modificado en su funcionamiento o adaptado para trabajar junto a otros sistemas. Entran dentro de este grupo de criterios aspectos cómo las interfaces de comunicación, la posibilidad de implementar procesos o funcionalidades dentro del sistema y el entorno existente de desarrollo y ampliación de funcionalidades.

- **C81. Comunicaciones internas.** El sistema ha de contar con la capacidad para comunicarse con los diferentes dispositivos presentes en un terminal de transporte: Tags RFID, OCR, Posicionamiento, controles de acceso, etc.
- **C82. Comunicaciones externas.** El sistema ha de estar capacitado para comunicarse con otros sistemas en ambos sentidos a través de tecnologías cómo: Web Services, IDE, integración en tiempo real, etc.
- **C83 Adaptabilidad procesos.** Es conveniente que el sistema cuente con medio para adaptar la funcionalidad principal a la realidad de la terminal, tanto para la implantación inicial cómo para la evolución y adaptación del sistema a futuros requerimientos cambiantes.
- **C84. Extensiones.** Es conveniente que el sistema cuente con un sistema de extensiones o *plugins* que permitan extender la funcionalidad para cubrir aspectos de los procesos no contemplados en el núcleo, ya sean estas extensiones de terceros o desarrollables cómo parte del despliegue.
- **C85. Entornos de desarrollo.** Es conveniente que el sistema cuente con entornos de desarrollo que permitan, sin grandes necesidades de capacitación o inversiones de tiempo, la adaptación de la funcionalidad a requerimientos concretos. En este sentido es muy conveniente que sea posible desarrollar funcionalidad para el sistema a través de lenguajes comunes cómo .NET o Java.

C9. Criterios Económicos: Criterios relativos al coste de implantación y mantenimiento del sistema.

- **C91. Coste de licencias.** Coste de licencias de software base y de mantenimiento anual de esas licencias.
- **C92. Coste de la implantación.** Coste del proyecto de implantación/adaptación del producto a las necesidades concretas de la planta. Incluyendo horas internas dedicadas y horas de consultoría/desarrollo externas.
- **C93. Coste del mantenimiento.** Coste del mantenimiento de la alternativa, considerando la dedicación necesaria por parte de personal especializado e interno para mantener el sistema en perfecto funcionamiento y adaptado a las necesidades de la terminal.

C10. Criterios Usabilidad: Criterios relativos a la facilidad de manejo y comprensión del software por parte de los usuario finales. Es un aspecto muy importante de cualquier producto software, en este caso además habrá que tener en cuenta consideraciones de interfaz que vayan más allá de la Interfaz gráfica de usuario tradicional (pistolas, OCRs, etc...).

- **C101. Acceso Web.** Una plataforma con accesos e interfaces web siempre cuanta con ventajas de mantenimiento e usabilidad respecto a herramientas sin interfaz web.
- **C102. Interfaces gráficas.** La calidad y usabilidad, así como el diseño de la interfaz gráfica de la aplicación puede afectar de forma muy significativa a la adopción en el día a día del producto por parte del personal y a su uso correcto. Siendo de considerable ayuda para vencer la resistencia al cambio que provoca todo proyecto

- **C103. TIC Interfaces no PC.** La existencia de interfaces aparte de las propias de un software en un ordenador personal cómo puedan ser escáneres OCR para etiquetas, pistolas de planta, dispositivos móviles, etc... pueden aumentar considerablemente la usabilidad global del sistema.

5.6 Criterios el sistema de Business Intelligence de la planta (BI)

En la figura 38 podemos ver un esquema en “Superdecision” de los criterios intervinientes en el área de BI.

Se han identificado cinco grupos de criterios relativos a los sistemas BI de la planta que serán tomados en consideración a la hora de priorizar los criterios.

Cada uno de estos grupos de criterios será aplicado tanto a la decisión sobre el sistema operativo de la planta como en el sistema de Business Intelligence de la planta. Y en cada caso se les asignará un peso que puede ser diferente para unos y otros en función de las decisiones del panel de expertos.

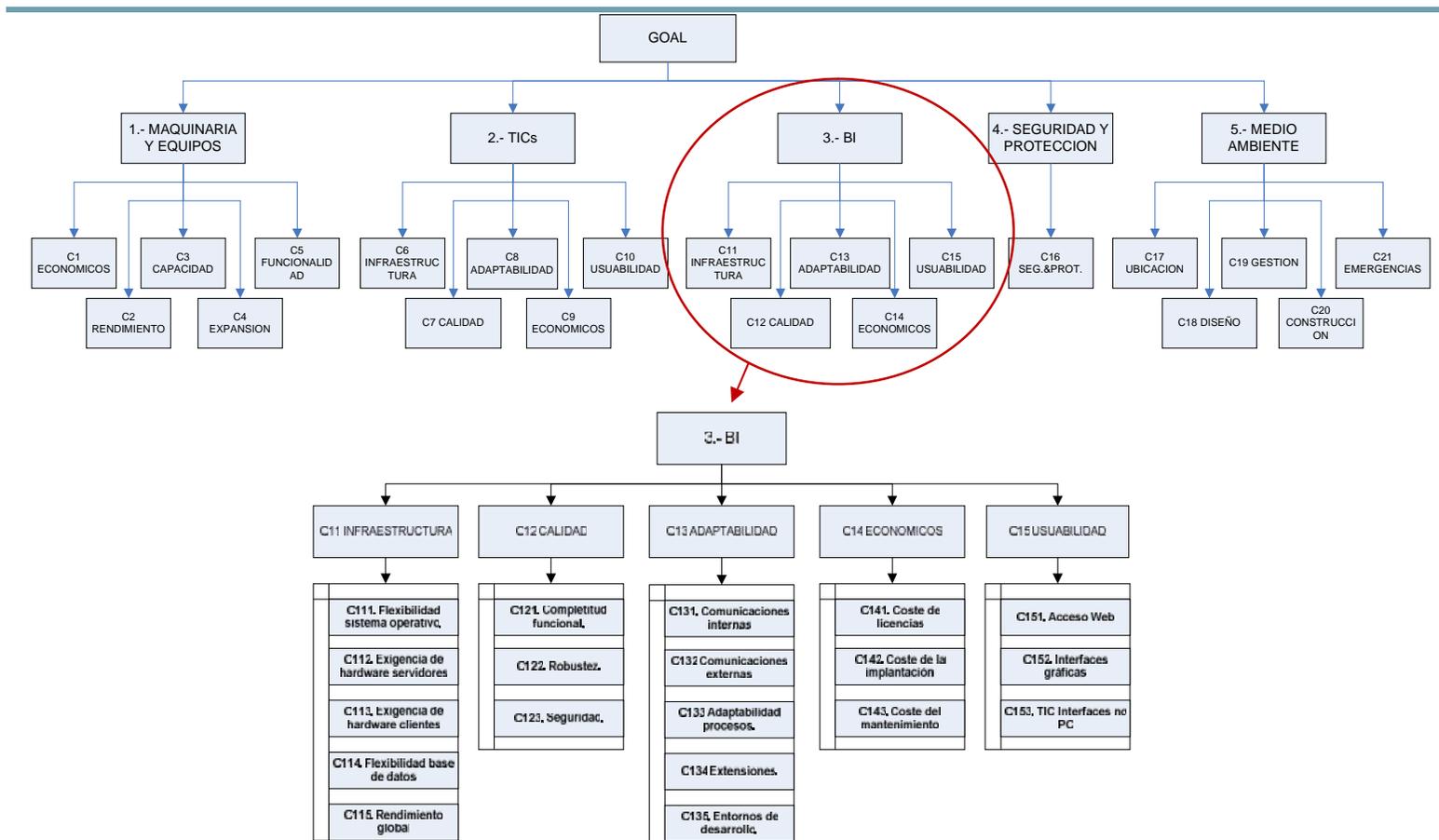


Figura 38. Esquema en "Superdecisiones" de criterios BI

C11. Criterios de Infraestructura: Criterios relativos a las necesidades de hardware, software y rendimiento del sistema. Es importante conocer los requerimientos y mínimos y deseados de cada una de las alternativas a evaluar y ver hasta qué punto estos aspectos pueden limitar o potenciar el conjunto del sistema TIC y BI diseñado.

- **C111. Flexibilidad sistema operativo.** Exigencias del sistema respecto al sistema operativo necesario para funcionar, considerando equipos servidores y clientes.
- **C112. Exigencia de hardware servidores.** Exigencias del sistema respecto al hardware necesario en servidores para trabajar.
- **C113. Exigencia de hardware clientes.** Exigencias de hardware en clientes, incluyendo PCs, pistolas y cualquier otro tipo de cliente.
- **C114. Flexibilidad base de datos.** Nivel de flexibilidad de la aplicación a la hora de seleccionar la base de datos que se consideré más conveniente para el sistema global.
- **C115. Rendimiento global.** Tiempo de respuesta medio de la aplicación en circunstancias de operación normales.

C12. Criterios de Calidad: Criterios relativos a la completitud funcional y la calidad / robustez de la aplicación. Es enormemente importante, pensando en un sistema con las características del deseado que puede incorporar cierta complejidad operativa, necesidades de tiempo real, interacción con diferentes tecnologías, etc., contar con un producto completo funcionalmente y con garantías de robustez y alta disponibilidad.

- **C121. Completitud funcional.** Nivel de completitud funcional del software, entendiendo por tal la existencia y profundidad funcional de algunos módulos considerados importantes para un software de su categoría, entendiendo como tal:
En el caso del Sistema de Business Intelligence:
 - Carga de datos de cualquier origen
 - Análisis dinámico OLAP
 - Cuadros de mando interactivos
 - Planificación de escenarios
 - Sistema de envíos automáticos.

- **C122. Robustez.** Garantías del producto en términos de integridad del proceso y existencia de alternativas de recuperación en caso de pérdida o corrupción de datos.

- **C123. Seguridad.** Nivel de seguridad del producto entendiendo como tal tanto la protección antes posibles ataques internos y externos cómo la capacidad para definir diferentes niveles de acceso y permisos en función de roles y usuarios.

C13. Criterios de Adaptabilidad: Criterios relativos a la habilidad del sistema para ser modificado en su funcionamiento o adaptado para trabajar junto a otros sistemas. Entran dentro de este grupo de criterios aspectos cómo las interfaces de comunicación, la posibilidad de implementar procesos o funcionalidades dentro del sistema y el entorno existente de desarrollo y ampliación de funcionalidades.

- **C131. Comunicaciones internas.** El sistema ha de contar con la capacidad para comunicarse con los diferentes dispositivos presentes en un terminal de transporte: Tags RFID, OCR, Posicionamiento, controles de acceso, etc.

- **C132. Comunicaciones externas.** El sistema ha de estar capacitado para comunicarse con otros sistemas en ambos sentidos a través de tecnologías cómo: Web Services, IDE,

integración en tiempo real, etc.

- **C133. Adaptabilidad procesos.** Es conveniente que el sistema cuente con medio para adaptar la funcionalidad principal a la realidad de la terminal, tanto para la implantación inicial cómo para la evolución y adaptación del sistema a futuros requerimientos cambiantes.
- **C134. Extensiones.** Es conveniente que el sistema cuente con un sistema de extensiones o *plugins* que permitan extender la funcionalidad para cubrir aspectos de los procesos no contemplados en el núcleo, ya sean estas extensiones de terceros o desarrollables cómo parte del despliegue.
- **C135. Entornos de desarrollo.** Es conveniente que el sistema cuente con entornos de desarrollo que permitan, sin grandes necesidades de capacitación o inversiones de tiempo, la adaptación de la funcionalidad a requerimientos concretos. En este sentido es muy conveniente que sea posible desarrollar funcionalidad para el sistema a través de lenguajes comunes cómo .NET o Java.

C14. Criterios Económicos: Criterios relativos al coste de implantación y mantenimiento del sistema.

- **C141. Coste de licencias.** Coste de licencias de software base y de mantenimiento anual de esas licencias.
- **C142. Coste de la implantación.** Coste del proyecto de implantación/adaptación del producto a las necesidades concretas de la planta. Incluyendo horas internas dedicadas y horas de consultoría/desarrollo externas.

- **C143. Coste del mantenimiento.** Coste del mantenimiento de la alternativa, considerando la dedicación necesaria por parte de personal especializado e interno para mantener el sistema en perfecto funcionamiento y adaptado a las necesidades de la terminal.

C15. Criterios Usabilidad: Criterios relativos a la facilidad de manejo y comprensión del software por parte de los usuario finales. Es un aspecto muy importante de cualquier producto software, además habrá que tener en cuenta consideraciones de interfaz que vayan más allá de la Interfaz gráfica de usuario tradicional (pistolas, OCRs, etc...).

- **C151. Acceso Web.** Una plataforma con accesos e interfaces web siempre cuanta con ventajas de mantenimiento e usabilidad respecto a herramientas sin interfaz web.
- **C152. Interfaces gráficas.** La calidad y usabilidad, así como el diseño de la interfaz gráfica de la aplicación puede afectar de forma muy significativa a la adopción en el día a día del producto por parte del personal y a su uso correcto. Siendo de considerable ayuda para vencer la resistencia al cambio que provoca todo proyecto
- **C153. TIC Interfaces no PC.** La existencia de interfaces aparte de las propias de un software en un ordenador personal cómo puedan ser escáneres OCR para etiquetas, pistolas de planta, dispositivos móviles, etc., pueden aumentar considerablemente la usabilidad global del sistema.

5.7 Criterios de Seguridad

En la figura 39 podemos ver un esquema en “Superdecision” de los criterios intervinientes en el área de Seguridad y Protección.

Sabiendo que el riesgo depende de la probabilidad de que ocurra un accidente y de la gravedad de las consecuencias del accidente, a continuación se justifica la selección de los criterios más significativos según las conclusiones que se han obtenido de un análisis cuantitativo de riesgos:

- **C161. Peligrosidad de sustancias peligrosas.** Se define como los daños ocasionados sobre las personas, animales y sobre el medioambiente. Cuando la peligrosidad de la mercancía es muy alta los daños ocasionados serán mayores. Por ello, las instalaciones de más riesgo, serán aquellas que tienen sustancias con mayor peligrosidad, será importante efectuar una correcta clasificación de las mercancías peligrosas en la terminal, para adecuar las instalaciones a los riesgos; segregar los contenedores en función de su tipología, etiquetar adecuadamente las zonas de ubicación de los contenedores entre otros.
- **C162. Cantidad de sustancias peligrosas.** Este criterio se define como los litros o los kg de sustancia peligrosa susceptible de generar daños a las personas, animales y al medioambiente; cuanta más cantidad de sustancia esté implicada en una fuga, derrame, o accidente, más difícil será la contención de ésta, las consecuencias serán mayores. En programas como Aloha de la EPA (Environmental Protection Agency) de US, se observa que cuanta más cantidad de sustancias peligrosas haya almacenada en la terminal, en caso de una fuga, habrá mayor extensión del peligro y una mayor probabilidad de muerte.

