
Almacenamiento en terminales de contenedores portuarias

Bruno Alfredo Paternina Rodríguez

Edgar Ernesto Vieira Pérez

Corporación Universitaria Del Caribe – CECAR
Facultad De Ciencias Básicas, Ingenierías Y Arquitectura
Programa De Ingeniería Industrial
Diplomado Logística de Puerto
Sincelejo
2017

Almacenamiento en terminales de contenedores portuarias

Bruno Alfredo Paternina Rodríguez

Edgar Ernesto Vieira Pérez

Artículo de Revisión Presentado como Requisito Final para Cumplir con el Diplomado en
Logística de Puerto Optar al Título de Ingeniero Industrial

Director

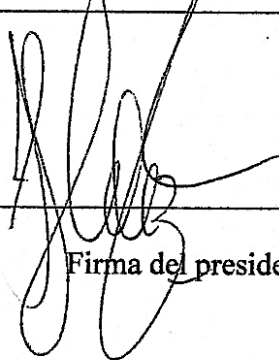
Pablo Cesar Pérez Buelvas

Ingeniero Industrial – Máster en Marketing Magement

Corporación Universitaria Del Caribe – CECAR
Facultad De Ciencias Básicas, Ingenierías Y Arquitectura
Programa De Ingeniería Industrial
Diplomado Logística de Puerto
Sincelejo
2017

Nota de Aceptación

Los estudiantes han aprobado
la presentación del Proyecto final
del Diplomado en Logística
de Puertos con nota (4.1)



Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Sincelejo, Sucre, 19 de mayo de 2017

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
1. Método	10
2. Estado Del Arte.....	12
2.1. Problemáticas Y Soluciones En Las Terminales De Contenedores.....	14
2.2. Asignación De Espacio De Almacenamiento.....	15
2.3. Automatización En Terminales De Contenedores Portuarios	18
2.4. Problema De Apilamiento De Contenedores	18
2.5. Modelamiento En Patio De Contenedores	20
Conclusión	22
Referencias Bibliográficas.....	23

Lista de Tablas

<i>Tabla 1.</i> Volumen de contenedores de los principales 20 puertos de contenedores en el mundo (2011-2013).....	9
--	---

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Ruta de investigación de referentes bibliográficos.....	11
<i>Figura 2.</i> Esquema de una terminal portuaria de contenedores.....	13
<i>Figura 3.</i> Vista aérea de una típica terminal de contenedores.....	14
<i>Figura 4.</i> Organización del patio de contenedores en una terminal portuaria.....	19

Resumen

El crecimiento constante de la industria portuaria ha venido aumentando con el pasar de los años. El transporte de carga contenerizada ha sido un avance significativo y fundamental en la operación de transporte de mercancías de un lugar a otro, debido al óptimo embalaje de esta, la seguridad de la carga y los diversos tipos de contenedores para cada producto en específico. Esto ha llevado a que la mayor carga mundialmente movilizada y manipulada en el transporte marítimo y a la misma vez, en los puertos, sea la de contenedores. Por tal motivo, esta tarea no es fácil para los puertos, debido los altos costos y tiempos que implican el no asignar y apilar los contenedores en un punto estratégico de los bloques ubicados en la zona de yardas, además de la alta congestión y cuello de botella que se presenta en los patios debido al alto volumen de contenedores que se manipulan en el interior del puerto.

En este artículo, se realizará una revisión bibliográfica de aquellos autores que diseñaron y propusieron estrategias y modelos para la solución a la problemática del almacenamiento en las terminales de contenedores portuarias, es decir, a la mala asignación y apilamiento de contenedores en patios.

Palabras clave: terminal de contenedores portuarias, mercancía contenerizada, apilamiento, asignación, almacenamiento en patios.

Abstract

The steady growth of the port industry has been increasing over the years. The transport of containerized cargo has been a significant and fundamental step in the operation of transport of goods from one place to another, due to the optimal packaging of this, the safety of the cargo and the various types of containers for each specific product. This has led to the fact that the largest cargo mobilized and manipulated in the maritime transport and at the same time, in the ports, is the one of containers. For this reason, this task is not easy for ports, due to the high costs and times involved in not allocating and stacking the containers at a strategic point of the blocks located in the yard area, in addition to the high congestion and collar Bottle that appears in the patios due to the high volume of containers that are handled inside the port.

