
ÍNDICE

Agradecimientos	i
Resumen	iii
Resum	v
Abstract	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS	xxxi
LISTADO DE ABREVIATURAS	xxxvii
CAPÍTULO I.....	1
I Introducción.....	1
CAPÍTULO II.....	5
II Objetivos y metodología de la tesis doctoral.....	5
II.1. Objetivos de la investigación	6
II.2. Metodología de la investigación.....	7
II.2.1. Preguntas de la investigación (Etapa 1)	8

II.2.2. Determinación de la metodología de la investigación (Etapa 2 y siguientes)	8
CAPÍTULO III.....	11
III Gobernanza portuaria: Planificación y explotación	11
III.1. Gobernanza portuaria.....	12
III.1.1. Modelos de gestión portuaria.....	15
III.1.2. Funciones de regulación, <i>landlord</i> (planificación) y operación	17
III.2. Planificación portuaria	18
III.2.1. Planificación estratégica	19
III.2.1.1. Análisis y diagnóstico de la situación actual	21
III.2.1.2. Declaración de misión, visión y valores.....	22
III.2.1.3. Definición de la estrategia y de la propuesta de valor	23
III.2.1.4. Formulación de un plan de acción	24
III.2.1.5. Seguimiento y control	25
III.2.2. Plan director de infraestructuras (Plan Maestro)	26
III.3. Explotación portuaria: Los contratos de concesión de terminales	29
III.3.1. Concepto de terminal: Subsistemas.....	29
III.3.2. El contrato de concesión de una terminal de contenedores.....	32
III.3.3. Planificación y gestión de una TC: la línea de atraque.....	37

III.3.3.1. Necesidades estratégicas de una terminal.....	39
III.3.3.2. Decisiones operacionales en TCs: clasificación	44
III.3.3.3. La gestión de la línea de atraque.....	47
III.4. Síntesis del capítulo tercero	48
CAPÍTULO IV.....	49
IV Evolución del transporte marítimo y tráfico portuario en contenedor y de su gestión.....	49
IV.1. Evolución del Transporte marítimo y tráfico portuario.....	52
IV.1.1. Evolución de los buques portacontenedores.....	55
IV.1.2. Evolución de las grúas portacontenedores de muelle	57
IV.1.3. Evolución del layout y equipamiento de muelle de las terminales de contenedores	59
IV.1.4. Evolución de la automatización de las terminales de contenedores	64
IV.2. Evolución de la gestión de los operadores transporte marítimo y de tráfico portuario de contenedores.....	68
IV.2.1. Evolución de la capacidad de las navieras de transporte marítimo de contenedores	69
IV.2.2. Evolución de los operadores de terminales de contenedores	71
IV.3. Síntesis del capítulo cuarto.....	73
CAPÍTULO V.....	75

V El concepto de rendimiento (performance) portuario y su medición: Estado del arte.....	75
V.1. Taxonomía del concepto de medición del rendimiento (performance) portuario	78
V.1.1. Métodos de índices.....	79
V.1.2. Métodos de frontera.....	82
V.1.3. Enfoque de procesos.....	83
V.2. Esquema propuesto de Medición del rendimiento portuario.....	84
V.2.1. Rendimiento operacional: categorías de medición	84
V.2.1.1. Producción	84
V.2.1.2. Productividad	85
V.2.1.3. Utilización.....	85
V.2.2. Eficiencia	86
V.2.3. Nivel de servicio	86
V.2.4. Capacidad.....	87
V.3. Instrumentos de gestión para la medición y mejora del rendimiento (performance) portuario	88
V.3.1. Sistema Operativo de la Terminal (TOS)	88
V.3.2. El Cuadro de Mando Integral (CMI) como instrumento de gestión estratégica.....	91
V.3.2.1. CMI para una terminal de contenedores.....	97
V.3.3. El Container Terminal Quality Indicator (CTQI).....	99

V.4. Síntesis del capítulo quinto.....	105
CAPÍTULO VI.....	107
VI Capacidad de una TC: Capacidad por línea de atraque (estado del arte).....	107
VI.1. El concepto de capacidad	108
VI.2. Métodos de medición de la capacidad de una terminal	110
VI.2.1. Métodos empíricos	111
VI.2.2. Métodos analíticos y de simulación	111
VI.2.2.1. Cálculo analítico-simulado por subsistemas: hipótesis	113
VI.2.3. Fortalezas y debilidades de los métodos: aplicabilidad	113
VI.3. Identificación y clasificación de los factores que afectan a la capacidad de una terminal de contenedores: El caso de la línea de atraque.....	114
VI.4. Capacidad por línea de atraque.....	119
VI.4.1. Caracterización del número de atraques (N)	120
VI.4.2. Caracterización de la tasa de ocupación (ϕ) de la línea de atraque: calidad de servicio o espera relativa (ϵ)	123
VI.4.2.1. La línea de atraque como sistema de esperas	123
VI.4.2.2. Caracterización y categorización del tráfico de buques: Distribución de las llegadas de buques a la terminal y distribución de los servicios.....	124
VI.4.2.3. Calidad de servicio: espera relativa (ϵ)	126

