

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Enfoque metodológico.....	3
1.4 Estructura del estudio.....	4

2. CARACTERÍSTICAS DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES

2.1 Contenedores.....	6
2.2 Subsistemas de una terminal de contenedores.....	9
2.2.1 Introducción.....	9
2.2.2 Sistemas y subsistemas.....	9
2.2.2.1 Conexión buque-muelle.....	10
2.2.2.2 Almacenaje.....	11
2.2.2.3 Interconexión y transferencia de contenedores.....	14
2.2.2.4 Recepción y entrega.....	16

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 Introducción.....	20
3.2 Niveles de servicio y capacidades.....	20
3.2.1 Introducción	20
3.2.3 Estudios previos	21
3.2.3 Capacidades.....	21
3.2.4 Niveles de servicio.....	24
3.3 Simulaciones en recepción y entrega.....	27
3.3.1 Introducción	27
3.3.2 Estudios previos	27
3.4 Optimización del ciclo de transporte interno en una terminal marítima de contenedores.....	30
3.4.1 Introducción	30
3.4.2 Descripción del problema	30
3.4.3 Modelo de simulación	31

3.4.4 Resultados.....	31
3.4.5 Conclusiones del estudio.....	32

4. SIMULACIÓN DEL MODELO

4.1 Modelos de simulación.....	33
4.2 Objetivo.....	34
4.3 Descripción del modelo.....	34
4.4 Caracterización del subsistema de recepción y entrega.....	35
4.4.1 Transporte de la mercancía en camiones.....	36
4.4.2 Transporte de la mercancía en ferrocarril.....	39
4.5 Situación actual de la terminal.....	41
4.5.1 Configuración general.....	41
4.5.2 Equipamiento.....	42
4.5.3 Transporte de la mercancía en camiones.....	42
4.5.4 Transporte de la mercancía en ferrocarril.....	43
4.6 Generación de escenarios.....	45
4.7 Datos y determinación de las distribuciones de probabilidad.....	46
4.7.1 Valores constantes.....	46
4.7.2 Distribuciones de probabilidad.....	47
4.8 Construcción del modelo.....	48
4.8.1 Fase de definición.....	49
4.8.2 Fase de detalle e introducción en WITNESS.....	51
4.8.3 Hipótesis simplificadoras del modelo.....	51
4.9 Validación y calibración del modelo.....	52

5.-EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

5.1 Análisis de sensibilidad.....	55
5.1.1 Acceso de entrada.....	56
5.1.2 Flujo de camiones.....	59
5.1.3 Operativa en la zona de carga/descarga.....	61
5.1.4 Tiempo de servicio <i>straddle carriers</i>	62
5.1.5 Conclusiones.....	62
5.2 Optimización del subsistema de recepción y entrega mediante un enfoque microeconómico.....	63
5.2.1 Introducción.....	63
5.2.1.1 Coste marginal.....	63
5.2.1.2 Coste externo marginal.....	63

5.2.1.3 Costes fijos y costes variables.....	64
5.2.1.4 Efectos a corto y largo término	64
5.2.2 Metodología de cálculo	65
5.2.3 Resultados.....	66
5.2.3.1 Optimización accesos de entrada (S1)	66
5.2.3.2 Optimización sistema operativo (S2)	70
5.2.3.3 Análisis de capacidad del subsistema 2	73
5.3 Minimización del tiempo de estancia en la terminal	75

6.-CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

7.-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

8.- OTRA BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

9.-ANEJOS

AGRADECIMIENTOS

He querido dedicar este espacio, para rendir homenaje y agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado a realizar esta tesina.

Han sido unos meses llenos de incertidumbre, en los que se ha ido evolucionando poco a poco hasta alcanzar los objetivos propuestos al inicio de ésta. Durante este periodo se recibió ayuda y consejos que son de agradecer en momentos de indecisión y de colapso y por este motivo me dirijo a ellos:

Agradecer a catedráticos y profesores que ayudan a los principiantes a poder realizar este tipo de estudios y en especial a mi tutor, Sergi Saurí Marchán, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Economista, que ha estado a plena disposición durante el periodo de andadura de la tesina y me permitió realizarla en un centro tan prestigioso en el ámbito de los transportes como es el CENIT, a Pau Morales por su ayuda y colaboración en el proyecto, compañeros y becarios del CENIT, a mi familia y amigos y a todos aquellos que han dado ánimos y han prestado ayuda cuando se ha necesitado.