In this article, a bibliographic review will be made of those authors who designed and proposed strategies and models for the solution to the problem of storage in the terminals of port containers, that is to say, the misallocation and stacking of containers in patios.

Keywords: container terminal, containerized goods, stacking, allocation, yard storage.

Introducción

Los puertos son el principal eslabón en la cadena logística en el transporte marítimo de mercancía ya sea de importación o de exportación y por consiguiente, es uno de los medios de transporte con más movimiento y distribución para abrir paso al comercio exterior, puesto que el mayor índice de mercancías transportadas es a través de contenedores y este medio de transporte cuenta con buques capaces de movilizar miles de TEU. La utilización de estos contenedores es un flujo que ha venido aumentando significativamente con el pasar de los años en base a la importancia del puerto como se observa en la tabla 1 debido a que estos minimizan la probabilidad de daños de la mercancía y el exceso de embalaje de estos mismos. (Güven & Eliiyi, 2014)

Tabla 2. Volumen de contenedores de los principales 20 puertos de contenedores en el mundo (2011-2013)

Rank	Port	Volume 2013 (million TEUs)	Volume 2012 (million TEUs)	Volume 2011 (million TEUs)
1	Shanghai, China	3362	32.53	31.74
2	Singapore	326	31.65	29.94
3	Shenzhen, China	2328	22.94	22.57
4	Hong Kong, S.A.R., China	2235	23.12	24.38
5	Busan, South Korea	1769	17.04	16.18
6	Ningbo-Zhoushan, China	1733	16.83	14.72
7	Qingdao, China	1552	14.50	13.02
8	Guangzhou Harbour, China	1531	14.74	14.42
9	Jebel Ali, Dubai	1364	13.30	13.00
10	Tianjin, China	1301	12.30	11.59
11	Rotterdam	1162	11.87	11.88
12	Dalian, China	1086	8.92	6.40
13	Port Kelang, Malaysia	1035	10.00	9.60
14	Kaohsiung, Taiwan	994	9.78	9.64
15	Hamburg, Germany	930	8.89	9.01
16	Antwerp, Belgium	859	8.64	8.66
17	Keihin ports, Japan	837	7.85	7.64
18	Xiamen, China	801	7.20	6.47
19	Los Angeles	787	8.08	7.94
20	Tanjung Pelepas, Malaysia	763	7.70	7.50

Fuente: (Shaiful et al., 2016)

Por tal motivo, el sector portuario ha presentado un incremento constante en avances tecnológicos (softwares y maquinaria) y modelos de optimización de operaciones en el puerto con la finalidad de suplir la demanda de exportación e importación de contenedores, optimización de

tiempos de cargue y descargue en patios, aprovechamiento de los espacios en la zona de almacenamiento obteniendo así, buena promesa de servicio, mayor productividad, mayor utilidad y minimización de costos por movilizar la mercancía eficazmente. (González, Soler, & Camarero, 2012)

El alto índice de tráfico de mercancía contenerizada en las terminales portuarias hace que se creen problemas de apilamiento de contenedores, limitación de espacios en los patios de almacenamiento y mala asignación de contenedores en el punto óptimo del bloque. (Said & El-Horbaty, 2015)

En la actualidad existen diversos métodos, modelos matemáticos y softwares propuestos por diversos autores con el objetivo de facilitar el manejo de las tareas en los patios de contenedores para optimizar y agilizar la movilización de contenedores en los patios, minimizando la distancia total recorrida en el proceso de almacenamiento o embargue de contenedores y optimización de espacios en los patios por buen apilamiento de estos. (Guerra-olivares & Smith, 2014) Para el problema en el proceso de almacenamiento en las terminales de contenedores portuarias se debe tener en cuenta la capacidad máxima de contenedores que se pueden almacenar en los patios de contenedores, la maquinaria para movilizar, cargar y descargar los contenedores y una buena asignación de carga de trabajo de las maquinas. (Jiang, Lee, Chew, Han, & Tan, 2012)

A continuación, se encuentran estudios que abordan la temática del problema de almacenamiento en las terminales de contenedores portuarias; en su mayoría se busca la optimización de espacios en patios y minimización de tiempos de movilización de la carga para su apilamiento.