VI.4.3. Caracterización del tiempo anual operativo (t)	129
VI.4.3.1. El concepto de nivel de operatividad.....	129
VI.4.4. Caracterización de la productividad de buque atracado (P)	134
VI.4.4.1. El concepto de productividad de buque atracado.....	134
VI.4.4.2. Productividad de buque atracado: evolución	135
VI.4.4.3. Productividad de buque atracado y tamaño (mov/escala) de la escala y de los buques	140
VI.4.5. Caracterización del nivel de servicio.....	147
VI.4.6. Indicadores para el dimensionamiento de TCs por línea de atraque: evolución	152
VI.4.6.1. Indicadores de productividad de línea de atraque y de grúas de muelle.....	152
VI.5. Síntesis del capítulo sexto.....	178
CAPÍTULO VII.....	179
VII Productividad, nivel de servicio y capacidad de las terminales de contenedores en referencias de planificación y en los contratos de concesión.....	179
VII.1. Recomendaciones de organismos multilaterales, consultoría y autores	180
VII.1.1. Organismos multilaterales.....	180
VII.1.2. World Bank	181
VII.1.3. Consultoría y autores.....	183

VII.2. Referencias nacionales de instituciones y autoridades portuarias.....	191
VII.2.1. Sistema portuario de Australia.....	191
VII.2.1.1. Productividad por línea de atraque	193
VII.2.2. Sistema portuario de Canadá.....	195
VII.2.3. Sistema portuario de Costa Rica	198
VII.2.3.1. Parámetros de medición de la calidad del servicio.....	199
VII.2.4. Sistema portuario de Ecuador.....	201
VII.2.5. Sistema portuario de titularidad estatal de España.....	201
VII.2.5.1. Referencial de calidad de servicio para el tráfico de contenedores	202
VII.2.5.2. Autoridad Portuaria de Valencia: Concesión Terminal Pública de Contenedores.....	203
VII.2.5.3. Autoridad Portuaria de Barcelona: concesión terminal muelle Prat	204
VII.2.6. Sistema portuario de los Estados Unidos de América	204
VII.2.7. Sistema portuario de Holanda	207
VII.2.8. Sistema portuario de Honduras	209
VII.2.9. Sistema portuario de India.....	211
VII.2.10. Sistema portuario de Indonesia	221
VII.2.11. Sistema portuario nacional del Perú.....	222
VII.2.12. Sistema portuario de Sudáfrica.....	228

VII.3. Síntesis de las referencias: análisis	230
CAPÍTULO VIII.....	233
VIII Análisis de los factores que afectan a la capacidad por línea de ataque de una terminal de contenedores: Propuesta de modelo	233
VIII.1. Estructuración de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una TC	234
VIII.1.1. Factores de demanda (tráfico, buque)	235
VIII.1.1.1. Buque	235
VIII.1.1.2. Tráfico	237
VIII.1.2. Factores climatológicos y meteorológicos.....	238
VIII.1.3. Factores antrópicos y de gestión	238
VIII.1.3.1. Antrópicos	238
VIII.1.3.2. De gestión	239
VIII.1.4. Factores tecnológicos	239
VIII.1.4.1. Innovaciones	239
VIII.1.4.2. Tipología de innovaciones en TCs	240
VIII.1.4.3. Innovaciones tecnológicas	241
VIII.1.5. Factores de oferta (línea de atraque, superficie, calado).....	243
VIII.1.5.1. Línea de atraque y equipamiento	243
VIII.1.5.2. Superficie y equipamiento	251
VIII.1.5.3. Calado	252

VIII.1.6. Modelo el dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio y capacidad de una TC.....	253
VIII.1.7. Caso Puerto de Valencia: Análisis de productividad, nivel de servicio y capacidad 1970-2015.....	255
VIII.1.7.1. La terminal pública TCV- puerto de valencia	261
VIII.1.7.2. Análisis de capacidad de la terminal PÚBLICA NOATUM- puerto de valencia.....	263
VIII.1.7.3. Análisis de capacidad de la terminal dedicada MSC- puerto de Valencia	282
CAPÍTULO IX.....	301
IX Propuesta de caracterización del nivel de servicio por línea de atraque en los contratos de concesión de terminales de contenedores	301
IX.1. Indicadores para la caracterización	302
IX.2. Propuesta de nivel de servicio por línea de atraque	303
IX.3. Propuesta de aplicación.....	306
IX.3.1. Calidad de servicio por línea de atraque: espera relativa	306
IX.3.1.1. Recomendaciones sobre los datos a facilitar por parte del operador de la terminal a la AP.....	307
IX.3.2. Productividad de buque atracado (P).....	307