- **C163. Distancia a núcleo urbano** Es el número de km que existe desde la terminal hasta el núcleo más cercano. La elección de este criterio se justifica porque la toxicidad, radiación térmica y ondas de presión producidas en los accidentes en los que intervienen sustancias peligrosas pueden alcanzar zonas muy extensas desde el foco iniciador del suceso. Si no se considera una distancia de seguridad al núcleo urbano, la probabilidad de muerte y las fracciones de población que moriría podrían ser mucho mayores.

- **C164. Fiabilidad de equipos.** Este criterio es imprescindible para la gestión de una terminal interior de contenedores de sustancias peligrosas. El hecho de que haya un plan de mantenimiento y unas revisiones periódicas, tanto de los equipos de intervención utilizados como de los contenedores, reducirá la probabilidad de fallos que se han considerado en el HAZOP (Hazards and Operability Analysis) y en el árbol de fallos, lo que conducirá a que haya menos probabilidad de que se produzca un suceso iniciador de un accidente.

- **C165. Tiempo de evacuación.** Cuando se produce una emergencia es muy importante que el tiempo de evacuación sea lo menor posible. Esto implicará que el tiempo de exposición de las personas a los peligros del accidente (toxicidad, radiación térmica u ondas de presión) y por tanto, la gravedad de las consecuencias, sean menores.

- **C166. Densidad de población.** Este criterio resulta relevante porque mientras más población por metro cuadrado haya en las zonas próximas, más personas se verán implicadas en los efectos asociados a un accidente.

- **C167. Condiciones meteorológicas.** Las variables meteorológicas como la velocidad y dirección del viento van a

influir en la extensión tanto de la nube tóxica, como la radiación térmica y las ondas de presión. Para calcular las zonas de extensión de los peligros de un accidente, el software Aloha, considera importantes tener en cuenta dichos parámetros meteorológicos.

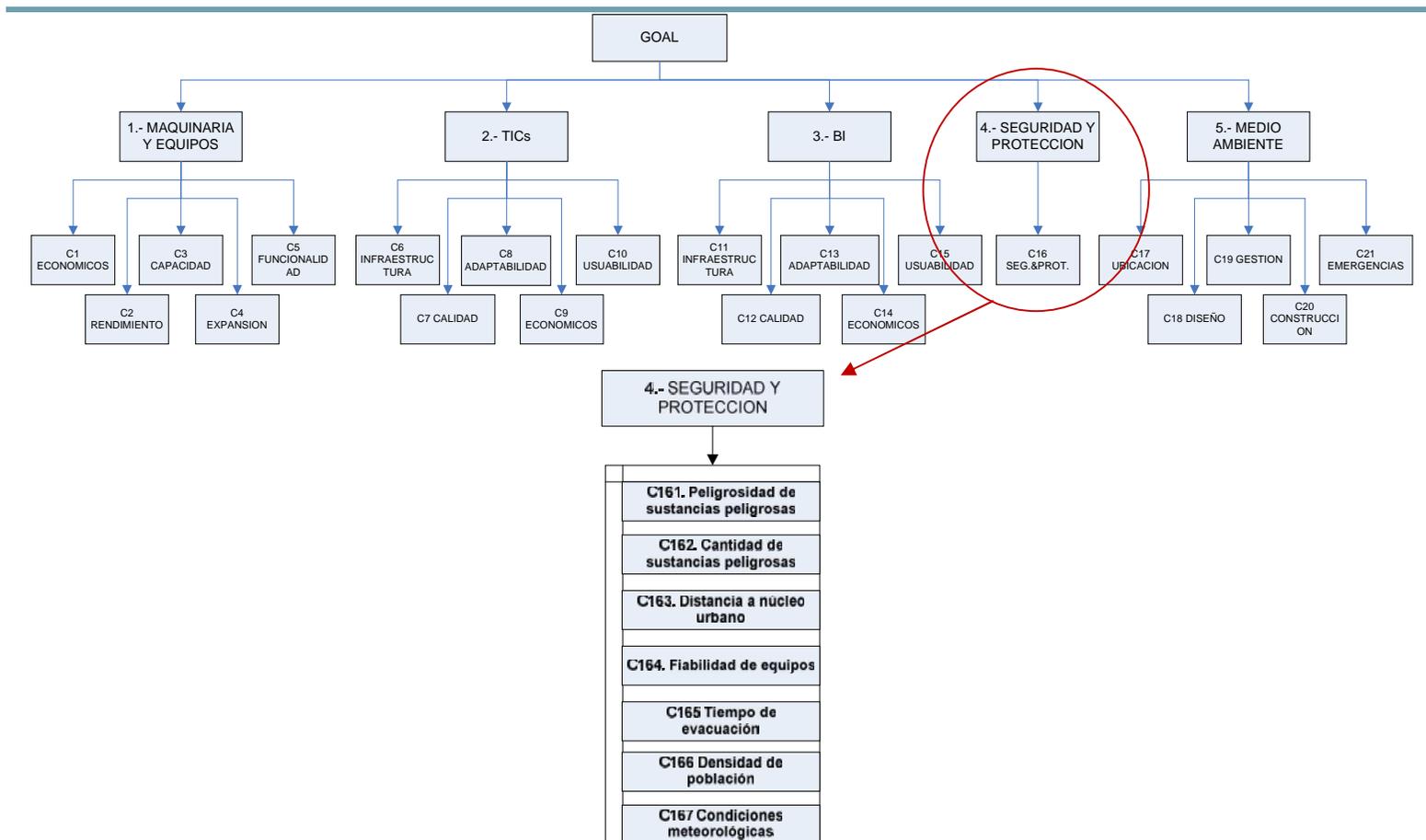


Figura 39. Esquema en “Superdecisions” de criterios de seguridad y protección

5.8 Criterios Ambientales

En la figura 40 podemos ver un esquema en “Superdecision” de los criterios intervinientes en el área de Medio Ambiente.

A continuación se enumeran los criterios ambientales definidos:

C17. Ubicación

- **C171. Disponibilidad de suelo industrial sin necesidad de recalificar terreno con valor rústico.** Este criterio ambiental, se considera el más beneficioso para el propio promotor del proyecto, así como para la promoción de un planeamiento urbanístico sostenible en el municipio donde se vaya a ubicar la nueva actividad. Por ello, resulta de relevancia la elección de este criterio para obtener la mejor opción en cuanto a la ubicación de la terminal.

- **C172. Inundabilidad.** Este criterio resulta importante para la elección de la mejor ubicación en la Comunidad Valenciana de una terminal de contenedores de sustancias peligrosas, puesto que el vertido de sustancias peligrosas almacenadas en la terminal debido a inundaciones puede provocar la contaminación de las aguas superficiales, e incluso, subterráneas de la zona.

- **C173. Recursos hídricos de la zona.** Es importante considerar los recursos hídricos de la zona donde se va a implantar la nueva terminal. En este sentido, señalar la escasez de recursos hídricos que existe en ciertas regiones de España ha llevado a la puesta en marcha de restricciones de agua en varias zonas en distintos períodos estivales.

- **C174. Previsión del impacto acústico de la actividad.** La afección producida por la contaminación acústica sobre la población, resulta en este caso relevante, puesto que la actividad en una terminal de contenedores de sustancias peligrosas con el trasiego de camiones, cargas, etc., produce un importante impacto acústico. Por tanto, se ha propuesto elegir este criterio por la relevancia del citado impacto acústico que podría tener sobre la población.

- **C175. Impacto paisajístico.** La relevancia otorgada a los recursos paisajísticos en los últimos años en el marco de la política ambiental, con el desarrollo de nueva normativa para la protección del mismo, está teniendo gran repercusión sobre la ciudadanía, en general, que día a día asume una mayor concienciación sobre la preservación del paisaje. Por ello, dado el posible impacto paisajístico derivado de la instalación de la nueva terminal, la elección de este criterio resulta relevante.

C18. Diseño

- **C181. Iluminación natural y aislamiento térmico (eficiencia energética).** La lucha contra el cambio climático se ha convertido en una de las prioridades de las agendas nacionales e internacionales. En este contexto, cualquier iniciativa destinada a prevenir y reducir el consumo energético ha de ser considerada como prioritaria en una estrategia de excelencia ambiental.

- **C182. Implantación de un sistema de recogida y gestión de los residuos.** Debido a la actividad a realizar en la nueva terminal, este criterio resulta determinante en cuanto a la elección del mejor diseño de la misma, puesto que la peligrosidad de algunos residuos que se pueden generar, hacen que la implantación de un sistema de recogida y gestión de residuos sea de gran relevancia.

- **C183. Protección de la capa freática y las aguas superficiales.** A la hora de elegir la mejor alternativa para el diseño de una terminal

de contenedores de sustancias peligrosas, resulta importante conocer cuál va a ser la protección a llevar a cabo para evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. De ahí, la relevancia de este criterio ambiental.

- **C184. Acondicionamiento de la zona de almacenamiento de los residuos.** Este criterio resulta relevante para la elección de la mejor alternativa en cuanto al diseño de una terminal de contenedores de sustancias peligrosas, puesto que un mal acondicionamiento de la zona de almacenamiento de los residuos peligrosos podría traer consecuencias importantes para el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

- **C185. Número de contenedores para cada fracción de residuos.** Como el criterio ambiental anterior, el conocimiento en la fase de diseño del número de contenedores para cada fracción de residuos, resulta relevante a la hora de elegir la mejor alternativa. No en vano, la falta de previsión de los mismos puede acarrear importantes problemas, sobre todo a la hora de gestionar los residuos peligrosos.

C19. Gestión

- **C191. Eficiencia energética.** Tal y como se ha expuesto anteriormente, las medidas de ahorro y eficiencia energética presentan no sólo ventajas económicas sino también medioambientales ya que se alinean con las prioridades de la política ambiental nacional y autonómica. En este sentido, la aplicación de criterios de eficiencia energética en la gestión (buenas prácticas ambientales) y en la conducción de los vehículos (conducción ecoeficiente) resulta muy recomendable.

- **C192. Minimización de residuos.** Uno de los factores ambientales con mayor impacto en la fase de gestión de una actividad, es la generación de residuos. Por ello, la promoción de la minimización de los residuos durante esta fase, es relevante a la hora de elegir la

mejor opción de las alternativas a evaluar.

- **C193. Control del transporte de productos.** Durante el transporte, carga y descarga de materiales, existe un elevado riesgo de accidentes que pueden provocar la contaminación de los suelos. Por ello, es importante controlar y protocolizar el transporte de productos, de modo que se eviten accidentes, pérdidas, molestias e impacto ambiental negativo. Por este motivo, se elige este criterio ambiental como relevante por la importancia de proteger los suelos de una posible contaminación de sustancias peligrosas, durante la fase de explotación de la actividad.

- **C194. Medidas preventivas contra el ruido.** Este criterio ambiental resulta relevante a la hora de promover la elección de la mejor alternativa de gestión de una terminal de contenedores de sustancias peligrosas, puesto que el impacto acústico potencial que se puede producir en estas actividades, puede resultar importante.

- **C195. Mantenimiento de la red de alcantarillado.** El no mantenimiento de la red de alcantarillado durante la explotación de una actividad como es el almacenamiento de sustancias peligrosas, puede provocar fugas de posibles aguas contaminadas con dichas sustancias. En este sentido, sería importante conocer la periodicidad en cuanto al mantenimiento de dicha red, así como disponer de planes de acción ante posibles fugas.

C20. Construcción

- **C201. Gestión de los residuos de construcción y demolición.** Uno de los criterios ambientales más importantes en la fase de construcción de una nueva actividad, es la correcta gestión de los residuos generados en la propia construcción. De ahí, la relevancia de proceder a la elección de este criterio a la hora de proceder a la selección de la mejor alternativa para la construcción de una terminal de contenedores de sustancias peligrosas.

- **C202. Minimización del consumo de agua.** De forma general, en la fase de construcción de una nueva instalación se consume abundante agua, de ahí la importancia de elegir este criterio ambiental para poder conocer las opciones planteadas para la minimización del consumo de agua de las diferentes alternativas planteadas en la fase de construcción.

- **C203. Control del uso de vehículos, maquinaria y equipos.** Durante la fase de construcción se pueden producir importantes emisiones a la atmósfera, en forma de contaminantes y ruido. En este sentido, la realización de un exhaustivo control del uso de vehículos, maquinaria y equipos podría minimizar dichas emisiones resulta de gran relevancia para asegurar la sostenibilidad ambiental de esta fase.

- **C204. Recuperación de la capa de tierra vegetal.** Este criterio ambiental se considera de relevancia a la hora de promover la elección de la mejor alternativa en la fase de construcción, debido a la importante afección producida sobre la flora durante esta fase. En este sentido, sería importante conocer el porcentaje de área afectada que se quiere recuperar.

C21. Gestión de situaciones anómalas

- **C211. Medios para hacer frente a los derrames en el Almacenamiento.** Durante la fase de almacenamiento, y sobre todo en esta tipo de actividad, se pueden producir derrames y accidentes que pueden provocar no sólo afecciones sobre el entorno, sino también, afecciones sobre la salud de los trabajadores. Por ello, es importante tener en cuenta este criterio a la hora de elegir la mejor opción para la gestión de situaciones anómalas en una terminal de contenedores de sustancias peligrosas y disponer de equipos para prevenirlos (material absorbente).

- **C212. Procedimientos a aplicar en caso de riesgo.** Este criterio se presupone de relevancia a la hora de elegir la mejor alternativa posible para la gestión de situaciones anómalas, puesto que da una idea de los procedimientos propuestos a aplicar en caso de producirse algún riesgo de accidente ya sea en el almacenamiento como en el trasiego.

- **C213. Capacitación del personal.** La falta de formación de los trabajadores puede provocar accidentes no deseados. Por tanto, se considera este criterio como relevante a la hora de elegir la mejor alternativa en cuanto a la gestión de situaciones anómalas.

- **C214. Factores meteorológicos.** Lluvias, tormentas, heladas, terremotos, etc. Los riesgos de accidentes asociados a factores meteorológicos pueden resultar importantes y relevantes en un terminal de contenedores de sustancias peligrosas, puesto que el riesgo de importantes afecciones sobre el entorno y la salud es elevado.