1. Método

En la presente investigación almacenamiento en las terminales portuarias de contenedores, se hace una revisión de artículos publicados que tengan relación con la temática de gestión de almacenes de contenedores, planeación de las terminales de contenedores, etc. Esta sección del trabajo se realizará en cuatro fases

1.1. Fase 1: se determinó la temática abordar en la investigación, almacenamiento en las terminales portuarias de contenedores.

1.2. Fase 2: se obtuvieron artículos científicos de diversos autores de todo el mundo que muestran un planteamiento de temas relacionados con el almacenamiento y apilamiento de contenedores en las terminales portuarias y soluciones por medio de algoritmos, planeación y gestión de espacio en los patios.

1.3. Fase 3: se realizó un análisis de las operaciones presentadas en las investigaciones encontradas, relacionadas con el almacenamiento de contenedores en terminales portuarias y se da un mayor enfoque a las que causan un mayor impacto de la temática. Además, se analiza las problemáticas y soluciones que se presentan.

1.4. Fase 4: Se establecen las conclusiones sobre la investigación.

Para encontrar las referencias bibliográficas que dan soporte al estudio, fue a través de la siguiente ruta de investigación:

Figura 1. Ruta de investigación de referentes bibliográficos



Fuente: Elaboración propia

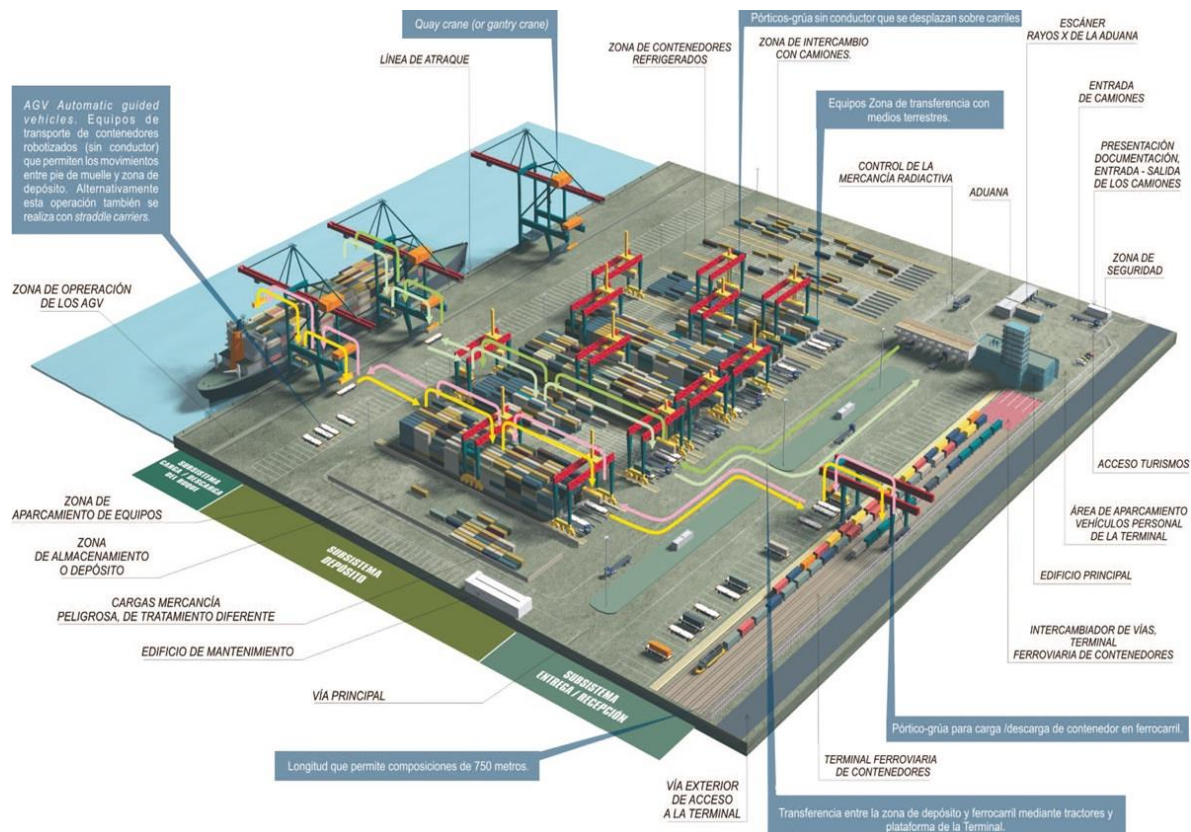
2. Estado Del Arte

Actualmente, se encuentran diversos estudios realizados en puertos sobre el almacenamiento en las terminales de contenedores portuarias; se puede observar que en las terminales portuarias siempre ha sido un trabajo de gran cuidado y de buena gestión logística debido a que se necesitan asignar los equipos de manipulación de estos para transportarlos del lugar de carga y descarga hacia los patios, y viceversa, además de la difícil tarea de apilar los contenedores de manera óptima. Por ello, a inicio del siglo XXI, los señores (Zhang, Xu, Li, & Yuan, 2003) dijeron que se debía tener en cuenta el diseño y distribución en planta del puerto para determinar la capacidad de espacio de almacenamiento máxima que puede haber en los patios para la buena entrada y salida de contenedores sin generar caos, como también la gestión de operaciones en los astilleros de contenedores y la buena planificación de recursos. En las últimas décadas, el transporte marítimo ha tenido un crecimiento significativo debido en gran parte a la constante manipulación de contenedores, puesto que, este es uno de los embalajes más utilizados para transportar mercancía por la reducción en cantidad del volumen de productos y además, es una caja de acero que protege el producto de posibles daños. (Luo & Wu, 2015) Las terminales de contenedores son zonas de almacenaje provisional, para descargar y cargar los contenedores de exportación o importación. (Razouk, Benadada, & Boukachour, 2016) Los