IX.3.2.1. Recomendaciones sobre los datos relativos a productividades a facilitar por parte del operador de la terminal a la AP.....	308
IX.3.3. Ejemplo de aplicación numérico	309
CAPÍTULO X.....	315
X Conclusiones y propuestas	315
X.1. Sobre el concepto de capacidad por línea de atraque y su medición.....	316
X.2. Sobre los factores que afectan la capacidad de una TC por línea de atraque	318
X.3. Sobre la medición del nivel de servicio por línea de atraque	319
X.4. PROPUESTAS DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	320
XI Referencias	321
Anejo 1	337
Anejo 2	339

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Objetivos secuenciales de la tesis	6
Figura 2: Procedimiento de elaboración de la tesis.....	7
Figura 3: Estructura de la tesis: metodología	9
Figura 4: Relación entre Gobernanza y Performance portuaria	14
Figura 5: Marco Estratégico: Caso Sistema Portuario Nacional del Perú	15
Figura 6: Concepto de negocio	20
Figura 7: Integración de la planificación estratégica y la gestión estratégica ...	21
Figura 8: Tráfico de contenedores Canadá-Pacífico: Análisis evolución de la demanda versus la oferta (capacidad).....	27
Figura 9: Puerto Botany: Análisis evolución demanda versus la oferta.....	28
Figura 10: Modelo “Anyport” de Bird: las terminales especializadas.....	29
Figura 11: Subsistemas de una Terminal de Contenedores.....	30
Figura 12: Modelos de participación del sector privado en la gestión y financiación de terminales.....	33
Figura 13: Tipología de cláusulas en los contratos de concesión	36
Figura 14: Esquema del conflicto de intereses en la terminal portuaria.....	37
Figura 15: Planificación y gestión de una TPC.....	38
Figura 16: Desarrollo sostenible y necesidades estratégicas de una TC.....	40
Figura 17: Clasificación de decisiones operacionales en TCs.....	46
Figura 18: Herramienta para la planificación de los atraques	47

Figura 19: Síntesis del capítulo tercero	48
Figura 20: Comercio marítimo mundial (millones de toneladas) 1980-2013 según clasificación UNCTAD.....	52
Figura 21: Evolución relativa (1990 Base 100) según clasificación UNCTAD	53
Figura 22: Evolución del comercio en contenedor	53
Figura 23: Áreas de concentración del tráfico de tránsito marítimo (“transbordo”)	54
Figura 24: Evolución 1990-2013 del tráfico portuario mundial por O/D y LL/V	54
Figura 25: Evolución de los buques portacontenedores: clasificación	55
Figura 26: Mayor buque portacontenedores 1988-2013: características	56
Figura 27: Grúa Paceco en la Terminal Encinal. Año 1959	57
Figura 28: Evolución del tamaño de las grúas portacontenedores (STS)	58
Figura 29: Terminal de Matson. Puerto de Los Angeles. Mediados años 60.....	59
Figura 30: Terminal de Sea-Land en Elizabethport, Oakland. 1962.....	60
Figura 31: Evolución del layout de las terminales de contenedores 1965-1985	60
Figura 32: MARAD USA: Módulo de TC – Sistema chasis	61
Figura 33: Diversas configuraciones de atraque. Terminal de 1.050 m de LA....	62
Figura 34: % acumulado de los Top 20 operadores de TCs. Años 2008, 2011 y 2014	68
Figura 35: Top 20 puertos de tráfico contenedorizado. Año 2014.....	68
Figura 36: Evolución 2011-2014 de la capacidad en uso y ociosa de la flota celular de buques portacontenedores	70
Figura 37: Capacidad de las Top 20 navieras de tráfico marítimo en contenedor (millones de TEUs). Junio 2015.....	70
Figura 38: % acumulado de los Top 20 navieros de contenedores. Años 2013 y 2015	71