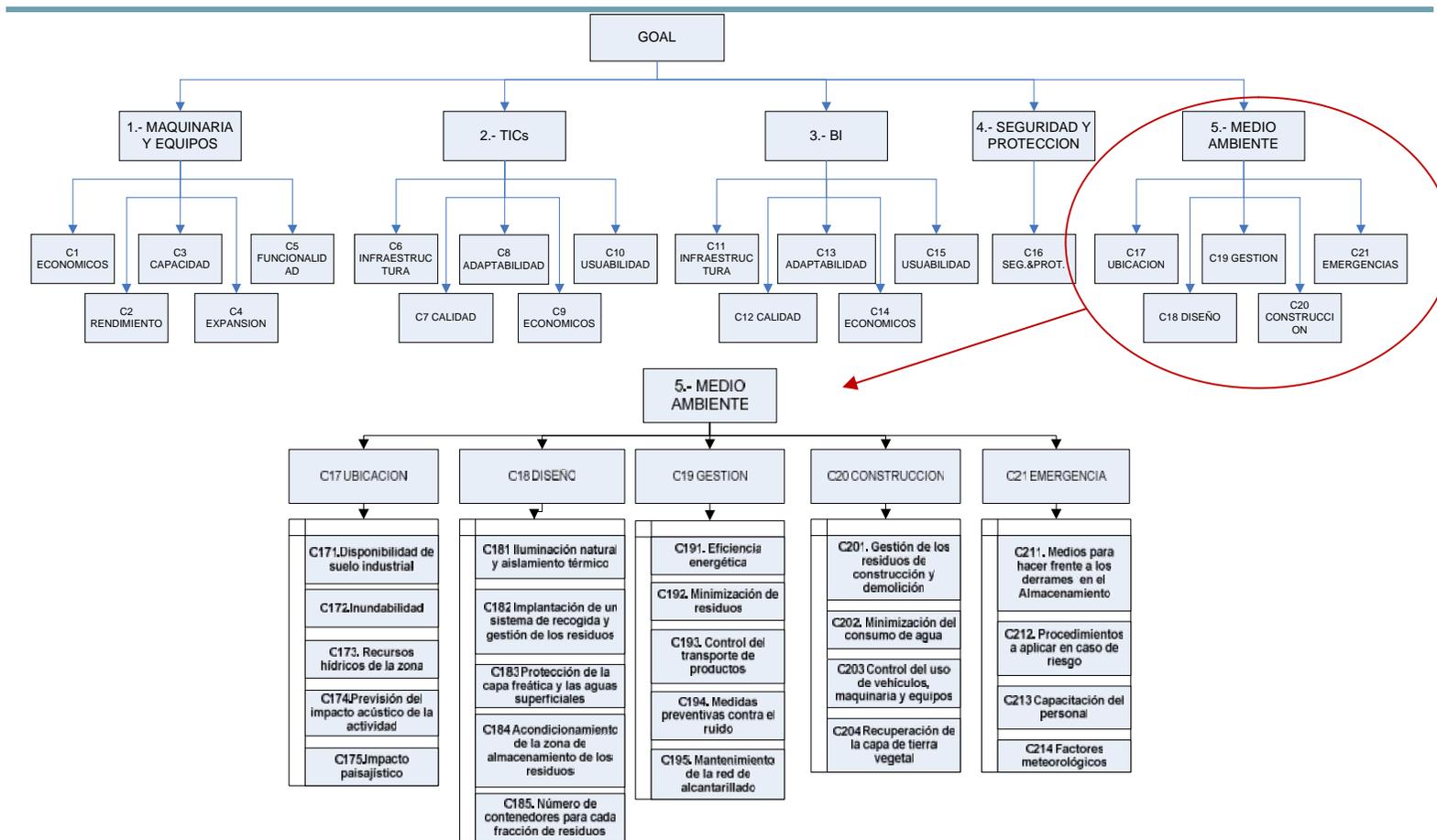


Figura 40. Esquema en “Superdecisions” de los criterios de medioambiente

Las tablas siguientes presentan un resumen de los criterios y sus identificaciones.

Identificación de criterios en el ámbito de la **Maquinaria y los Equipos**

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
C1 Económicos	C11 Coste automatización
	C12 Coste suelo
	C13 Coste personal
	C14 Coste mantenimiento
	C15 Coste expansión
C2 Rendimiento	C21 Paso de contenedores
	C22 Tiempo de servicio de camiones
	C23 Utilización de puerta
	C24 Tasa de inactividad de los equipos
	C25 Tiempo de permanencia de contenedores
C3 Capacidad	C31 Capacidad de almacenamiento
	C32 Número de carriles de puerta
	C33 Numero de grúas de puerta
	C34 Movimiento contenedores del automatismo
C4 Expansión	C41 Posibilidad de expansión
	C42 Complejidad de expansión
	C43 Tiempo de expansión
C5 Funcionalidad	C51 Nivel de automatización
	C52 Facilidad de uso

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
	C53 Cambio de escenario

Tabla 26. Identificación de criterios en el ámbito de la Maquinaria y los Equipos

Identificación de criterios en el ámbito de las **Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs)**

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
C6 Infraestructura	C61 Flexibilidad sistema operativo
	C62 Exigencia de hardware servidores
	C63 Exigencia de hardware clientes
	C64 Flexibilidad base de datos
	C65 Rendimiento global
C7 Calidad	C71 Completitud funcional
	C72 Robustez
	C73 Seguridad
C8 Adaptabilidad	C81 Comunicaciones internas
	C82 Comunicaciones externas
	C83 Adaptabilidad procesos
	C84 Extensiones
	C85 Entornos de desarrollo
C9 Económicos	C91 Coste de licencias
	C92 Coste de la implantación
	C93 Coste del mantenimiento
C10 Usabilidad	C101 Acceso Web

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
	C102 Interfaces gráficas
	C103 Interfaces no PC

Tabla 27. Identificación de criterios en el ámbito de las TIC

Identificación de criterios en el ámbito de las **Business Intelligence (BI)**

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
C11 Infraestructura	C111 Flexibilidad sistema operativo
	C112 Exigencia de hardware servidores
	C113 Exigencia de hardware clientes
	C114 Flexibilidad base de datos
	C115 Rendimiento global
C12 Calidad	C121 Completitud funcional
	C122 Robustez
	C123 Seguridad
C13 Adaptabilidad	C131 Comunicaciones internas
	C132 Comunicaciones externas
	C133 Adaptabilidad procesos
	C134 Extensiones
	C135 Entornos de desarrollo
C14 Económicos	C141 Coste de licencias
	C142 Coste de la implantación
	C143 Coste del mantenimiento
C15 Usabilidad	C151 Acceso Web

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
	C152 Interfaces gráficas
	C153 Interfaces no PC

Tabla 28. Identificación de criterios en el ámbito de BI

Identificación de criterios en el ámbito de la Seguridad y la Protección

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
C161 Peligrosidad de sustancias peligrosas	-
C162 Cantidad de sustancias peligrosas	-
C163 Distancia a núcleo urbano	-
C164 Fiabilidad de equipos	-
C165 Tiempo de evacuación	-
C166 Densidad de población	-
C167 Condiciones meteorológicas	-

Tabla 29. Identificación de criterios en el ámbito de Seguridad y Protección

Identificación de criterios en el ámbito del **Medio Ambiente**

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
C17 Ubicación	C171 Disponibilidad suelo industrial
	C172 Inundabilidad
	C173 Recursos hídricos en la zona
	C174 Previsión impacto acústico
	C175 Impacto paisajístico
C18 Diseño	C181 Eficiencia Energética

Criterios de primer Nivel	Criterios de segundo Nivel
	C182 Sistemas de Gestión residuos
	C183 Protección capa freática
	C184 Acondicionamiento zona residuos
	C185 Núm. Contenedor por fracción residuos
C19 Gestión	C191 Eficiencia Energética
	C192 Minimización de Residuos
	C193 Control del transporte de productos
	C194 Medidas preventivas contra el ruido
	C195 Mantenimiento de la red de aguas
C20 Construcción	C201 Gestión residuos construcción. y demolición
	C202 Consumo del agua
	C203 Control de maquinas, vehículos e instalaciones
	C204 Recuperación capa tierra vegetal
C21 Emergencia	C211 Material absorbente
	C212 Procedimientos
	C213 Formación
	C214 Meteorología

Tabla 30. Identificación de criterios en el ámbito de Medio Ambiente

5.9 Conclusiones.

Para diseñar el modelo propuesto, tras la revisión del estado del arte y el trabajo desarrollado con el panel de expertos, estudiando las condiciones de cada área se ha considerado que no están relacionadas entre ellas y parten todas del mismo peso para conseguir el objetivo.

En el modelo propuesto hemos establecido un primer nivel de jerarquización, con las cinco áreas. Dentro de cada una tenemos un segundo nivel con un total de 21 criterios distribuidos de la siguiente manera:

- En Maquinaria y Equipos: 5 grupos de criterios.
- En TIC: 5 grupos de criterios.
- En BI: 5 grupos de criterios.
- En Seguridad: 7 grupos de criterios.
- En Medioambiente: 5 grupos de criterios.

Además se ha establecido en ellos otro nivel de jerarquización, excepto para el caso del grupo de criterios relacionados con seguridad donde no hay criterios de nivel inferior. Este nivel queda de la siguiente manera:

- En Maquinaria y Equipos encontramos: 20 criterios.
- En TIC: 19 criterios.
- En BI: 19 criterios.
- En Medioambiente: 23 criterios.

En definitiva se trata de priorizar un total de 88 criterios.

Destacar que el panel de expertos a la hora de definir y concretar los criterios se ha encontrado con grandes dificultades, ya que a priori el planteamiento de los mismos trataba de aplicar a la resolución del problema una visión comercial.

CAPÍTULO 6. Resultados

6.1 Matrices de comparaciones y pesos locales

6.1.1 Estructuración

Después de analizar la información con el panel expertos durante varias sesiones de trabajo, se han establecido tres niveles de jerarquización, con los criterios presentados en el capítulo anterior.

A continuación se presentan las tablas que presentan las comparaciones entre los criterios, así como los pesos locales de cada uno de ellos y la inconsistencia de los juicios emitidos.

6.1.2 Encuestas

Las valoraciones que aparecen en la matriz de comparación se introducen en función de las decisiones tomadas por el panel de expertos.

Para ello se han realizado encuestas comparativas de criterios que permiten comparar pares de criterios, con los valores asignados.

Como ejemplo de este tipo de encuesta se presenta el cuestionario donde se compara los criterios de capacidad en el grupo de maquinaria y equipos.

Compare el criterio Número de carriles puerta, con el criterio Número de grúas puerta, siendo:

A = Número de carriles de puerta

B = Número de grúas puerta

En este caso los expertos han decidido que B es moderadamente más importante que A, por lo que en la matriz de comparación el valor asignado es de 3.

1-¿Qué criterio tiene mayor importancia?

- A
- B
- Igual

2-¿Cuánto más?

- Moderada
- Fuerte
- Muy Fuerte
- Extremo

El resultado de la comparación de A frente a B es 3 siguiendo esta encuesta y la escala de evaluación ya mencionada.

Habiendo introducido toda la información sobre la comparación por pares en el programa Superdecisions se obtienen las prioridades y se revisa la consistencia tal como apreciamos en la captura del software presentando los valores de la siguiente manera:

Comparisons wrt "02 TICS" node in "C6 INFRAESTRUCTURA" cluster
 C62 Exigencia hardware servidores is moderately more important than C61 Flexibilidad Siste

1. C61 Flexibilida~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C62 Exigencia h~
2. C61 Flexibilida~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C63 Exigencia h~
3. C61 Flexibilida~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C64 Flexibilida~
4. C61 Flexibilida~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C65 Rendimiento~
5. C62 Exigencia h~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C63 Exigencia h~
6. C62 Exigencia h~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C64 Flexibilida~
7. C62 Exigencia h~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C65 Rendimiento~
8. C63 Exigencia h~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C64 Flexibilida~
9. C63 Exigencia h~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C65 Rendimiento~
10. C64 Flexibilida~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C65 Rendimiento~

Figura 41. Ejemplo de matriz de comparación del criterio infraestructura en el área de TIC.

6.1.3 Resultados

A continuación se presentan las matrices de comparación obtenidas del panel de expertos, así como la inconsistencia y los pesos locales para cada uno de los criterios. Para el primer nivel, el correspondiente a las cinco áreas, se ha considerado que todos son igual de importantes, por lo que se presentan las tablas para el resto de criterios.

6.1.3.1 Maquinaria y Equipos

Comparativa de la matriz que define la comparativa entre los tipos de criterios de los diversos niveles de Maquinaria y equipos, su inconsistencia y el peso local de cada uno de ellos.

Inconsistencia: 0,0639	CRITERIOS ECONOMICOS	CRITERIOS RENDIMIENTO	CRITERIOS CAPACIDAD	CRITERIOS EXPANSION	CRITERIOS DE FUNCIONALIDAD	PESOS LOCALES
CRITERIOS ECONOMICOS	1	5	7	5	5	0,548043
CRITERIOS DE RENDIMIENTO		1	5	3	1	0,171059
CRITERIOS DE CAPACIDAD			1	1/3	1/3	0,044623
CRITERIOS DE EXPANSION				1	1/3	0,082098
CRITERIOS DE FUNCIONALIDAD					1	0,154176

Tabla 31. Comparativa de criterios de primer nivel de maquinaria y equipos

CRITERIOS ECONOMICOS Inconsistencia: 0,1044	Coste de Automatización	Coste del Suelo	Coste de personal	Coste de mantenimiento	Coste de expansión	Pesos locales
Coste de Automatización	1	1/3	6	1	2	0,199583
Coste del Suelo		1	7	5	7	0,512979
Coste de personal			1	1/2	3	0,076334
Coste de mantenimiento				1	5	0,159529
Coste de expansión					1	0,051575

Tabla 32. Comparativa de criterios económicos de segundo nivel de maquinaria y equipos

CRITERIOS DE RENDIMIENTO Inconsistencia: 0,0956	Paso de contenedores	Tiempo servicio camiones	Utilización puerta	Tasa inactividad equipos	Tiempo permanencia contenedores	Pesos locales
Paso de contenedores	1	1/3	1/5	1/9	1	0,045362
Tiempo servicio camiones		1	1/3	1/9	1	0,074561
Utilización puerta			1	1/9	1	0,135370
Tasa inactividad equipos				1	9	0,670237
Tiempo permanencia contenedores					1	0,074471

Tabla 33. Comparativa de criterios de rendimiento de segundo nivel de maquinaria y equipos

CRITERIOS DE CAPACIDAD Inconsistencia: 0,0454	Capacidad de almacenamiento	Número de carriles de puerta	Número de grúas de puerta	Movimiento contenedores del automatismo	Pesos locales
Capacidad de almacenamiento	1	1/3	1	1/5	0,087095
Número de carriles de puerta		1	3	1/5	0,199668
Número de grúas de puerta			1	1/7	0,078299
Movimiento contenedores del automatismo				1	0,634938

Tabla 34. Comparativa de criterios de capacidad de segundo nivel de maquinaria y equipos

CRITERIOS DE EXPANSION Inconsistencia: 0,0000	Posibilidad de expansión	Complejidad de expansión	Tiempo de expansión	Pesos locales
Posibilidad de expansión	1	9	9	0,818182
Complejidad de expansión		1	1	0,090909
Tiempo de expansión			1	0,090909

Tabla 35. Comparativa de criterios de expansión de segundo nivel de maquinaria y equipos

CRITERIOS DE FUNCIONALIDAD Inconsistencia: 0,0000	Nivel de Automatización	Facilidad de uso	Cambio de escenario	Pesos locales
Nivel de Automatización	1	1/3	1/3	0,142857
Facilidad de uso		1	1	0,428571
Cambio de escenario			1	0,428571

Tabla 36. Comparativa de criterios de funcionalidad de segundo nivel de maquinaria y equipos

6.1.3.2 TICs (Tecnologías de Información y Comunicación)

Comparativa de la matriz que define la comparativa entre los tipos de criterios de los diversos niveles de TICs (Tecnologías de Información y Comunicación), su inconsistencia y el peso local de cada uno de ellos.