contenedores son optimizadores de embalaje de la mercancía y facilitan el proceso de carga y descarga de estos de un lugar a otro, llegaron al mercado hace aproximadamente medio siglo, son grandes cajas de acero con dimensiones estandarizadas diseñadas para la manipulación con fácil y rápida de las cargas. Los contenedores son de 8 pies de ancho y vienen en tres longitudes estandarizadas de 20 pies, 40 pies o 45 pies con una altura de 8,5 pies o 9,5 pies, manejan cargas hasta 28 toneladas y volúmenes de 1000 pies cúbicos. (Luo & Wu, 2015) En el creciente mercado de la industria naviera en el sistema marítimo, las terminales portuarias de contenedores han desarrollado constantes mejoras para mantenerse en competencia y a la vanguardia del transporte multimodal que se presenta en esta zona, en el cargue y descargue de contenedores como se aprecia en la figura 2 la cual detalla todas las zonas y operaciones que se presentan en una terminal de contenedores, puesto que es un nodo vital de esta funcionalidad de

transporte en los que la productividad y la eficiencia deben estar bien garantizados. (Jin, Lee, & Cao, 2014)

Además es un punto de flujos de entradas y salidas de mercancías procedentes del mar o tierra, es decir, enviados por países del exterior o disponibles del mismo país para enviarlo al exterior, que cuentan en su mayoría, con tareas fundamentales e indispensables como la de cargue, descargue, apilamiento y almacenamiento de contenedores en donde su función principal es realizar con un óptimo tiempo, eficacia, eficiencia, seguridad de la carga y de los empleados, respetar el medio ambiente y movilizar la mayor carga posible para generar mayor economía al país. (Martín-Soberón, Monfort, Sapiña, Monterde, & Calduch, 2014)

Figura 2. Esquema de una terminal portuaria de contenedores



Fuente: (Méndez, 2015)

2.1. Problemáticas Y Soluciones En Las Terminales De Contenedores.

Uno de los mayores problemas que se presentan en las terminales de contenedores son la determinación específica y óptima para la ubicación exacta de cada contenedor, la asignación de la yarda en el patio, la asignación de espacio que se determinara para los contenedores salientes, la utilización óptima de tierra y la ubicación para ser embarcados en los buques (ver figura 3). Para la solución de estos problemas, (Chen & Lu, 2012) proponen la utilización de modelos matemáticos que ayudan a determinar la ubicación óptima de cada contenedor tanto de entrada como de salida y la utilización de espacios determinados para cada uno de los bloques. De igual manera, (Jiang et al., 2012) proponen un enfoque denominado plantilla de espacios compartidos con el fin de mejorar y optimizar la utilización de la tierra, es decir, de patios de contenedores cuando se implementa la estrategia de consignación la cual consiste en reducir el nivel de remodelación para una alta productividad en la terminal.