Figura 39: % acumulado de los Top 20 operadores de TCs. Años 2008, 2011 y 2014	72
Figura 40: Top 20 operadores de TCs. Año 2014	72
Figura 41: Síntesis del capítulo cuarto	73
Figura 42: Matriz básica ilustrativa de dimensiones de medición del performance	76
Figura 43: Mediciones de tiempos en puerto del buque.....	81
Figura 44: Funciones de un TOS.....	89
Figura 45: Estructura del CMI: árbol de Objetivos Estratégicos, indicadores, metas e iniciativas.....	93
Figura 46: El Cuadro de Mando.....	94
Figura 47: Mapa Estratégico genérico	95
Figura 48: Integración de la Planificación Estratégica y el Cuadro de Mando Integral.....	96
Figura 49: Propuesta de líneas estratégicas para una TC	98
Figura 50: Propuesta de Mapa Estratégico para una TPC.....	99
Figura 51. Funcionamiento del CTQI <i>Standard</i>	101
Figura 52. Proceso de Certificación en el CTQI de una TC	104
Figura 53: Síntesis del capítulo quinto	105
Figura 54: Distintos conceptos de capacidad.....	109
Figura 55: Capacidad de la terminal portuaria por subsistemas	110
Figura 56: Ejemplo de nivel de abstracción: Operativa a nivel de bloque.....	112
Figura 57: Factores que afectan a la capacidad portuaria	115
Figura 58: Clasificación de los factores que afectan a la capacidad de la línea de atraque.....	116
Figura 59: Cálculo de la capacidad por línea de atraque	120

Figura 60: Esquema general de los agentes que interactúan con la línea de atraque y con el buque	130
Figura 61: Detalle de los movimientos del spreader	133
Figura 62: Efecto del viento sobre el contenedor en operación de carga/descarga del buque.....	133
Figura 63: Evolución 2007-2013 de la productividad media de grúa (mov/h) y de atraque (mov/h buque atracado) de los buques de Maersk Line	138
Figura 64: Buques de 18.000 TEUs trabajando con 12 y 13 grúas de muelle...139	
Figura 65: Drewry: Relación entre el tamaño del buque (TEUs) y la Productividad de atraque (cont/h)	140
Figura 66: Drewry: Relación entre el % de la capacidad del buque manipulado y la Productividad de atraque (Cont/h).....	141
Figura 67: Ashar: Relación entre el número de movimientos y la productividad (neta) de atraque de los buques.....	141
Figura 68: Relación entre el número de movimientos y la productividad (bruta) de atraque de los buques (muestra de las terminales de contenedores del Puerto de Valencia, año 2010)	142
Figura 69: Relación entre el tamaño del buque y el tamaño de la escala (Caso Puerto de Hamburgo. Año no disponible).....	143
Figura 70: Productividad de buque atracado (cont/m) en grandes puertos por tamaño de buque (2011-2012).....	143
Figura 71: Relación entre el tamaño del buque y la productividad de atraque (buque). Maersk Line.....	145
Figura 72: Drewry: Ilustración de la relación entre el tamaño del buque y el número de movimientos (Caso 20% descarga + 20% carga)	146
Figura 73: Tiempo de rotación de los buques a nivel mundial.....	148
Figura 74: Ilustración de la desagregación del tiempo de rotación del buque (ejemplo Maersk Line)	149

Figura 75: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas: Evolución 1986-1996	154
Figura 76: Tráfico anual por metro de línea de atraque: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas. Base 100: año 1986	154
Figura 77: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas: Evolución 1986-1996	155
Figura 78: Tráfico anual por grúa de muelle: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas. Base 100: año 1986	155
Figura 79: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas	156
Figura 80: Este de Asia: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986	157
Figura 81: Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986	158
Figura 82: Norteamérica: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986	158
Figura 83: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de Europa: Evolución 1995-2004	159
Figura 84: Tráfico anual por metro de línea de atraque: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas de Europa. Base 100: año 1995	160
Figura 85: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de Europa. Evolución 1995-2004	160
Figura 86: Tráfico anual por grúa de muelle: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas. Base 100: año 1995	161
Figura 87: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas	161
Figura 88: Norte de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995	163
Figura 89: Sur de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995	163

Figura 90: Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995	164
Figura 91: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de Europa: Evolución 2007-2013	166
Figura 92: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de América: Evolución 2007-2013.....	167
Figura 93: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de Europa. Evolución 2007-2013.....	168
Figura 94: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de América. Evolución 2007-2013.....	169
Figura 95: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 2007-2013 por áreas geográficas de Europa	170
Figura 96: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 2007-2013 por áreas geográficas de América	171
Figura 97: Mundo: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007	172
Figura 98: Sureste Asia: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007	173
Figura 99: Sur de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007	173
Figura 100: Europa: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) Evolución 1986-2013	174
Figura 101: Europa: TEUs (miles) por grúa de muelle y año. Evolución 1986-2013	175
Figura 102: Europa: Distancia (m) entre grúas de muelle. Evolución 1986-2013	175