Sinceramente, gracias a todos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Evolución de los portacontenedores con la carga.....	9
Figura 2.- Esquema general y subsistemas de una terminal marítima de contenedores.....	11
Figura 3.- Esquema representativo del funcionamiento del subsistema 2.	13
Figura 4.- Interconexiones y flujo de contenedores. Subsistema 3	17
Figura 5.- Esquema general del subsistema de recepción y entrega.....	18
Figura 6.- Zona de carga en paralelo y cuarto de círculo. Subsistema 1	19
Figura 7.- Tipologías de carga en la zona de almacenaje. Subsistema 2	19
Figura 8.- Relación entre el tiempo de servicio y capacidad. Concepto de congestión.....	23
Figura 9.- Calidad del servicio en una terminal.....	27
Figura 10.- Representación del flujo de camiones en la terminal.....	28
Figura 11.- Esquema de la terminal de contenedores y procesos propuestos por Sgouridis.	29
Figura 13.- Esquema de alternativas para mejorar el nivel de servicio del S1	38
Figura 14.- Esquema de alternativas para mejorar el nivel de servicio del S2.....	40
Figura 15.- Tipologías para la zona de precarga. Interfaz ferroviaria.....	41
Figura 16.- Esquema de alternativas para la optimización de la conexión ferroviaria.....	42
Figura 17.- Vista en planta de la terminal de contenedores de Barcelona (TCB)	42
Figura 18.- a) Sistema de colas fuera de la terminal TCB. b) Accesos a la terminal.	44
Figura 19.- Interfaz transporte ferroviario en TCB.	44
Figura 20.- Esquema gráfico de la interfaz ferroviaria en TCB.....	45
Figura 21.-: Diagrama del proceso de entrada y salida de camiones.....	49
Figura 22.- Diagrama del proceso seguido por <i>straddle carriers</i>	50
Figura 23.- Modelo de simulación en Witness. Esquema gráfico de la terminal	51
Figura 24.- Comparativa resultados obtenidos mediante simulación y datos reales.....	54
Figura 25.- Error relativo. Datos reales-simulados.....	55
Figura 26.- Ritmo de llegadas al subsistema 1	57
Figura 27.- <i>Chart State</i> -Acceso de entrada	58

Figura 28.- Sensibilidad con la configuración de entrada-Tiempos de espera y estancia	59
Figura 29.- Sensibilidad con la configuración de entrada-Tasa de ocupación	59
Figura 30.- Curva de producción del subsistema de recepción y entrega.....	60
Figura 31.- Tráfico acumulado de camiones en cola exterior	61
Figura 32.- Sensibilidad con el sistema operativo-Tiempos de espera y estancia	62
Figura 33.- Sensibilidad con el sistema operativo-Tasa de ocupación.....	62
Figura 34.- Introducción teoría económica. Curvas de costes y formulación	65
Figura 35.- Curva de costes totales (usuario de la terminal: transportista). Optimización Acceso entrada.....	68
Figura 36.- Efecto en el coste temporal al incrementar unitariamente el número de puertas.....	68
Figura 37.- Curva de costes totales (operador de la terminal). Optimización Accesos entrada.....	69
Figura 38.- Curva de costes totales del subsistema 1	70
Figura 39.- Relación tasa de ocupación del <i>truckpad</i> -tiempo de espera/servicio	70
Figura 40.- Curva de costes totales (usuario de la terminal: transportista). Optimización SC.....	71
Figura 41.- Curva de costes totales (operador de la terminal). Optimización SC.....	72
Figura 42.- Curva de costes totales del subsistema 2	72
Figura 43.- Proceso en serie. Equivalencia ritmos de servicio	73
Figura 44.- Ratio comparativo del ritmo de servicio por escenarios	74
Figura 45.- Minimización de la curva de costes totales	75
Figura 46.- Coste marginal por franja horaria. Aplicación de tarifas.....	76
Figura 47.- Escenarios óptimos. Resultados temporales y comparativa de costes	77
Figura 48.- Ritmo de servicio S1/S2	79
Figura 49.- Relación de tiempos de espera por franja horaria. Solución óptima.....	79
Figura 50.- Comparativa tiempo medio en la terminal para SA y escenario óptimo.....	80
Figura 51.- Reducción del tiempo (%) por franja horaria entre SA y óptimo	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Dimensiones y características de los contenedores ISO (<i>Internacional Standards Organisation</i>).	7
Tabla 2.- Características y tipología de contenedores.....	8
Tabla 3: Tipologías de SC en TCB.	43
Tabla 4 : Equipamiento auxiliar en TCB.....	43
Tabla 5.- Listado de escenarios	46
Tabla 6.- Características principales de la zona de almacenaje.....	47
Tabla 7.- Características principales del subsistema 1.....	47
Tabla 8.- Características principales del subsistema 2.....	47
Tabla 9.- Determinación de las distribuciones de probabilidad para el subsistema 1	48
Tabla 10.- Determinación de las distribuciones de probabilidad para el subsistema 2 ...	48
Tabla 11.- Definición de los elementos principales en WITNESS	51
Tabla 12.- Valores ritmo de servicio para escenarios óptimos.	78