Figura 3. Vista aérea de una típica terminal de contenedores



Fuente: (Luo, Wu, & Mendes, 2016)

Existen puertos que manejan mayor centro de transbordo de mercancía mundial y por ello tienen la necesidad de tener más de una terminal de contenedores, obteniendo a la vez, el problema

de tráfico interno que pueden afectar directamente los costos operaciones debido a que este tráfico contribuye en gran medida al coste total operativo. (Lee, Jin, & Chen, 2012) afirman según sus estudios, que el tráfico inter-terminal se reduce asignando buques relacionados a la misma terminal, solo si hay suficiente espacio y capacidad de atraque. Debido a todo esto, la planificación de estas terminales debe hacerse cuidadosamente con el fin de reducir el tráfico interno y optimizar lo más posible los costes operacionales.

Según el modelo de simulación de (Rizaldi, Wasesa, & Rahman, 2015) los patios de la terminal se modelan como un área bidimensional en donde cada célula representa un contenedor, estos a su vez, se almacenan y movilizan en una are amplia llamada patio el cual contiene 4 bloques, cada uno de estos bloques se divide en 40 bahías y estas mismas les corresponden 6 filas en donde los contenedores se pueden apilar en 4 etapas. Para la optimización y la minimización en el tráfico de transporte de contenedores por medio de vehículos automáticos o manuales en el interior de la terminal se tiene un camino específico y único para eso, en donde se conectan todos los 4 bloques a esta misma para una distribución apropiada en el patio de la terminal.

2.2. Asignación De Espacio De Almacenamiento

Esta claramente comprobado que la gestión logística y operaciones de patio de contenedores en las terminales portuarias generan impacto ya sea positivo o negativo determinando así la eficiencia y productividad de un puerto, puesto que, esta área guarda relación con la disponibilidad de equipos de manipulación de contenedores como lo son, las grúas y vehículos; y programación de tareas mecanizadas o manipuladas por el hombre. Si bien es cierto, lo anteriormente escrito no deja de ser un problema escoger de manera apropiada el patio o lugar de almacenamiento en donde rotan y transportan los contenedores que entran y salen del puerto; para una solución o disminución de este problema, (Rashidi & Tsang, 2013) se tomaron la tarea de clasificar los tipos de almacenamiento de contenedores según su tiempo, importancia y demás variables requeridas por los terceros interesados en la seguridad de la mercancía.

La clasificación de los sistemas de almacenamiento fueron los siguientes: a corto plazo, largo plazo y especializados. El sistema de almacenamiento a corto plazo se utiliza para contenedores que puedan ser rotados o trasladados a otro buque. El sistema de almacenamiento a largo plazo es para contenedores a la espera de ser inspeccionado por el ente aduanero para verificar que estos estén sin ningún tipo de mercancía restringida y que este con calidad y segura. Por último, el sistema de almacenamiento especializado se utiliza con aquellos contenedores de gran costo e importantes. Para la planificación de carga y descarga de contenedores, (Rodríguez-Molins, Salido, & Barber, 2012) utilizan el método logístico LIFO (último en entrar, primero en salir) en donde cada contenedor entrante debe ser asignado a un lugar en la pila y cada contenedor saliente debe ser de fácil acceso y con una ubicación cercana a la posición de descarga al momento de salir. Dos de las decisiones que se deben tomar según (Jin et al., 2014) son la asignación de espacio de almacenamiento, en esta se debe determinar las ubicaciones de almacenamiento para cada contenedor, y el despliegue de la grúa en patio en el cual se determina el espacio óptimo donde debe circular la grúa para la asignación logística correcta. Estos mismos autores utilizan el modelo matemático “Storage Space Allocation Problem” el cual es un método que es aplicado en el puerto de Singapur para optimizar el tráfico de contenedores en patios subdividiéndolos en 5 bloques, este método se centra en la asignación de espacios en el nivel de sub bloques.