Figura 103: Evolución 2007-2013 de la longitud media de la línea de atraque (m) y de su productividad por áreas geográficas	176
Figura 104: Productividad media de muelle (TEUs/m) por tamaño de terminal en terminales de contenedores de América Latina y el Caribe 2005-2013	177
Figura 105: Síntesis del capítulo sexto	178
Figura 106: Capacidad anual de la Línea de atraque (TEUs/m) en función de la productividad de atraque (P)	190
Figura 107: SP Australia: Evolución 1995-2014 de la productividad de atraque del SPA: media de los puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne y Sydney	193
Figura 108: SP Australia: Evolución 2000-2014 de la productividad neta de grúa SPA: Puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne, Sydney y media de los 5	194
Figura 109: SP Australia: Evolución 2008-2014 de la productividad bruta de atraque (cont/h atraque buque) en el SPA: Puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne y Sydney	195
Figura 110: Vancouver y Prince Rupert: evolución del tiempo de rotación y del nº de escalas. Años 2010-2011	197
Figura 111: Vancouver y Prince Rupert: evolución de la productividad en puerto. Año 2011	197
Figura 112: Vancouver y Prince Rupert: Productividad en puerto (mensual) en función del tamaño medio mensual de las escalas. Año 2011	198
Figura 113: SP Costa Rica: Desagregación de tiempos para el cálculo del tiempo de espera (Puerto Moín)	199
Figura 114: SP Holanda: Diseños del Proyecto FAMAS para terminales en Maasvlakte II: layout distributed, compact y combi	208
Figura 115: SP Holanda: Diseño preliminar del Proyecto FAMAS de terminal para barcasas	209
Figura 116: SP India: Desagregación de tiempos para el cálculo de los indicadores	213

Figura 117: SP India: Metas y valores 2007-2008 en tiempos de fondeo (PBD) por puertos (horas)	214
Figura 118: SP India: Productividad de atraque en 24 h (toneladas) para portacontenedores	214
Figura 119: SP India: Metas de productividad de atraque en 24 h (toneladas) para portacontenedores	215
Figura 120: SP India: tiempo inoperativo en atraque (% sobre el tiempo de atraque)	215
Figura 121: SP India: Tiempo de rotación (TRT) de los buques (días)	216
Figura 122: SP India: Tráfico mínimo e indicadores de LA de TCs concesionadas	217
Figura 123: SP India: <i>Benchmarking</i> sobre tiempos de rotación en TCs	220
Figura 124: SP India: <i>Benchmarking</i> sobre productividad de línea de atraque (TEUs/m), TEUs/grúa y distancia entre grúas en TCs	220
Figura 125: SP Perú: Terminal DP World Callao: Productividad y nivel de servicio 2012-2013	224
Figura 126: DPWorld Callao: Ocupación de la línea de atraque el 5/02/2011	225
Figura 127: DPWorld Callao: Ocupación de la línea de atraque el 5/02/2011	226
Figura 128: DPWorld Callao: Tasa de ocupación de la TC según la APNy OSITRAN. Periodo ene-sept 2011	226
Figura 129: SP Perú: Nota de prensa de OSITRAN de la penalización a DPWorld Callao	227
Figura 130: SP Sudáfrica: Terminal Operator Performance Estandar (TOPS)...	229
Figura 131: SP Sudáfrica: valores de los indicadores del TOPS.....	229
Figura 132: Clasificación de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una TC	234
Figura 133: Evolución comparada 1969-2015 de la eslora y la capacidad (TEUs) de los buques portacontenedores. Base 100: 1969	236

Figura 134: Evolución 1969-2015 del ratio Capacidad en TEUs por metro de eslora	236
Figura 135: Incremento de las distancias de las trayectorias de carga/descarga de contenedores	237
Figura 136: Tipologías de innovación en TCs: clasificación.....	241
Figura 137: Sistema “Fastnet crane” de APM Terminals	243
Figura 138: Drewry: Capacidad anual por metro lineal de una TC: Modelos Dewry 1998, 2002, 2010 y 2014.....	246
Figura 139: Ajuste del valor de P en el modelo de Drewry (1998) y contraste con los modelos de 2002/2010/2014 para transbordo y RTG 2020.....	247
Figura 140: Capacidad anual por metro lineal de atraque: Modelo Ashar (2009). Dewry (2010, RTG) y Monfort et al. (2011, P = 50, 60 y 70 cont/h)	248
Figura 141: Capacidad anual por metro lineal: detalle de la comparación de los modelos de Ashar (2009), Drewry (2010, RTG) y Monfort et al. (2011, M/E4/n, $\epsilon = 0,1$, P = 60 cont/h).....	248
Figura 142: Modelo para el dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio de una TC	254
Figura 143: La grúa Liebherr en la “miniterminal” de contenedores del Puerto de Valencia. Año 1973	256
Figura 144: Terminal en la Prolongación del Muelle de Levante del Puerto de Valencia. Año 1979	256
Figura 145: Evolución espacial 1979-1994 de la TC en el Muelle de Levante del Puerto de Valencia.....	258
Figura 146: Estimación de la capacidad para el tráfico de contenedores del Puerto de Valencia.....	260
Figura 147: Terminales de contenedores en el Puerto de Valencia. 2015	261
Figura 148: Atraques de la TC explotada por TCV en el Puerto de Valencia ...	262
Figura 149: Equipamiento, longitudes de atraque y calados de la TC explotada por TCV en el Puerto de Valencia	262