Inconsistencia: 0,0495	CRITERIOS INFRAESTRUC.	CRITERIOS CALIDAD	CRITERIOS ADAPTABILIDAD	CRITERIOS ECONOMICOS.	CRITERIOS USABILIDAD	PESOS LOCALES
CRITERIOS INFRAESTRUCTURA	1	1/7	1/3	1/5	1/3	0,04875
CRITERIOS DE CALIDAD		1	3	1/3	3	0,28403
CRITERIOS DE ADAPTABILIDAD			1	1/3	1	0,1196
CRITERIOS ECONOMICOS				1	3	0,42891
CRITERIOS DE USABILIDAD					1	0,11915

Tabla 37. Comparativa de criterios de primer nivel de TIC

CRITERIOS INFRAESTRUCTURA Inconsistencia: 0,0936	Flexibilidad Sistema Operativo	Exigencia hardware servidores	Exigencia hardware clientes	Flexibilidad base de datos	Rendimiento		Pesos locales
					Global		
Flexibilidad Sistema Operativo	1	1/3	1	1/3	1/5		0,067484
Exigencia de hardware servidores		1	3	1/3	1/3		0,148657
Exigencia de hardware clientes			1	1/5	1/3		0,072461
Flexibilidad base de datos				1	1/4		0,254549
Rendimiento Global					1		0,456850

Tabla 38. Comparativa de criterios de infraestructuras de segundo nivel de TIC

CRITERIOS DE ADAPTABILIDAD Inconsistencia: 0,0094	Comunicaciones internas	Comunicaciones externas	Adaptabilidad procesos	Extensiones	Entornos desarrollo	Pesos locales
Comunicaciones internas	1	1/3	1/5	1/5	1/5	0,050510
Comunicaciones externas		1	1/3	1/3	1/3	0,106971
Adaptabilidad procesos			1	1	1	0,280840
Extensiones				1	1	0,280840
Entornos de desarrollo					1	0,280840

Tabla 39. Comparativa de criterios de adaptabilidad de segundo nivel de TIC

CRITERIOS DE CALIDAD Inconsistencia: 0,0000	Compleitud funcional	Robustez	Seguridad	Pesos locales
Compleitud funcional	1	3	3	0,600000
Robustez		1	1	0,200000
Seguridad			1	0,200000

Tabla 40. Comparativa de criterios de calidad de segundo nivel de TIC

CRITERIOS ECONOMICOS Inconsistencia: 0,0000	Costes Licencia	Costes de Implantación	Costes de mantenimiento	Pesos locales
Costes de Licencia	1	1	3	0,428571
Costes de Implantación		1	3	0,428571
Costes de mantenimiento			1	0,142857

Tabla 41. Comparativa de criterios económicos de segundo nivel de TIC

CRITERIOS DE USABILIDAD Inconsistencia: 0,0516	Acceso Web	Interfaces Gráficas	Interfaces no PC	Pesos locales
Acceso Web	1	1/2	3	0,332516
Interfaces Gráficas		1	3	0,527836
Interfaces no PC			1	0,139648

Tabla 42. Comparativa de criterios de usabilidad de segundo nivel de TIC

6.1.3.3 Business Intelligence (BI)

Comparativa de la matriz que define la comparativa entre los tipos de criterios de los diversos niveles de Business Intelligence (BI), su inconsistencia y el peso local de cada uno de ellos.

Inconsistencia: 0,0495	CRITERIOS INFRAESTRUCTURA	CRITERIOS CALIDAD	CRITERIOS ADAPTABILIDAD	CRITERIOS ECONOMICOS	CRITERIOS USABILIDAD	PESOS LOCALES
CRITERIOS INFRAESTRUCTURA	1	1/7	1/3	1/5	1/3	0,04875
CRITERIOS DE CALIDAD		1	3	1/3	3	0,28403
CRITERIOS DE ADAPTABILIDAD			1	1/3	1	0,1196
CRITERIOS ECONOMICOS				1	3	0,42891
CRITERIOS DE USABILIDAD					1	0,11915

Tabla 43. Comparativa de criterios de primer nivel de BI

CRITERIOS INFRAESTRUCTURA Inconsistencia: 0,0433	Flexibilidad Sistema Operativo	Exigencia hardware servidores	Exigencia hardware clientes	Flexibilidad base de datos	Rendimiento Global	Pesos locales
Flexibilidad Sistema Operativo	1	1/3	1	1/5	1/5	0,062699
Exigencia de hardware servidores		1	3	1/5	1/3	0,140469
Exigencia de hardware clientes			1	1/5	1/3	0,070970
Flexibilidad base de datos				1	1	0,403638
Rendimiento Global					1	0,322224

Tabla 44. Comparativa de criterios de infraestructuras de segundo nivel de BI

CRITERIOS DE ADAPTABILIDAD Inconsistencia: 0,0094	Comunicaciones internas	Comunicaciones externas	Adaptabilidad procesos	Extensiones	Entornos desarrollo	Pesos locales
Comunicaciones internas	1	1/3	1/5	1/5	1/5	0,050510
Comunicaciones externas		1	1/3	1/3	1/3	0,106971
Adaptabilidad procesos			1	1	1	0,280840
Extensiones				1	1	0,280840
Entornos de desarrollo					1	0,280840

Tabla 45. Comparativa de criterios de adaptabilidad de segundo nivel de BI

CRITERIOS DE CALIDAD Inconsistencia: 0,0000	Compleitud funcional	Robustez	Seguridad	Pesos locales
Compleitud funcional	1	3	3	0,600000
Robustez		1	1	0,200000
Seguridad			1	0,200000

Tabla 46. Comparativa de calidad de segundo nivel de BI

CRITERIOS ECONOMICOS Inconsistencia: 0,0516	Costes de Licencia	Costes de Implantación	Costes de mantenimiento	Pesos locales
Costes de Licencia	1	1/2	3	0,332516
Costes de Implantación		1	3	0,527836
Costes de mantenimiento			1	0,139648

Tabla 47. Comparativa de criterios económicos de segundo nivel de BI

CRITERIOS DE USABILIDAD Inconsistencia: 0,0516	Acceso Web	Interfaces Gráficas	Interfaces no PC	Pesos locales
Acceso Web	1	1/2	5	0,352189
Interfaces Gráficas		1	5	0,559065
Interfaces no PC			1	0,088746

Tabla 48. Comparativa de criterios de usabilidad de segundo nivel de BI

6.1.3.4 Seguridad y Protección

Comparativa de la matriz que define la comparativa entre los tipos de criterios de los diversos niveles de Seguridad y Protección, su inconsistencia y el peso local de cada uno de ellos.

CRITERIOS DE SEG. Y PROT. Inconsistencia: 0,1007	Peligrosidad sustancias	Cantidad sustancias peligrosas	Distancia a núcleo urbano	Fiabilidad Equipos	Tiempo de evacuación	Densidad de población	Condiciones meteorológicas	Pesos locales
Peligrosidad sustancias	1	3	1/5	5	3	5	7	0,226727
Cantidad sustancias peligrosas		1	1/5	3	2	3	5	0,125440
Distancia a núcleo urbano			1	7	2	3	7	0,387793
Fiabilidad Equipos				1	1/5	1/3	1	0,032065
Tiempo de evacuación					1	3	7	0,130487
Densidad de población						1	5	0,071392
Condiciones meteorológicas							1	0,026096

Tabla 49. Comparativa de criterios de primer nivel de Seguridad y Protección

6.1.3.5 Medio Ambiente

Comparativa de la matriz que define la comparativa entre los tipos de criterios de los diversos niveles de Medio Ambiente, su inconsistencia y el peso local de cada uno de ellos.

Inconsistencia: 0,0283	CRITERIOS UBICACIÓN	CRITERIOS DISEÑO	CRITERIOS GESTION	CRITERIOS CONSTRUCCION	CRITERIOS EMERGENCIAS	PESOS LOCALES
CRITERIOS UBICACIÓN	1	3	5	3	7	0,469097
CRITERIOS DISEÑO		1	3	1	5	0,200993
CRITERIOS GESTION			1	1/3	3	0,086232
CRITERIOS CONSTRUC.				1	5	0,200993
CRITERIOS EME RGENC.					1	0,042685

Tabla 50. Comparativa de criterios de primer nivel de Medio Ambiente

CRITERIOS UBICACIÓN Inconsistencia: 0,1008	Disponibilidad suelo industrial	Inundabilidad	Recursos hídricos en la zona	Previsión impacto acústico	Impacto paisajístico	Pesos locales
Disponibilidad suelo industrial	1	5	5	7	9	0,551585
Inundabilidad		1	1	7	9	0,199314
Recursos hídricos en la zona			1	5	7	0,170465
Previsión impacto acústico				1	3	0,050630
Impacto paisajístico					1	0,028005

Tabla 51. Comparativa de criterios de ubicación de segundo nivel de Medio Ambiente

CRITERIOS DE DISEÑO Inconsistencia: 0,0586	Eficiencia Energética	Sist. Gestión residuos	Protección capa freática	Acondicionamiento zona residuos	Núm. Contenedores por fracción residuos	Pesos locales
Eficiencia Energética	1	3	1/3	3	7	0,262331
Sist. Gestión residuos		1	1/3	1	5	0,125030
Protección capa freática			1	5	7	0,463842
Acondicionamiento zona residuos				1	5	0,113278
Núm. Contenedores por fracción residuos					1	0,035520

Tabla 52. Comparativa de criterios de diseño de segundo nivel de Medio Ambiente

CRITERIOS DE GESTION Inconsistencia: 0,0919	Eficiencia Energética	Minimización de Residuos	Control del transporte de productos	Medidas preventivas contra el ruido	Mantenimiento de la red de aguas	Pesos locales
Eficiencia Energética	1	5	3	3	5	0,469719
Minimización de Residuos		1	1	3	3	0,187766
Control del transporte de productos			1	1	3	0,146509
Medidas preventivas contra el ruido				1	5	0,142976
Mantenimiento de la red de aguas					1	0,053030

Tabla 53. Comparativa de criterios de gestión de segundo nivel de Medio Ambiente

CRITERIOS CONSTRUCCION Inconsistencia: 0,0432	Gestión residuos construcción y demolición	Consumo del agua	Control de máquinas, vehículos e instalaciones	Recuperación capa tierra vegetal	Pesos locales
Gestión residuos construcción. y demolición	1	1/5	3	1	0,168435
Consumo del agua		1	5	3	0,570045
Control de máquinas, vehículos e instalaciones			1	1/3	0,074612
Recuperación capa tierra vegetal				1	0,186909

Tabla 54. Comparativa de criterios de construcción de segundo nivel de Medio Ambiente

CRITERIOS EMERGENC. Inconsistencia: 0,0438	Material absorbente	Procedimiento	Formación	Meteorología	Pesos locales
Material absorbente	1	1/3	1/5	3	0,117504
Procedimientos		1	1/3	5	0,262201
Formación			1	7	0,565009
Meteorología				1	0,055286

Tabla 55. Comparativa de criterios de emergencias de segundo nivel de Medio Ambiente

6.2.2 Tabla comparativa de los pesos globales

criterio	Nombre	Peso global
C163	Distancia a núcleo urbano	0,078
C12	Coste suelo	0,056
C171	Disponibilidad suelo industrial	0,052
C161	Peligrosidad de sustancias peligrosas	0,045
C142	Coste de la implantación (BI)	0,045
C91	Coste de licencias (TIC)	0,037
C92	Coste de la implantación (TIC)	0,037
C71	Compleitud funcional(TIC)	0,034
C121	Compleitud funcional (BI)	0,034
C141	Coste de licencias(BI)	0,029
C165	Tiempo de evacuación	0,026
C162	Cantidad de sustancias peligrosas	0,025
C24	Tasa de inactividad de los equipos	0,023
C202	Consumo del agua	0,023
C11	Coste automatización	0,022
C172	Inundabilidad	0,019
C183	Protección capa freática	0,019
C14	Coste mantenimiento	0,017
C173	Recursos hídricos en la zona	0,016
C166	Densidad de población	0,014
C41	Posibilidad de expansión	0,013
C152	Interfaces gráficas(BI)	0,013
C52	Facilidad de uso	0,013

Criterio	Nombre	Peso global
C53	Cambio de escenario	0,013
C102	Interfaces gráficas(TIC)	0,013
C93	Coste del mantenimiento(TIC)	0,012
C143	Coste del mantenimiento(BI)	0,012
C72	Robustez (TIC)	0,011
C73	Seguridad(TIC)	0,011
C122	Robustez(BI)	0,011
C123	Seguridad(BI)	0,011
C181	Eficiencia Energética(Iluminación natural y aislamiento térmico)	0,011
C151	Acceso Web	0,008
C13	Coste personal	0,008
C191	Eficiencia Energética(Conducción ecoeficiente)	0,008
C101	Acceso web (TIC)	0,008
C204	Recuperación capa tierra vegetal	0,008
C201	Gestión residuos construcción y demolición	0,007
C83	Adaptabilidad procesos (TIC)	0,007
C84	Extensiones(TIC)	0,007
C85	Entornos de desarrollo(TIC)	0,007
C133	Adaptabilidad procesos (BI)	0,007
C134	Extensiones(BI)	0,007
C135	Entornos de desarrollo(BI)	0,007
C164	Fiabilidad de equipos	0,006
C34	Movimiento de contenedores del automatismo	0,006
C15	Coste expansión	0,006
C167	Condiciones meteorológicas	0,005

Criterio	Nombre	Peso global
C182	Implantación de un sistema de recogida y gestión de los residuos	0,005
C213	Capacitación del personal	0,005
C174	Previsión del impacto acústico de la actividad	0,005
C23	Utilización de puerta	0,005
C184	Acondicionamiento zona residuos	0,005
C65	Rendimiento global	0,004
C51	Nivel de automatización	0,004
C114	Flexibilidad base de datos	0,004
C103	Interfaces no PC(TIC)	0,003
C192	Minimización de Residuos	0,003
C115	Rendimiento global	0,003
C203	Control de máquinas, vehículos e instalaciones	0,003
C175	Impacto paisajístico	0,003
C22	Tiempo de servicio de camiones	0,003
C82	Comunicaciones Externas (TIC)	0,003
C132	Comunicaciones Externas(BI)	0,003
C25	Tiempo de permanencia de contenedores	0,003
C193	Control del transporte de productos	0,003
C64	Flexibilidad base de datos	0,002
C194	Medidas preventivas contra el ruido	0,002
C212	Procedimientos	0,002
C153	Interfaces no PC (BI)	0,002
C32	Número de carriles de puerta	0,002
C21	Paso de contenedores	0,002
C42	Complejidad de expansión	0,001

Criterio	Nombre	Peso global
C43	Tiempo de expansión	0,001
C62	Exigencia de hardware servidores	0,001
C185	Núm. Contenedor por fracción residuos	0,001
C112	Exigencia de hardware servidores	0,001
C81	Comunicaciones Internas(TIC)	0,001
C131	Comunicaciones Internas(BI)	0,001
C211	Material absorbente	0,001
C195	Mantenimiento de la red de aguas	0,001
C31	Capacidad de almacenamiento	0,001
C63	Exigencia de hardware clientes	0,001
C33	Numero de grúas de puerta	0,001
C113	Exigencia de hardware clientes	0,001
C61	Flexibilidad sistema operativo(TIC)	0,001
C111	Flexibilidad sistema operativo(BI)	0,001
C214	Meteorología	0,000

Tabla 56. Pesos globales de los 88 criterios a priorizar presentados de mayor a menor.