El control basado en hormigas es un modelo heurístico diseñado por (Sharif & Huynh, 2013) el cual se basa en la distribución y asignación de contenedores de manera dinámica a los bloques o carriles ubicados en los patios cada vez que entren en atraque los buques de contenedores para prestar servicio de almacenaje o lleguen vehículos de cargas al puerto para prestar servicio de exportación. Este modelo plantea como primer objetivo reducir el desequilibrio de la carga de trabajo de bloque a bloque por medio de la distribución de contenedores que llegan inmediatamente al puerto, y el segundo objetivo plantea minimizar la distancia de recorrido de los vehículos de transporte internos durante la carga y descarga de los buques por medio de la asignación de bloques a los contenedores. Consecutivamente, se reduce en lo posible la distancia de transporte de contenedores desde los bloques de patio hasta la litera, y el nivel que debe tener la pila para minimizar la congestión de contenedores.

Para (Hu, Wang, & Min, 2014) el uso adecuado de los patios de contenedores da ventajas en la productividad de un puerto puesto que, se aprovechan los espacios y se minimizan los costos, incrementando el rendimiento operacional de la terminal de contenedores, la programación y la optimización del patio se vuelven críticas.

Se debe tener en cuenta que en las terminales de contenedores se manejan 3 tipos de contenedores, de entrada, salida y transbordo esto es muy importante tenerlo en presente a la hora de planificar y optimizar las labores, planificando la asignación de grúas para los contenedores que entran a la zona y asignando los salientes en un bloque para que sea eficientemente recuperados por los clientes y los contenedores de transbordo se asignan en pro de un fácil atraque a los buques que llegan al puerto. Para desarrollar estas actividades (Yu & Qi, 2013) ejecutan modelos de asignación de espacios de contenedores. El primer paso consiste en que los contenedores entrantes son almacenados uniformemente, la diferencia de altura entre las filas es la misma. El paso 2 consiste en que los contenedores entrantes están restringidos en un solo patio, si se reorganiza es movido sobre otra pila pero en el mismo patio. Por último, el paso 3 consiste en que cada contenedor tiene la misma probabilidad de ser recogido independientemente del momento en que llega. Cada vez, los patios de contenedores están quedando pequeños y esto conlleva a un congestionamiento en la terminal por escasez de tierras despertando más la atención a la gestión de almacenes. (Jiang, Chew, Lee, & Tan, 2014) afirman que la asignación de espacio a contenedores determina la carga de trabajo de las grúas de patio y la congestión de transporte de vehículos, la operación en yarda es eficiente si se manejan esos aspectos, especialmente para los puertos de transbordo. Según ellos, la principal dificultad se presenta en que los contenedores entrantes en un puerto de transbordo llegan de un solo buque y serán repartidos para varios buques. Para evitar una doble manipulación, los contenedores son almacenados en la misma área hasta que se carga a su respectivo buque, esto con el fin de minimizar los recorridos y optimizar los espacios en patio.

2.3. Automatización En Terminales De Contenedores Portuarios

La automatización permite reducir en un grado muy alto la intervención humana en las actividades industriales, dando un alcance de control de los equipos y todos los procesos involucrados. Se obtiene como resultado la estandarización de los niveles de rendimientos, la eliminación de los niveles de incertidumbres en los tiempos de respuesta, la reducción de los costos operacionales y los errores humanos; brindando un nivel de confianza alto en el desarrollo de las labores en los patios de contenedores. Para automatizar las terminales de contenedores (Martín-Soberón et al., 2014) opinan que es importante integrar todas las tecnologías o sistemas que por separado podrían ser consideradas automatizaciones menores. El desarrollo que presenta automatizar la terminal de contenedores es muy grande y hace al puerto más competente y productivo.