Figura 150: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del tráfico marítimo.....	263
Figura 151: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del número de contenedores por buque. Año 2014	264
Figura 152: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de número de contenedores por buque	264
Figura 153: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Histograma de las esloras de los buques. Año 2014	265
Figura 154: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la eslora media de los buques	265
Figura 155: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora de los buques y el tamaño de las escalas. Año 2014.....	266
Figura 156: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador contenedores por metro de eslora. Año 2014	267
Figura 157: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de contenedores por metro de eslora de buque	267
Figura 158: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Agosto 2012	268
Figura 159: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) de tiempos de atraque. Año 2014.....	269
Figura 160: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la línea de atraque	269
Figura 161: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Enero 2007	270
Figura 162: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de atraque de los buques	271
Figura 163: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de tráfico por metro lineal de línea de atraque	271
Figura 164: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de los indicadores de tráfico anual por grúa de muelle y separación entre grúas	272

Figura 165: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador de eslora (m) por tiempo de atraque (h). Año 2014.....	273
Figura 166: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la ocupación de la línea de atraque (%).....	274
Figura 167: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P)	275
Figura 168: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la relación entre el tamaño de las escalas y la productividad de atraque (P)	276
Figura 169: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la Productividad de buque atracado (P)	276
Figura 170: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora del buque y la Productividad (P) de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja, tamaño de escala -cont/buque-).....	277
Figura 171: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre el indicador de contenedores por metro de eslora y la productividad de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja, tamaño de escala -cont/buque-)	278
Figura 172: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tráfico por línea de atraque (cont/m) para distintas tasas de ocupación y atraque de 254 m	279
Figura 173: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Variación 1998-2014 del Tráfico (Base 100 = 1998), de la tasa de ocupación, de la Productividad de atraque (P) y del número de atraques (n)	280
Figura 174: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Variación 1988-2014 del Tráfico (Base 100 = 1998), de la línea de atraque, de su productividad (cont/m) en los factores de productividad anual por grúa (cont/grúa)e intensidad de las grúas en la LA.....	281
Figura 175: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tráfico marítimo	282
Figura 176: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del número de contenedores por buque. Año 2014	283

Figura 177: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de número de contenedores por buque	284
Figura 178: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Histograma de las esloras de los buques. Año 2014.....	284
Figura 179: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la eslora media de los buques.....	285
Figura 180: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora de los buques y el tamaño de las escalas. Año 2014	285
Figura 181: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador contenedores por metro de eslora. Año 2014	286
Figura 182: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de contenedores por metro de eslora de buque	286
Figura 183: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Abril 2010.....	287
Figura 184: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) de tiempos de atraque y comparación con la función Erlang 7. Año 2014.....	288
Figura 185: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la línea de atraque	288
Figura 186: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Noviembre 2012	289
Figura 187: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de atraque de los buques	289
Figura 188: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de tráfico por metro lineal de línea de atraque	290
Figura 189: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de los indicadores de tráfico por grúa de muelle y separación entre grúas.....	291
Figura 190: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador de eslora (m) por tiempo de atraque (h). Año 2014	292
Figura 191: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la ocupación de la línea de atraque (%)	292