De estos consideraremos los criterios que representan el 80% del peso global y los representamos en la Figura 46.

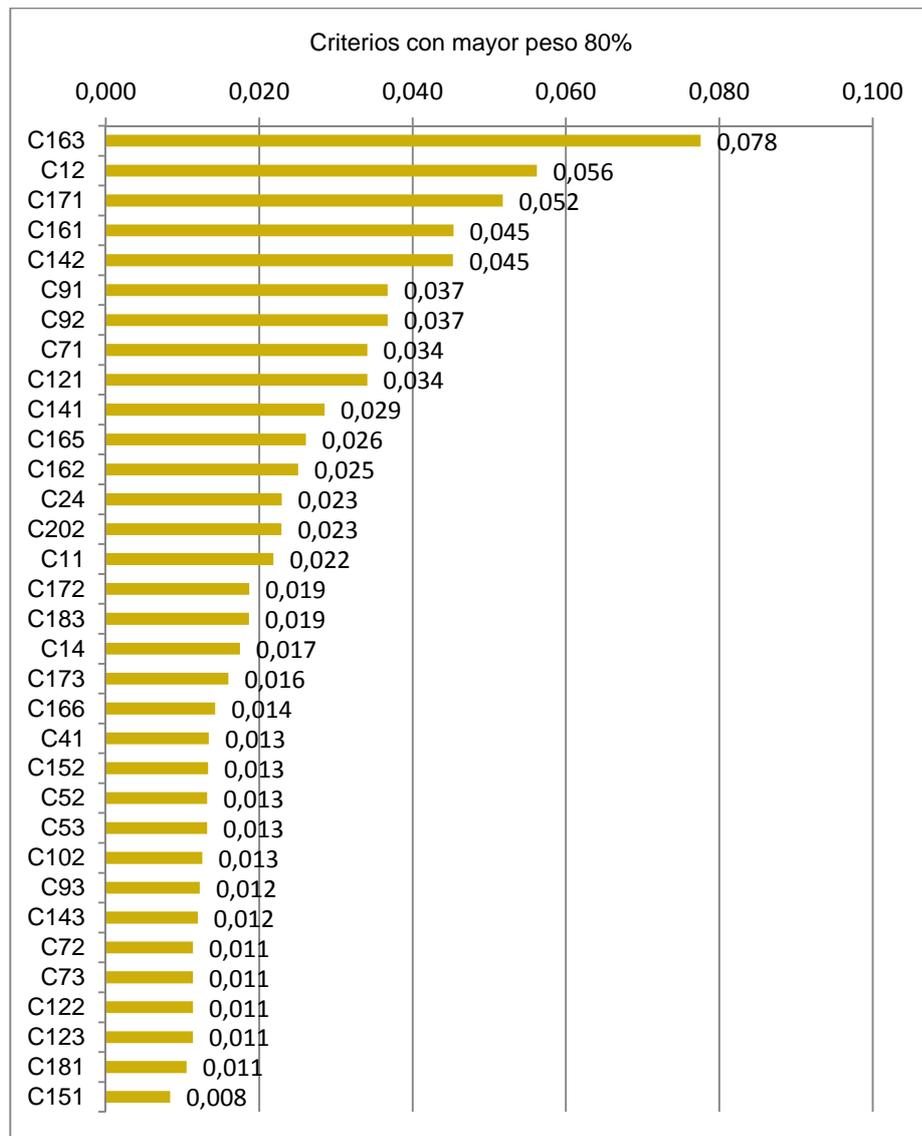


Figura 43. Criterios con mayor peso que representan el 80% del peso global cuando todos los criterios pesan igual.

Cuando todos los grupos pesan igual, con 33 criterios obtenemos el 80% del peso.

En el apartado de conclusiones del capítulo se comenta con más detalle los pesos globales obtenidos.

6.3 Análisis de sensibilidad.

Una de las ventajas importantes que presenta el AHP es la posibilidad de efectuar análisis de sensibilidad, con el objetivo de localizar posibles modificaciones en la ordenación de los diferentes criterios ante variaciones en los pesos relativos de los mismos. La utilización del “Superdecisions” en la resolución del problema de decisión nos permite realizar este tipo de análisis de una forma sencilla y fácil de interpretar recurriendo a la representación gráfica del problema.

En los resultados presentados en el apartado anterior, los pesos de los criterios de primer nivel que se corresponden con las cinco áreas planteadas en la tesis, se han considerado igual de importantes. Todos ellos tenían un peso del 20%.

Para el análisis de sensibilidad, se ha planteado ¿cómo cambian los pesos de los criterios si cada bloque aumenta su peso en un 50%? Es decir pasando del 20% al 30%. El resto de criterios de primer nivel mantendrán el 70% restante, repartiendo la prioridad por igual, por lo que bajan su peso local al 17,5%.

Para cada cambio se va a representar los criterios con mayor peso que representan el 80% del peso global cuando todos los criterios pesan igual. Los resultados obtenidos han sido:

En el caso de que Maquinaria y Equipos pese más (un 30%) necesitamos también 33 criterios para obtener un 80% del peso total:

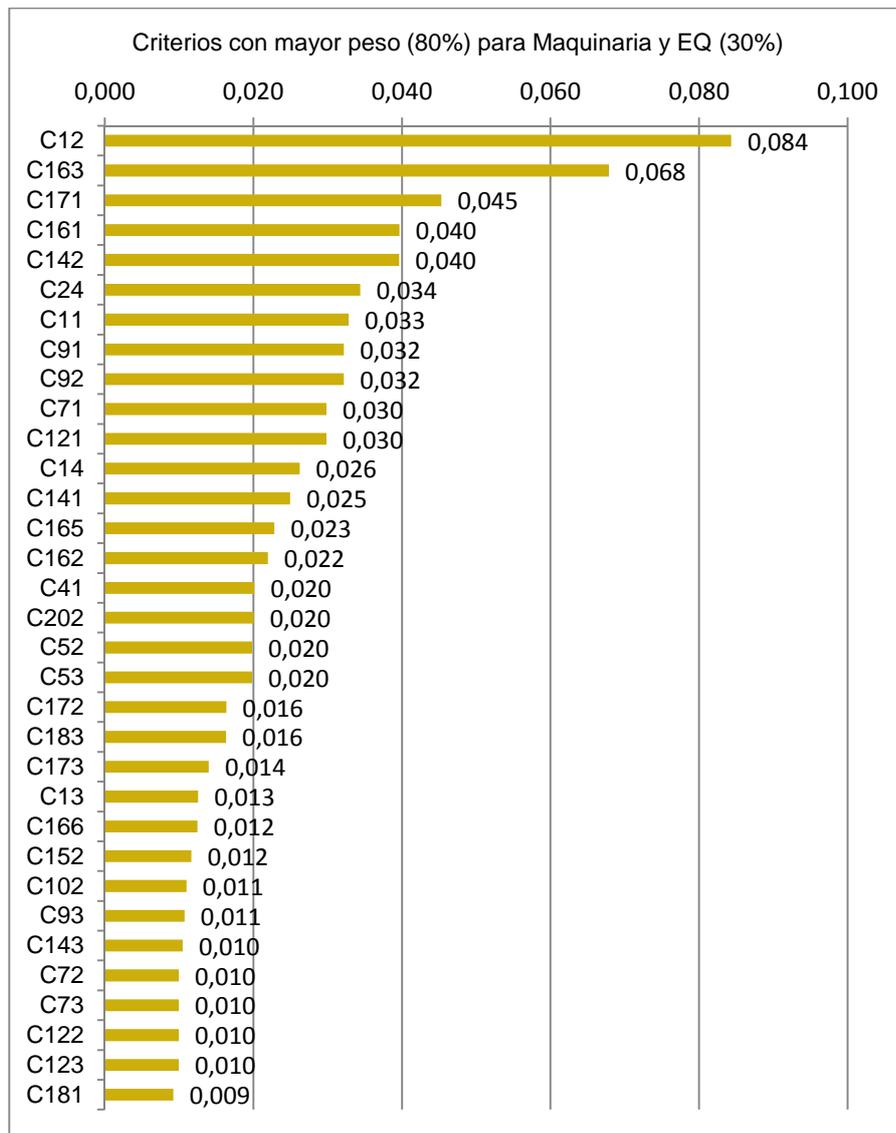


Figura 44. Criterios con mayor peso que representan un 80% del peso total cuándo Maquinaria y equipos tiene más peso (el 30%)

En el caso de que TIC pese más (un 30%) necesitamos también 33 criterios para obtener un 80% del peso total:

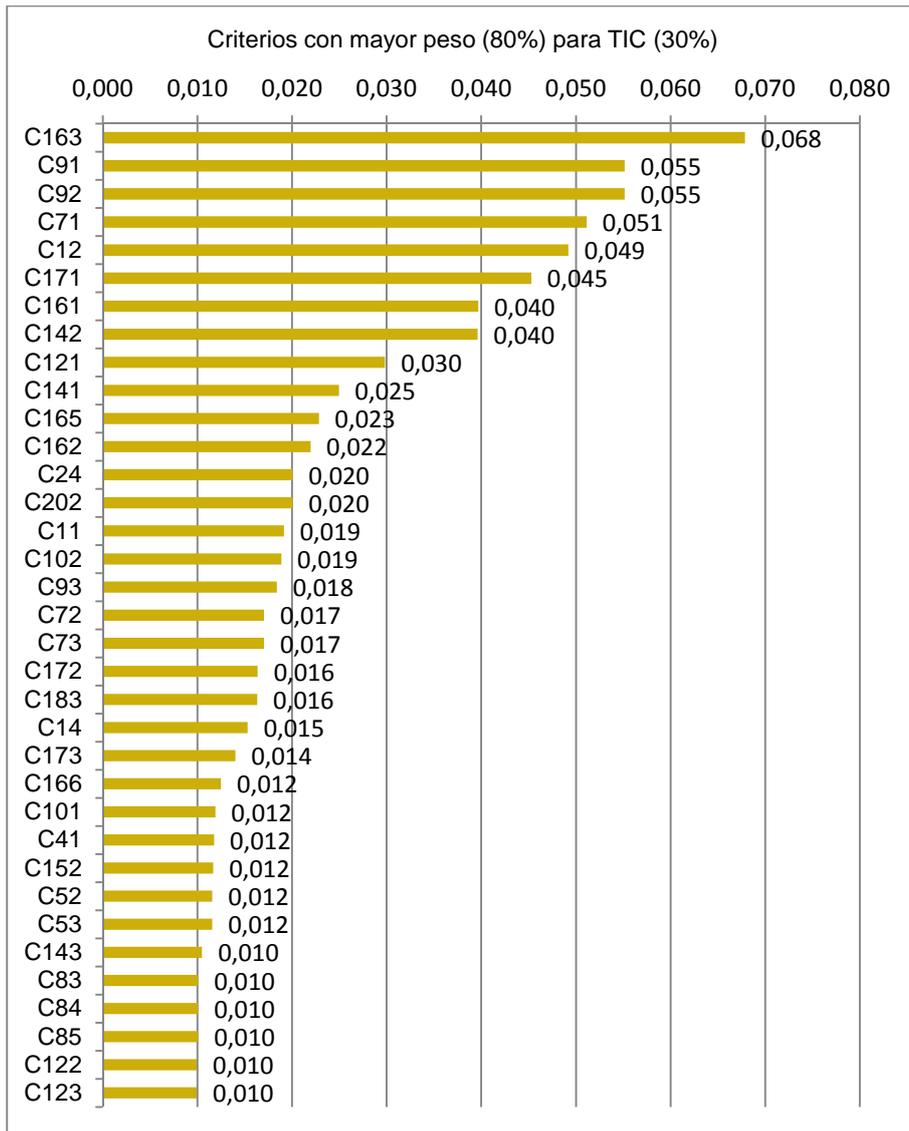


Figura 45. Criterios con mayor peso que representan un 80% del peso total cuando el grupo de TIC tiene más peso (el 30%)

En el caso de que BI pese más (un 30%) necesitamos también 33 criterios para obtener un 80% del peso total:

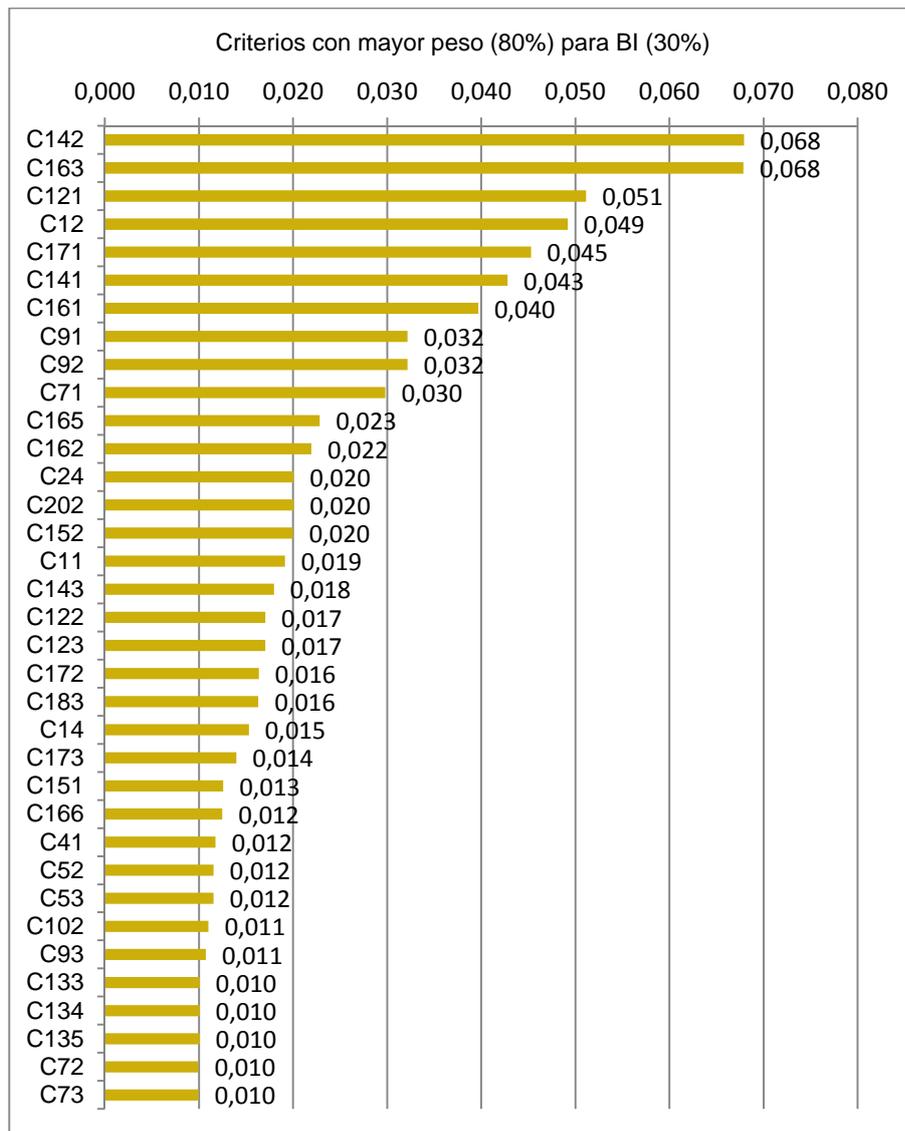


Figura 46. Criterios con mayor peso que representan un 80% del peso total cuando BI tiene más peso (el 30%)

En el caso de que Seguridad y Protección pese más (un 30%) necesitamos 31 criterios para representar un 80% del peso total:

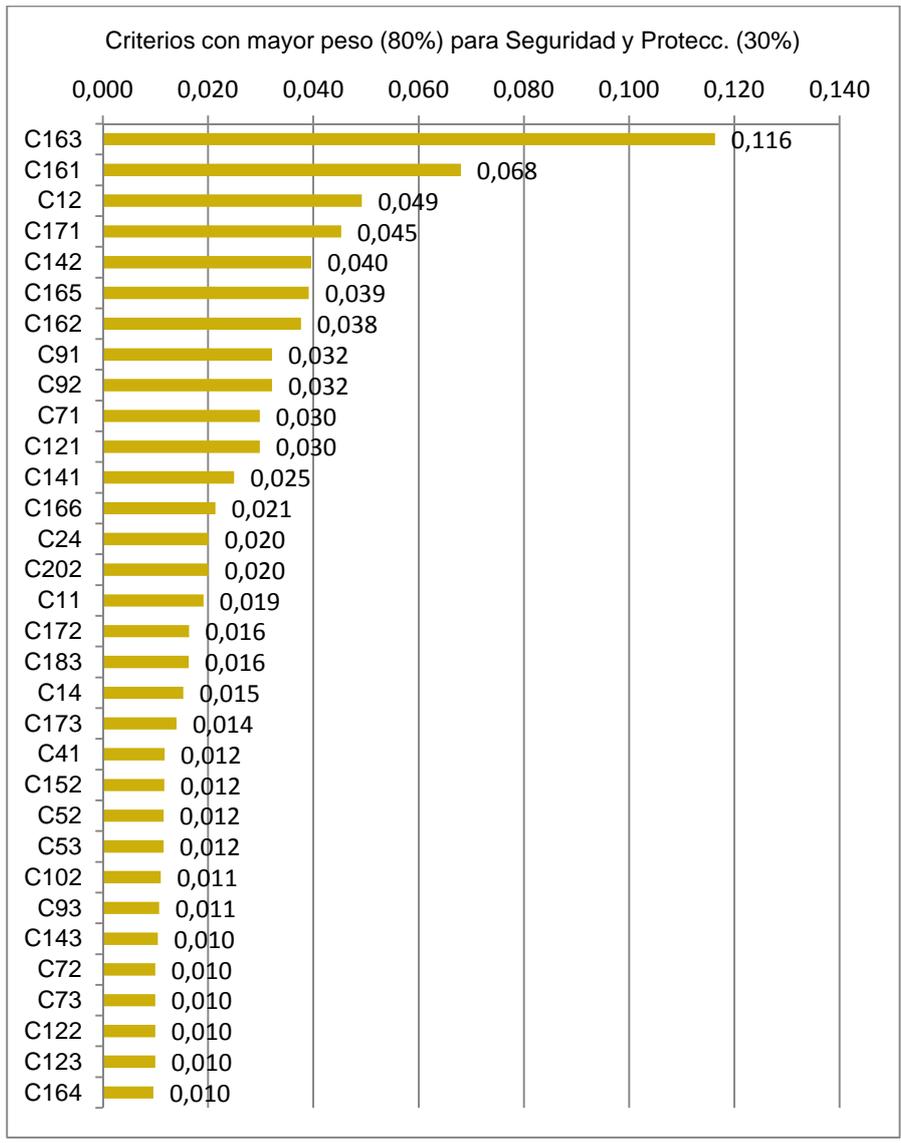


Figura 47. Criterios con mayor peso que representan un 80% del peso total cuando Seguridad y Protección tiene más peso (el 30%)

En el caso de que Medio Ambiente pese más (un 30%) necesitamos 34 criterios para obtener un 80% del peso total.

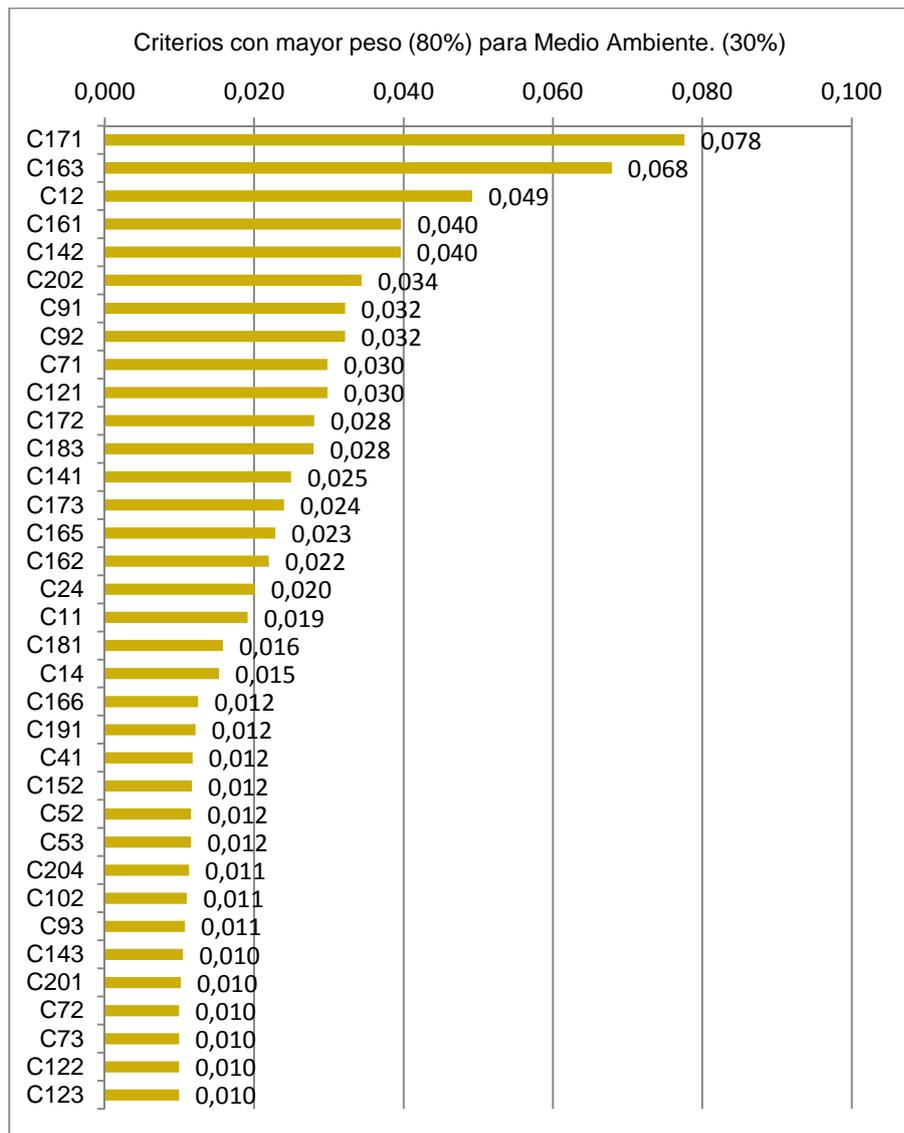


Figura 48. Criterios con mayor peso que representan un 80% del peso total cuando el grupo Medio Ambiente tiene más peso (el 30%)

Si nos fijamos en los 10 criterios de más peso en cada uno de los casos anteriormente descritos, los resultados del análisis multicriterio muestran que los criterios más importantes que deben de intervenir en el diseño de la terminal de contenedores de sustancias peligrosas son los siguientes:

Criterio	Peso global
C163 Distancia al núcleo urbano (S y P)	0,078
C12 Coste suelo (M y E)	0,056
C171 Disponibilidad suelo industrial (MA)	0,052
C161 Peligrosidad de las sustancias peligrosas (S y P)	0,045
C142 Coste de la implantación (criterios económicos BI)	0,045
C91 Coste de las licencias (TIC)	0,037
C92 Coste de la implantación (TIC)	0,037
C71 Completitud funcional (TIC)	0,034
C121 Completitud funcional (BI)	0,034
C141 Costes de las licencias (BI)	0,029

Tabla 57. Criterios con mayores pesos globales cuando todos los grupos tienen el mismo peso

Criterio	Peso global
C12 Coste suelo (M y E)	0,084
C163 Distancia al núcleo urbano (S y P)	0,068
C171 Disponibilidad suelo industrial (MA)	0,045
C161 Peligrosidad de las sustancias peligrosas (S y P)	0,040
C142 Coste de la implantación (criterios económicos BI)	0,040
C24 Tasa de inactividad de los equipos (M y E)	0,034
C11 Coste de automatización (M y E)	0,033
C91 Coste de las licencias (TIC)	0,032

C92 Coste de la implantación (TIC)	0,032
C71 Completitud funcional (TIC)	0,030

Tabla 58. Los 10 Criterios con mayores pesos globales cuando Maquinaria y Equipos pesa más

Criterio	Peso global
C163 Distancia al núcleo urbano (S y P)	0,068
C91 Coste de las licencias (TIC)	0,055
C92 Coste de la implantación (TIC)	0,055
C71 Completitud funcional (TIC)	0,051
C12 Coste suelo (M y E)	0,049
C171 Disponibilidad suelo industrial (MA)	0,045
C161 Peligrosidad de las sustancias peligrosas (S y P)	0,040
C142 Coste de la implantación (criterios económicos BI)	0,040
C121 Completitud funcional (BI)	0,030
C141 Costes de las licencias (BI)	0,025

Tabla 59. Los 10 Criterios con mayores pesos globales cuando TIC tiene mayor peso

Criterio	Peso global
C142 Coste de la implantación (criterios económicos BI)	0,068
C163 Distancia al núcleo urbano (S y P)	0,068
C121 Completitud funcional (BI)	0,051
C12 Coste suelo (M y E)	0,049
C171 Disponibilidad suelo industrial (MA)	0,045
C141 Costes de las licencias (BI)	0,043
C161 Peligrosidad de las sustancias peligrosas (S y P)	0,040
C91 Coste de las licencias (TIC)	0,032

C92 Coste de la implantación (TIC)	0,032
C71 Completitud funcional (TIC)	0,030

Tabla 60. Los 10 Criterios con mayores pesos globales cuando BI pesa más

Criterio	Peso global
C163 Distancia al núcleo urbano (S y P)	0,116
C161 Peligrosidad de las sustancias peligrosas (S y P)	0,068
C12 Coste suelo (M y E)	0,049
C171 Disponibilidad suelo industrial (MA)	0,045
C142 Coste de la implantación (criterios económicos BI)	0,040
C165 Tiempo de evacuación (S y P)	0,039
C162 Cantidad de sustancias peligrosas (S y P)	0,038
C91 Coste de las licencias (TIC)	0,032
C92 Coste de la implantación (TIC)	0,032
C71 Completitud funcional (TIC)	0,030

Tabla 61. Los 10 Criterios con mayores pesos globales cuando Seguridad y Protección pesa más

Criterio	Peso global
C171 Disponibilidad suelo industrial (MA)	0,078
C163 Distancia al núcleo urbano (S y P)	0,068
C12 Coste suelo (M y E)	0,049
C161 Peligrosidad de las sustancias peligrosas (S y P)	0,040
C142 Coste de la implantación (criterios económicos BI)	0,040
C202 Consumo de agua (MA)	0,034
C91 Coste de las licencias (TIC)	0,032

C92 Coste de la implantación (TIC)	0,032
C71 Completitud funcional (TIC)	0,030
C121 Completitud funcional (BI)	0,030

Tabla 62. Los 10 Criterios con mayores pesos globales cuando Medio Ambiente pesa más que los otros grupos

A continuación se presenta una tabla con un resumen de estos resultados ordenados de mayor a menor peso donde se puede observar la repetición de los criterios en cada una de las columnas de la matriz:

Todos pesan igual	M y E (30%)	TIC (30%)	BI (30%)	S y P (30%)	M A (30%)
C163	C12	C163	C12	C163	C171
C12	C163	C91	C163	C161	C163
C171	C171	C92	C171	C12	C12
C161	C161	C71	C161	C171	C161
C142	C142	C12	C142	C142	C142
C91	C24	C171	C24	C165	C202
C92	C11	C161	C11	C162	C91
C71	C91	C142	C91	C91	C92
C121	C92	C121	C92	C92	C71
C141	C71	C141	C71	C71	C121
C165	C121	C165	C121	C121	C172
C162	C14	C162	C14	C141	C183
C24	C141	C24	C141	C166	C141
C202	C165	C202	C165	C24	C173
C11	C162	C11	C162	C202	C165

Todos pesan igual	M y E (30%)	TIC (30%)	BI (30%)	S y P (30%)	M A (30%)
C172	C41	C102	C41	C11	C162
C183	C202	C93	C202	C172	C24
C14	C52	C72	C52	C183	C11
C173	C53	C73	C53	C14	C181
C166	C172	C172	C172	C173	C14
C41	C183	C183	C183	C41	C166
C152	C173	C14	C173	C152	C191
C52	C13	C173	C13	C52	C41
C53	C166	C166	C166	C53	C152
C102	C152	C101	C152	C102	C52
C93	C102	C41	C102	C93	C53
C143	C93	C152	C93	C143	C204
C72	C143	C52	C143	C72	C102
C73	C72	C53	C72	C73	C93
C122	C73	C143	C73	C122	C143
C123	C122	C83	C122	C123	C201
C181	C123	C84	C123		C72
C151	C181	C85	C181		C73
					C122

Tabla 63. Criterios con más peso obtenido del análisis de sensibilidad

Analizando los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad vemos que es un modelo robusto y fiable. Prácticamente los criterios que dan lugar al 80% del peso son los mismos aunque cambiemos los pesos de los grupos (análisis de sensibilidad).