Figura 192: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P)	293
Figura 193: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la relación entre el tamaño de las escalas y la productividad de atraque (P)	294
Figura 194: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la Productividad de buque atracado (P)	295
Figura 195: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora del buque y la Productividad (P) de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja)	296
Figura 196: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre el indicador de contenedores por metro de eslora y la productividad de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja).....	297
Figura 197: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la capacidad por línea de atraque (cont/m) para distintas tasas de ocupación y atraque de 266 m.....	298
Figura 198: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Variación 2008-2014 del Tráfico (Base 100 = 2008), de la tasa de ocupación, de la Productividad de atraque (P) y del número de atraques (n).....	299
Figura 199: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Variación 2008-2014 del Tráfico (Base 100 = 2008), de la línea de atraque, de su productividad (cont/m) en los factores de productividad e intensidad de las grúas en la LA.....	300
Figura 200: Capacidad por línea de atraque para diversas calidades de servicio y productividad de buque atracado (Caso M/E4/3 con atraques de 350 m)	302
Figura 201: Niveles de servicio para el caso M/E4/2 y M/E4/3 con atraques de 300 metros.....	304
Figura 202: Correspondencia de las tasas de ocupación y la espera relativa de los sistemas M/M/n, M/E2/n y M/E4/n de 1 a 6 atraques	305
Figura 203: Ejemplo: Variación de la tasa de ocupación de la terminal	311
Figura 204: Ejemplo: Evolución del tráfico y del capacidad de la terminal (contenedores).....	313

Figura 205: Ejemplo: Evolución del tráfico y del capacidad de la terminal (cont/m)
.....313

Figura 206: Ejemplo: Variaciones de la T. de ocupación, de la P grúas y del nº de
atraques en respuesta a la variación de tráfico.....314

Figura 207: No linealidad de la capacidad en función del número de atraques:
equivalencia en términos de productividad de buque atracado. Sistema M/E4/2
y M/E4/3 para $\epsilon=0,1$317

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estrategias de “devolución”: caracterización.....	13
Tabla 2: Modelos de gestión portuaria.....	16
Tabla 3: Matriz de funciones portuarias de Baltazar y Brooks	17
Tabla 4: Planificación portuaria: Niveles, instrumentos y contenidos en el caso del SPTE.....	19
Tabla 5: Títulos y reglas del Pliego de condiciones generales para el otorgamiento de concesiones en el dominio público portuario estatal.....	35
Tabla 6: Clasificación de las decisiones operacionales o problemas en función del horizonte de planificación	45
Tabla 7: Innovaciones en el tráfico logístico-portuario de contenedores marítimos.....	51
Tabla 8: Caracterización de la flota Neo-panamax (a 1 de julio de 2015)	56
Tabla 9: Evolución de las grúas de muelle para contenedores: caracterización	57
Tabla 10: Evolución de las grúas de muelle para contenedores: caracterización	58
Tabla 11: MARAD USA: Característica de los módulo de TCs	61
Tabla 12: Indicadores resultantes de las configuraciones de atraque de la Figura 33	63
Tabla 13: Ventajas y desafíos de la automatización de TCs.....	67

Tabla 14: Flota de buques portacontenedores. Años 2012 y 2015	69
Tabla 15: Categorías de <i>benchmarking</i> del rendimiento portuario	79
Tabla 16: Indicadores operacionales y financieros.....	80
Tabla 17: Caracterización de los Métodos de Frontera.....	82
Tabla 18: Rendimiento operacional: indicadores tipo y unidades	85
Tabla 19: Esquema de las categorías de medición del rendimiento (performance)	87
Tabla 20: Categorías de medición del rendimiento (performance): definiciones	87
Tabla 21: Ventajas, limitaciones y aplicaciones de los métodos	113
Tabla 22: Factores que afectan el rendimiento de la línea de atraque en una TC	118
Tabla 23: ROM 2.0-2011: Valores de separación entre buques atracados	122
Tabla 24: Caracterización de las distribuciones de llegadas de los buques y de servicios en TCs del Puerto de Valencia	126
Tabla 25: Tasa de ocupación (ϕ) en función de la caracterización del sistema de esperas, número de atraques y la espera relativa (ϵ)	127
Tabla 26: Tasa de ocupación (ϕ) recomendada en función del número de atraques (n) y del grado de control de las llegadas a la terminal.....	128
Tabla 27: Escala Beaufort	131
Tabla 28: Relación entre la ráfaga máxima de viento y la media para diversos periodos.....	132
Tabla 29: Ejemplo de cálculo de la productividad media de atraque y las ponderadas por tiempo (P) y por movimientos de un conjunto de buques	134
Tabla 30: Características de las TCs GIT y STL en Port Jackson. Datos media años 1977, 1979 y 1981	135
Tabla 31: Características de la CTAL en Port Botany. Datos año 1983	136