6.4 Conclusiones

Analizando los resultados anteriores, podemos concluir lo siguiente:

- En primer lugar destacamos el criterio C163 (Distancia al núcleo urbano) perteneciente al área de Seguridad y Protección, es el número de km. que existe desde la terminal hasta el núcleo más cercano; éste criterio se justifica porque la toxicidad, radiación térmica y ondas de presión producidas en los accidentes en los que intervienen sustancias peligrosas pueden alcanzar zonas muy extensas desde el foco iniciador del suceso. Si no se considera una distancia de seguridad al núcleo urbano, la probabilidad de muerte y las fracciones de población que quedarían afectadas podrían ser mucho mayores.

En esta investigación, es clave este criterio puesto que en el diseño de una terminal convencional donde no se almacenaran contenedores de mercancías peligrosas, no se tendría en cuenta, por lo tanto es muy razonable que tenga el mayor peso y que sea el primero.

- En segundo lugar el criterio C12 (Coste del suelo) del área de Máquinas y Equipos) .Este es el criterio que tiene que ver con todo lo relativo al precio del suelo. Es un criterio importante ya que dependiendo de la elección pueden ser necesarias urbanizaciones de zonas rurales que pueden influir en el coste final. Para cuantificar este criterio a la hora de tomar una decisión se utilizarán como indicadores: Euros / m². Éste criterio está relacionado con las máquinas que se instalan en la terminal porque en función de su tipología se definirá un layout con unos requerimientos de superficie y unas alturas de apilamiento. Por tanto es razonable tenerlo en cuenta en el diseño de la terminal.

- En tercer lugar el criterio C171 (Disponibilidad de suelo Industrial sin necesidad de recalificar terreno con valor rústico) del área Medio Ambiente. Este criterio ambiental, se considera el más beneficioso para el propio promotor del proyecto, así como para la promoción de un planeamiento urbanístico sostenible en el municipio donde se vaya a ubicar la nueva actividad. Por ello, resulta de relevancia la elección de este criterio para obtener la mejor opción en cuanto a la ubicación de la terminal sin dañar zonas rurales y protegidas; por lo que el panel de expertos considera razonable tener en cuenta la ubicación de la terminal respetando exigencias ambientales.
- En cuarto lugar el criterio C161 (Peligrosidad de las sustancias peligrosas) del área de Seguridad y Protección. Este criterio se considera importante porque las sustancias de peligrosidad muy alta pueden provocar daños considerables sobre las personas, los animales y al medioambiente. Por ello, las instalaciones de más riesgo, serán aquellas que tienen sustancias con mayor peligrosidad. El panel de expertos considera razonable su posicionamiento en el cuarto lugar para tenerlo en cuenta en el diseño de la terminal interior de mercancías peligrosas.
- A partir del quinto lugar aparecen los criterios pertenecientes a las áreas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) y Bussiness Intelligence (BI), para posicionarse en los puestos del sexto al décimo lugar del siguiente modo:
- En quinto lugar el criterio C142 (Coste de la implantación) que pertenece a los criterios económicos del área de BI es el coste del proyecto de implantación/adaptación del producto a las necesidades concretas de la terminal. Incluyendo horas internas dedicadas y horas de consultoría/desarrollo externas. El panel de expertos considera razonable que los costes de la implantación de un software de la familia BI sea más importante que los costes de la implantación del software

operativo del área TIC, ya que a priori son módulos más específicos y concretos que requieren más horas de implantación en la terminal que los de TIC.

- En sexto lugar el criterio C91 (Coste de las licencias) del área de (TIC), es el coste de licencias de software base y de mantenimiento anual de esas licencias.
- En séptimo lugar el criterio C92 (Coste de la implantación) que pertenece a los criterios económicos del área de (TIC), es el coste del proyecto de implantación/adaptación del producto a las necesidades concretas de la terminal. Incluyendo horas internas dedicadas y horas de consultoría/desarrollo externas.

Los criterios C91 y C92 ocupan el sexto y séptimo lugar respectivamente con el mismo peso, lo que parece razonable desde la perspectiva del panel de expertos.

- En octavo lugar el criterio C71 (Complejidad funcional) del área de TIC, que define el Nivel de complejidad funcional del software, entendiendo por tal la existencia y profundidad funcional de algunos módulos considerados importantes para un software de su categoría, en el caso del Sistema Operativo (Gestión de ubicaciones, de almacenes, de equipos y maquinaria, simulaciones, alarmas operacionales...)
- En noveno lugar el criterio C121 (Complejidad funcional) del área de BI. definido como el Nivel de complejidad funcional del software, entendiendo por tal la existencia y profundidad funcional de algunos módulos considerados importantes para un software de su categoría, entendiendo como tal (Carga de datos de cualquier origen, cuadros de mando interactivos, planificación de escenarios sistema de envíos automáticos).
- Los criterios C71 y C121 tienen el mismo peso, parece

razonable que sean igual de importantes a la hora de considerar la puesta en marcha de la terminal.

- En décimo lugar el criterio C141 (Coste de las licencias) del área de BI, se trata del coste de licencias de software base y de mantenimiento anual de esas licencias, el panel de expertos considera que estos costes son los menos importantes.

En definitiva, en una terminal interior de contenedores con sustancias peligrosas, los criterios de seguridad de distancia al núcleo urbano y la peligrosidad de las mercancías, los económicos a través del coste de suelo y los medioambientales a través de la utilización de suelo industrial frente al rústico, son los criterios prioritarios en el proceso de toma de decisión en el diseño de dicha terminal. No obstante, tras estos criterios extremadamente relevantes según demuestra los resultados del método AHP, aparecen con fuerza los criterios relacionados con los sistemas informáticos y el procesamiento de la información a través de los sistemas BI (Business Intelligence). Estos criterios ocupan la mitad del ranking de los 10 criterios más importantes en el proceso de diseño de la terminal.

Entre estos criterios TICs y BI cabe resaltar los costes de implantación de estos sistemas y los costes de licencias como aquellos factores que más preocupan a los gestores de una terminal interior de contenedores.

Lo interesante de estos resultados es el análisis holístico que se ha llevado a cabo considerando todos los puntos de vista que pueden influir en el proceso de toma de decisión del diseño de una terminal. El panel de expertos lo formaban personal técnico relacionado exclusivamente con los aspectos operacionales y económicos de máquinas y equipos, expertos en el ámbito de la seguridad y la protección, expertos en el ámbito medio ambiental y expertos en TICs y BI.

De ahí la importancia de este análisis holístico que el estudio del estado del arte, ha demostrado no haberse realizado previamente en terminales interiores de contenedores con mercancías peligrosas.

El análisis de sensibilidad ha demostrado la robustez del sistema frente a la variación de los pesos en los bloques de criterios. Esto significa que los resultados seguirían siendo los mismos frente a cambios en la opinión del panel de expertos.

CAPÍTULO 7. Conclusiones y Desarrollos futuros

Las perspectivas de las terminales interiores son muy positivas dado el aumento del tráfico de exportaciones e importaciones y las congestiones que sufren los puertos.

Los grandes mercados continentales, como Norteamérica y Europa, cuentan con una red de terminales de satélite y de centros de carga, como una estructura fundamental para apoyar los movimientos de mercancías del interior.

Esto ha supuesto una forma ampliada de la gestión de la cadena de suministro en el cual las terminales terrestres desempeñan un papel activo.

A medida que aumenta la congestión, las terminales interiores serán aún más importantes en el mantenimiento de las cadenas de productos eficientes.

Se puede esperar también que los recursos tengan un papel más importante dentro del comercio de contenedores a través de terminales terrestres, destacando una vez más las características regionales únicas.

Esto implica un conjunto de estrategias de reposicionamiento donde las terminales terrestres juegan un papel fundamental, bien para mejorar la eficiencia de este reposicionamiento, ofreciendo oportunidades de lograr una mejor rotación de la carga, o actuando como un agente que pueda ayudar a promover las exportaciones en contenedores.

Los puertos interiores y terminales de interiores tomarán parte en la integración intermodal en curso entre los puertos y sus zonas de influencia, a través de ferrocarril de larga distancia y corredores de barcos.

Es probable que sean los elementos más importantes dentro de las

cadenas de suministro, especialmente por la función de amortiguación que tienen en los envíos de contenedores, que pueden ser almacenados a bajo precio, en espera de ser enviados a sus destinos finales.

Dado el interés creciente del tema y la falta de estudios generales que abarcan todos los criterios relacionados con la problemática de priorización de criterios para una terminal de mercancías peligrosas decidimos iniciar una investigación que da respuesta a esta situación.

Resolviendo así, por un lado, las necesidades de un cliente y, por otro, las necesidades de la sociedad y de los expertos que trabajen en áreas relacionadas.

En esta tesis vamos a realizar un análisis y una síntesis para priorizar los criterios para la optimización del diseño, construcción y gestión de una terminal de contenedores de sustancias químicas peligrosas aplicando el método analítico jerárquico AHP.

Para ello las etapas que hemos realizado han sido:

- Análisis, planteando el proyecto y los pasos a seguir así como definiendo los criterios. Este se presenta en los (capítulos 2 , 3 y 4)
- Síntesis, hemos desarrollado el modelo y priorizado los criterios (capítulos 5 y 6)
- Evaluación de los resultados y análisis de los puntos clave a considerar para el óptimo aprovechamiento (capítulo 7)

Durante el estudio del estado del arte (Capítulo 3) se ha visto que la mayoría de las publicaciones que encontramos en este campo presentan un enfoque concreto, diferente al presentado en esta tesis ya que suelen tratar o resolver problemas más concretos (considerando sólo unos criterios) o revisan casos particulares de terminales en puertos o en interior ya establecidas y estudian casos de éxitos o situaciones a mejorar, obteniendo lecciones aprendidas

de lo mismo.

Tras un estudio inicial se detectaron cinco jerarquías o puntos claves a considerar para el diseño de una terminal:

- Maquinaria y Equipos
- Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs)
- Bussiness Intelligence (BI)
- Seguridad y Protección
- Medio Ambiente

Los criterios identificados en las áreas de las TICs y el BI son los mismos, pero su ponderación es diferente en cada caso.

La mayoría de las publicaciones no considera los factores de seguridad. Dado que nuestro estudio trata de los criterios de diseño de una terminal de mercancías peligrosas se ha incluido esta área.

En el (Capítulo 4) se ha complementado el estado del arte realizando un análisis, con un panel de expertos, de las características que deben cumplir las terminales desde el punto de vista de los principales grupos a jerarquizar: maquinaria y equipos, BI, TICs; seguridad y protección y medioambiente.

Para lograrlo se han coordinado: entrevistas telefónicas, reuniones de trabajo, visitas a instalaciones y entrevistas personales con miembros del panel de expertos y con otros expertos en el tema.

Para establecer los criterios (Capítulo 5) se han encontrado grandes dificultades. Lo más difícil ha sido llegar al nivel de concreción de la definición de cada criterio, porque las personas y empresas del panel de expertos tienen una visión muy comercial del sistema.

Después de las reuniones del panel de expertos y del trabajo con las condiciones a tener en cuenta para lograr el objetivo último se ha decidido que las cinco categorías iniciales (que provienen del estudio

del estado del arte) no están relacionadas entre ellas y tienen todas el mismo peso.

La herramienta de análisis multicriterio de decisiones AHP (Analytic Hierarchy Process), ha sido muy útil para gestionar toda la información sobre los criterios.

En el modelo jerárquico propuesto se han distribuido un total de 88 criterios de último nivel, distribuidos de la siguiente manera:

- En Maquinaria y Equipos 5 criterios de segundo nivel y 20 criterios finales.
- En TIC 5 criterios de segundo nivel y 19 criterios finales.
- En Seguridad 7 criterios finales.
- En BI 5 criterios de segundo nivel y 19 criterios finales.
- En Medioambiente 5 criterios de segundo nivel y 23 criterios finales.

Los resultados del análisis multicriterio muestran que para el diseño de una terminal de contenedores de sustancias peligrosas los criterios más importantes a tener en cuenta son:

Código	Criterio
C163	Distancia al núcleo urbano (S y P)
C12	Coste del suelo (M.E)
C171	Disponibilidad suelo industrial (M.A.)
C161	Peligrosidad de las sustancias peligrosas (S y P)
C142	Coste de la implantación (criterios económicos BI)
C91	Coste de las licencias (TIC)
C92	Coste de la implantación (TIC)
C71	Complejidad funcional (TIC)
C121	Complejidad funcional (BI)
C141	Costes de las licencias (BI)

Tabla 64. Códigos de los 10 criterios con mayor peso y su significado.

Con el análisis de sensibilidad se ha comprobado que el resultado del modelo es robusto y fiable, prácticamente los criterios que dan lugar al 80% del peso son los mismos aunque cambiemos los pesos de los grupo.

En el caso de los 10 criterios con mayor peso sólo se observa algún cambio en el orden cuando asignamos más peso al campo de maquinaria y equipos y en el caso de medio ambiente.

El panel de expertos ha revisado los resultados y los encuentran razonables. En los cinco criterios más importantes aparece al menos uno de cada uno de los principales grupos.

Los resultados obtenidos en esta tesis contribuyen a priorizar los criterios necesarios para el diseño de una terminal de mercancías peligrosas y aportan valor añadido a toda la cadena logística de suministro de mercancías peligrosas, tanto en el sector público como en el privado interesados en conocer las estrategias de desarrollo de terminales.

Esta tesis contribuye al estado actual de conocimiento, ya que presenta un completo análisis de criterios de diseño básico de una terminal de contenedores de sustancias químicas peligrosas aplicando el proceso analítico jerárquico (AHP); mejorando por lo tanto, el proceso de diseño.

Se abre así una línea de investigación muy interesante en el ámbito del transporte y la logística desde el punto de vista de la teoría de decisión multicriterio.

En próximos trabajos se aplicará el método ANP para la selección de una terminal de mercancías peligrosas, también se podrá evaluar convenientemente las alternativas existentes para las dos aplicaciones TIC clave (Operacional/Operativo e Información/Business Intelligence) de forma que el sistema global de tecnologías de la información resultante sea el mejor para las necesidades de una terminal con estas características.

También se podrán plantear diferentes alternativas para cada una de nuestras áreas de estudio, desplegando así un gran abanico de posibilidades en el re-diseño de las terminales interiores de mercancías peligrosas.

La etapa de divulgación y difusión del trabajo se abordará en una fase posterior a través de artículos en revista científica, así como en la participación de Congresos de transporte que aborden temáticas de ésta índole.

La investigación realizada está alineada con las necesidades europeas planteadas en programas como el Horizon 2020 – Work Programme Transport 2016-2017 (Smart, green and integrated transports) donde se define el tópico MG-7-2-2017- Optimisation of transport infrastructures including terminals, donde los métodos de re-diseño y la re-ingeniería se deberán de adaptar a las nuevas necesidades y asegurar mayor eficiencia, así como los métodos de diseño y construcción innovadores deberán ser amigables con respecto el medio ambiente, con costes bajos de mantenimiento, modelos flexibles y modulares entre otros.

Por lo tanto, nuestra investigación se podría tipificar en alguna de estas líneas para conseguir objetivos mayores.

Por último, destacar el buen trabajo realizado en equipo desde todas las instituciones públicas y privadas intervinientes en el proyecto (universidad, centros tecnológicos y empresas) aportando cada una de ellas su conocimiento técnico y científico en la resolución de la tesis planteada, existiendo realimentación (*feed-back*) entre ellos y en cada una de las etapas de la tesis.

CAPÍTULO 8. Referencias

Alessandri, a et al., 2008. Modeling and Feedback Control for Resource Allocation and Performance Analysis in Container Terminals. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactionson*, 9(4), pp.601–614.

Al-Harbi, K.M. a S., 2001. Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), pp.19–27.

Ballis, A. &Golias, J., 2002. Comparative evaluation of existing and innovative rail-road freight transport terminals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36, pp.593–611.

Basket al., 2014. Development of seaport–dry port dyads: two cases from Northern Europe. *Journal of Transport Geography*, 39, pp.85–95. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966692314001288>.

Beresford, A. et al, 2012. A study of dry port development in China. *Maritime Economics & Logistics*, 14 (1) pp. 73–98

Bergqvist, R., Falkemark, G. &Woxenius, J., 2010. Establishing intermodal terminals. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 3(3), p.285. Available at:
<http://www.inderscience.com/link.php?id=34667>.

Bostel N. & Dejax P., 1998. Models and Algorithms for container allocation problems on trains in a rapid transshipment shunting yard. *Transportation Science*. 32 (4) pp. 370-379

Bruzzone A. & Signorile R., 1998. Simulation and genetic algorithms for ship planning and shipyard layout. *Simulation*, 71 (2) pp. 74–83

CEFIC (European Chemical Industry Council)
<http://www.cefic.org/Facts-and-Figures/> [Consulta: 10 de Agosto de 2015]

Chen, C.Y. et al, 2000. A time–space network model for the space resource allocation problem in container marine transportation. *In: Proceedings of the 17th International Symposium on Mathematical Programming, Atlanta.*

Cheung, R. & Chen C-Y, 1998. A two-stage stochastic network model and solution methods for the dynamic empty container allocation problem. *Transportation Science*. Vol.32. No. 2, pp. 142-162

COPITRANS <http://www.copitrans.com/index.html> [consulta: 10 de Julio de 2015]

Cullinane, K. et al., 2006. The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(4), pp.354–374. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856405001072>.

Ebru V. Ocalir-Akunal 2015. In book: *Using Decision Support Systems for Transportation Planning Efficiency*, Chapter: 15, Publisher: IGI Global, Editors: Ebru Ocalir-Akunal, pp 394-415 DOI: 10.4018/978-1-4666-8648-9.ch015.

European Intermodal Research Advisory Council (2010): *The next EIRAC Strategic Agenda 2010–2030*, Genoa.

European Transport and Mobility,
http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/cargo_securing_loads/index_en.htm [Consultada el 30 de Septiembre].

EUROSTATS http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics (Consulta 21 de Agosto)

EUROSTATS <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-pocketbooks/-/KS-DK-13-001> [Consulta: 10 de Septiembre de 2015]

Filbrandt, U. 2008 .Sustainable port development container terminals in Bremerhaven. *Proceedings of the Chinese-German joint symposium on hydraulic and ocean engineering* pp. 299-303 Edited by: Zanke, U; Roland, A; Saenger, N; Wiesemann, JU; Dahlem, G

Flämig Y & Hesse M., 2011. Port regionalization as a planning challenge – the case of Hamburg, Germany, and the Süderelbe. *Research in Transportation Economics*, 33 (1) pp 42–50

Gamal Abd El-Nasser A.& Said El-Sayed M. El-Horbaty, 2015 A Simulation Modeling Approach for Optimization of Storage Space Allocation in Container Terminal *International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering*, 9, (1) pp. 168-173

Gambardella, L.M. et al., 2001. An optimization methodology for intermodal terminal management. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 12(5-6), pp.521–534.

Golbabaie, S.R. et al, 2010. Multi-criteria evaluation of stacking yard configuration, *Journal of King Saud University - Science*, 24, (1) pp 39-46

Hanaoka, S. & Regmi, M.B., 2011. Promoting intermodal freight transport through the development of dry ports in Asia: An environmental perspective. *IATSS Research*, 35(1), pp.16–23. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2011.06.001>.

Harris, G. et al., 2009. Resources to Minimize Disruption Caused by Increased Security Inspection of Containers at an Intermodal

Terminal. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2097, pp.109–116. Available at: <http://trrjournalonline.trb.org/doi/10.3141/2097-13>.

Huang, W.C. et al, 1999. Integration of the AHP and SWOT Analysis for Port Competition Evaluation in the Eastern Asian Region, *Proceedings of the Fifth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Kobe, Japan

Huang, W.C. et al, 2003. Port Competitiveness Evaluation by Fuzzy Multicriteria Grade Classification Model, *J. Mar. Sci. Technol.*, Vol. 11, No. 1, pp. 53-60.

Iris F.A. Vis & René De Koster, 2003. A simulation tool for combined rail/road transport in intermodal terminals *European Journal of Operational Research*, 147 pp. 1–16

Isam K. & Nabil N., 2015. Optimal investment strategy in a container. Maritime terminal: A game theoretic approach. in *Economics Article & Logistics* doi:10.1057/mel.2015.7

Junliang H. et al, 2015. Integrated internal truck, yard crane and quay crane scheduling in a container terminal considering energy consumption. *Expert Systems with Applications* 04/2015; 42(5) pp. 2464-2487

Kang, S., Medina, J.C. & Ouyang, Y., 2008. Optimal operations of transportation fleet for unloading activities at container ports. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(10), pp.970–984. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0191261508000192>.

Kim, K.H. & Kim, H.B., 2002. The optimal sizing of the storage space and handling facilities for import containers. *Transportation Research Part B: Methodological*, 36, pp.821–835.

Koppe, B. & Brinkmann, B. 2008. "State of the art of handling and storage systems on container terminals". Proceedings of the chinese-german joint symposium on hydraulic and ocean engineering, pp. 57-61. Edited by: Zanke, U; Roland, A; Saenger, N; Wiesemann, JU; Dahle

Linkov & Ramadan, 2004. Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making. <http://www.springer.com/us/book/9781402018954>

Liu, C.I., Jula, H. & Ioannou, P. a, 2002. Design, simulation, and evaluation of automated container terminals. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 3(1), pp.12–26. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=994792>.

Lu, H., Zheng, H. & Chang, D. 2012. Visualization Method of Bucket Terminal Yard Working Data, *Sustainable environment and transportation*, pp. 1-4 <http://www.scientific.net/AMM.178-181.2770>

M Al-Atawi, A., Kumar, R. & Saleh, W., 2015. Transportation sustainability index for Tabuk city in Saudi Arabia: an analytic hierarchy process. *Transport*, (October), pp.1–9. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3846/16484142.2015.1058857>

Ministerio De Fomento

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES_TRANSPORTE_TERRESTRE/MMPP/Estadisticas

Ministerio De Fomento, Orden FOM/2861/2012, de 13 de diciembre, por la que se regula el documento de control administrativo exigible para la realización de transporte público de mercancías por carretera. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-154
[Consultada el 30 de Septiembre de 2015]

Monios, J. & Bergqvist, R., 2015. Research in Transportation Business & Management Intermodal terminal concessions : Lessons from the port sector. , 14, pp.90–96.

Monios, J. & Wilmsmeier, G., 2012. Giving a direction to port regionalisation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), pp.1551–1561. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096585641200119X>.

MSDS (International Society on Multiple Criteria Decision Making). <http://mcdmsociety.org/intro.html>. (Consulta: 8 de Octubre de 2015)

Narasimhan, A, & Palekar, Udatta S. 2002 Analysis and Algorithms for the Transtainer Routing Problem in Container Port Operations. *Transportation Science* Vol. 36, 63-7

Ng, A.Y. & Gujar, G.C., 2009. Government policies, efficiency and competitiveness: The case of dry ports in India. *Transport Policy*, 16(5), pp.232–239. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X09000912>.

Niérat, P., 1997. Market area of rail-truck terminals: Pertinence of the spatial theory. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 31(2), pp.109–127.

Onder C., Murat A., Ismail K., Osman T. Birsen K. 2015. Green Sustainable Performance Comparison of the Three Biggest Container Terminals in Turkeyl AME Conferences, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 223-245

Prescott J.E. & Grant J.H. 1998. A Manager's Guide for evaluating competitive analysis techniques. *Interfaces*, 18 (3) pp 10–22

Puertos Del Estado, www.puertos.es [Consultada en Agosto de 2015]

Rodrigue, J.-P. et al., 2010. Functions and actors of inland ports:

European and North American dynamics. *Journal of Transport Geography*, 18(4), pp.519–529. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966692310000402>.

Roso, V., 2008. Factors influencing implementation of a dry port. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(10), pp.782–798. Available at:
<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09600030810926493>.

Saanen, Y., VanMeel, J. & Verbraeck, A. 2003. The design and assessment of next generation automated container terminals. *Simulation In Industry Published: 15th European Simulation Symposium*, Delft, The Netherlands, pp 577-584

Saaty Thomas L. (1980) *The analytic network process*. RWS Publications. ISBN 0-96203179-8

Saaty, T.L., 2006. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *European Journal of Operational Research*, 168(2), pp.557–570. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037722170400311X>.

Sánchez, Á. G., Gutiérrez, I. G., & Juan, L. P. (2006) Modelado y análisis de un puerto seco mediante simulación. Informe técnico.

Seyedalizadeh S.R. et al, 2009. *Nonlinear mathematical programming for optimal management of container terminals*. Int. J. Modern Phys. B, 23 (27), p. 5333

Talley W.K., 1994, Performance indicators and port performance evaluation. *Logist. Transport. Rev.*, 30 (4) pp. 339–352.

Taniguchi, E. et al., 1999. Optimal size and location planning of public logistics terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 35(3), pp.207–222.

Teng J.Y., Huang W.C., &Huang M.J., 2004. Multi-criteria evaluation for port competitiveness of eight East Asian container ports. *J. Mar. Sci. Technol.*, 12 (4), pp. 256–264

Tramarico, C.L. et al., 2015. Analytic Hierarchy Process and Supply Chain Management: A Bibliometric Study. *Procedia Computer Science*, 55 (Itqm), pp.441–450. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877050915014805>.

Tsai, M.-C., 2006. Constructing a logistics tracking system for preventing smuggling risk of transit containers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(6), pp.526–536. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856405001485>.

United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD http://unctad.org/en/docs/rdpldc7_en.pdf (Consulta: 10 de Julio de 2014)

United Nations Conference on Trade and Development, UNCTADhttp://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2014_en.pdf [Consulta: 14 de Agosto de 2015]

Vaidya, O.S. & Kumar, S., 2006. Analytic hierarchy process: an overview of applications. *EuropeanJournal of OperationalResearch*, 169(1), pp.1–29.

Venus Y.H.L. 2011. *Resources, Conservation and Recycling* 55, pp. 559–566

Vis, I.F. a & De Koster, R., 2003. Transshipment of containers at a container terminal: An overview. *EuropeanJournal of OperationalResearch*, 147(1), pp.1–16.

Vis, I.F. a., de Koster, R. (M. . B.M. &Savelsbergh, M.W.P., 2005. Minimum Vehicle Fleet Size Under Time-Window Constraints at a Container Terminal. *Transportation Science*, 39(2), pp.249–260.

Available at:

<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/trsc.1030.0063>.

Wallenius, J. et al., 2008. Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead. *Management Science*, 54(7), pp.1336–1349. Available at: <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.1070.0838>.

Wilmsmeier, G., Monios, J. & Lambert, B., 2011. The directional development of intermodal freight corridors in relation to inland terminals. *Journal of Transport Geography*, 19(6), pp.1379–1386. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966692311001177>.

Yang, C.-C., Tai, H.-H. & Chiu, W.-H., 2014. Factors influencing container carriers' use of coastal shipping. *Maritime Policy & Management*, 41(2), pp.192–208. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03088839.2013.818729>.

Yang, Y.-C., 2015 Determinants of container terminal operation from a green port perspective. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 7, 3, pp. 319-346

Yano, C. a. & Newman, A.M., 2001. Scheduling Trains and Containers with Due Dates and Dynamic Arrivals. *Transportation Science*, 35(2), pp.181–191.

Yasanur K, 2010. *A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, 3, pp. 6297-6311

Yeo, G.-T., Roe, M. & Dinwoodie, J., 2008. Evaluating the competitiveness of container ports in Korea and China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(6), pp.910–921. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856408000426>.

Zaghdoud, R. et al., 2013. A Multi-objective Approach for Assignment Containers to AIVs in a Container Terminal. 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.2460–2466. Available at:

<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6722173>

Zaruelo, de La Pena I. 2011. Port of Ferrol enlargement works en Proceedings of the institution of civil engineers-maritime engineering,: 164, (2) pp. 49-58, Published: JUN 2011