Tabla 32: Ranking regional de productividad de buque atracado por áreas geográficas	136
Tabla 33: Ranking mundial de productividad media de atraque (mov/h) de TCs. Año 2014	137
Tabla 34: Europa y Oriente Medio: Ranking de productividad media de atraque (mov/h) de TCs. Año 2014	138
Tabla 35: Record 2010-2015 de operaciones de carga/descarga de buques portacontenedores	139
Tabla 36: Productividad de atraque (mov/h) de TCs en función del tamaño de los buques Año 2014	144
Tabla 37: Desagregación del tiempo de rotación del buque (ejemplo Maersk Line)	149
Tabla 38: Referencia de nº de grúas simultáneas y productividad unitaria de grúa por tamaño de buque portacontenedores	150
Tabla 39: Áreas geográficas: Evolución 1886-1986 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas)	157
Tabla 40: Áreas geográficas de Europa: Evolución 1995-2004 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas)	162
Tabla 41: Distribución de países por áreas geográficas	165
Tabla 42: Áreas geográficas: Evolución 2007-2013 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas)	172
Tabla 43: UNCTAD (1998): Ilustración de valores de indicadores de rendimiento para un contrato de terminal de contenedores	180
Tabla 44: World Bank (2000): caracterización de indicadores en TCs	181
Tabla 45: Indicadores comunes en los contratos de concesión	182
Tabla 46: World Bank (2009): Tipología de terminales de contenedores: caracterización e indicadores	183

Tabla 47: Drewry (1998): Indicadores operacionales anuales por línea de atraque, superficie y grúas de muelle	184
Tabla 48: Drewry (1998): Terminales tipo para el cálculo de indicadores en capacidad.....	184
Tabla 49: Drewry (1998): Capacidad anual de TCs en función de la longitud de atraque (m) y de la productividad de atraque (cont/h)	186
Tabla 50: Drewry (2002): Capacidad de TCs por línea de atraque (metro lineal y año) en función del tamaño de la terminal y de la caracterización del tráfico	187
Tabla 51: Drewry (2010): Capacidad teórica de TCs. Tipología equipamiento de patio RTG	187
Tabla 52: Ashar (2009): Tipología de atraques y capacidad anual por metro ..	188
Tabla 53: Kent (Nathan Associates) y Ashar (2010): Recomendaciones sobre productividad y niveles de servicio.....	189
Tabla 54: SP Australia: Indicadores del Boletín <i>Waterline</i>	192
Tabla 55: SP Canadá: indicadores de utilización de los puertos.....	196
Tabla 56: SP USA: Mediciones de productividad	205
Tabla 57: SP USA: Mediciones de productividad, fuentes de datos y su disponibilidad	206
Tabla 58: SP Honduras: Productividad y nivel de servicio, Caso Puerto Cortés	210
Tabla 59: SP India: Tasas máximas de ocupación de línea de atraque	211
Tabla 60: SP India: Indicador de capacidad por metro de línea de atraque en TCs	212
Tabla 61: SP India: Objetivos para los puertos y KPIs para su seguimiento	218
Tabla 62: SP India: KPIs, performance y agentes implicados.....	219
Tabla 63: SP Indonesia: Capacidad por metro de línea de atraque (TEUs) en diferentes horizontes temporales	221
Tabla 64: SP Perú: Mínimos de productividad y niveles de servicio (DPWorld – Callao).....	223

Tabla 65: SP Sudáfrica: Tráfico 2014-2015 y capacidad de diseño e instalada en TCs (TEUs)	228
Tabla 66: Síntesis cualitativa de las recomendaciones/modelos de organismos multilaterales, consultoría, autores y referencias nacionales de instituciones y Autoridades Portuarias	232
Tabla 67: Evolución histórica de las dimensiones del mayor buque portacontenedores 1969-2015	235
Tabla 68: Innovaciones tecnológicas en el equipamiento de carga/descarga de la línea de atraque	242
Tabla 69: Drewry (2010): Capacidad unitaria por línea de atraque a partir de la Tabla 51.....	244
Tabla 70: Drewry (2010): Capacidad unitaria por equipamiento de atraque a partir de la Tabla 51	250
Tabla 71: Drewry: Productividad anual y horaria por grúa. Modelo Drewry ..	250
Tabla 72: Drewry: Capacidad unitaria por superficie a partir de la Tabla 51...	251
Tabla 73: Drewry: Capacidad unitaria por equipamiento de patio a partir de la Tabla 51.....	252
Tabla 74: Indicadores de productividad de la TPC. Evolución 1973-1993	258
Tabla 75: Propuesta de niveles de servicio por línea de atraque	303
Tabla 76: Niveles de servicio para el caso M/E4/2 y atraque de 300 m	303
Tabla 77: Ejemplo: TC con 2 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 1	310
Tabla 78: Ejemplo: TC con 2 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 8	310
Tabla 79: Ejemplo: TC con 3 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 25	311
Tabla 80: Ejemplo: TC con 2-3 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 25	312