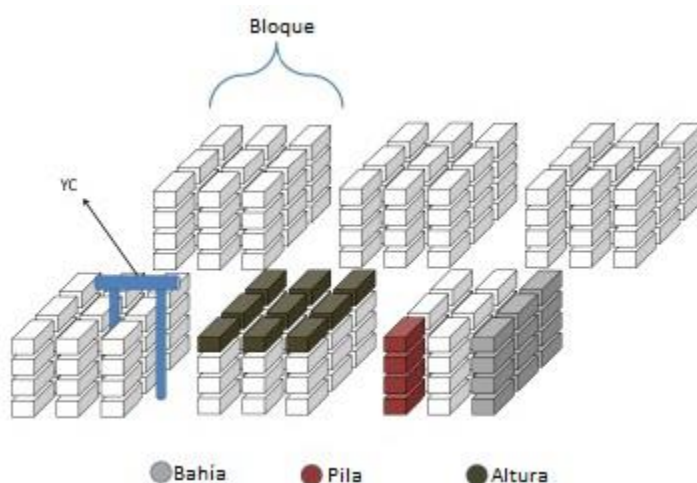
En los últimos años se ha incrementado la automatización en las terminales de contenedores esto con el fin de aumentar la productividad y la satisfacción de los tiempos de entrega a los clientes debido a la fuerte competencia que presenta este campo. Estas aplicaciones en las terminales portuarias ayudan a minimizar los costos laborales, debido al bajo manejo de la mano humana, el flujo de contenedores es aún mayor en una terminal automatizada. Para la automatización de patios de contenedores se utiliza y programa el robot AGV (Automatic Guided Vehicle) el cual es un robot móvil que puede moverse sobre una red de tipo carretera que incorpora Cables eléctricos o transportadores en el suelo para determinar su posición. Estos vehículos automáticos cuentan con una alta popularidad en las terminales de contenedores, ya que las terminales no automatizadas han demostrado ser ineficientes y muy costosas. (Luo et al., 2016)

2.4. Problema De Apilamiento De Contenedores

Para identificar y determinar la localización de un contenedor (Güven & Eliiyi, 2014) toman parámetros tales como el carriel, la bahía, la pila e hilera, en donde el conjunto de bahías y la cantidad de pilas definen lo que es un carril. La bahía es un conjunto de pilas de tamaño específico

que denominan el nivel y está dada por contenedores de un mismo tamaño. Las yardas de apilamiento están clasificadas por varios carriles y estos a su vez por varias bahías. En la figura 4 se observa claramente la forma que tiene cada uno de los conceptos dados. Cada vez que un contenedor llegue a la terminal y este deba asignársele una posición de almacenamiento debe tomarse la variable tiempo con respecto a la hora de llegada, destino y hora de salida de este mismo con aquellas partes interesadas en el proceso como lo son la entidad transportadora de la carga y el dueño de esta misma. A todo este proceso operacional se le llama y es conocido como CSP, lo que significa problema de apilamiento de contenedores el cual es la problemática más frecuente en las terminales portuarias y la que se le debe dar prioridad, control, seguridad y valor agregado.

Figura 4. Organización del patio de contenedores en una terminal portuaria



Fuente: (Méndez, 2015)

(Shaiful et al., 2016) sugieren que cuando el apilamiento denso es mayor que el rendimiento global de un terminal, el puerto debe gestionar e identificar para aumentar el volumen de la demanda de contenedores, con el fin de bajar las tasas de apilamiento y aumentar los espacios disponibles en la terminal de contenedores.

El problema de apilamiento de contenedores consiste en descubrir y encontrar la manera de posicionar los contenedores en los almacenes o patios de manejo de estos en una terminal portuaria,

pero también a la misma vez, se quiere optimizar y/o minimizar el número de movimientos de reubicación que se realizan en las operaciones de carga de mercancías por salir del puerto. Para solucionar esta problemática (Hamdi, Mabrouk, & Bourdeaud'Huy, 2012) plantearon una heurística RSC máxima la cual tiene promesas de mejora de resultados a esta tarea de apilar de manera óptima los contenedores en sus determinados carriles, las accesibilidades posicionales de las grúas deben ser estratégicas para un mayor alcance en la línea ante las posiciones de apilamiento, el tiempo en desarrollar todos los movimientos con un conocimiento de las secuencias de labores sea entrante o saliente en el momento que se toman las decisiones.

En muchos casos, el problema del mal almacenamiento de contenedores y su apilamiento surge cuando se practican los procesos de carga y descarga de contenedores al mismo tiempo por medio de robots los cuales hacen esta difícil tarea. Una solución planteada por (Luo & Wu, 2015) para la buena programación de máquinas y vehículos automatizados y el almacenamiento de contenedores es la correcta asignación a cada uno de estos contenedores para mejorar la productividad de los puertos es controlar el tiempo de atraque de los buques y tiempo de llegada de vehículos transportistas. Para determinar una buena planificación de las labores en todas las actividades que se realicen en la terminal de contenedores, (Voß, Guckenbiehl, Schütt, & Buer, 2016) propusieron un software de pronosticos basados en simulacion el cual da soluciones para el numero de empleados y equipos de manipulacion de contenedores que se deben realizar esta tarea en los tiempos precisos.

2.5. Modelamiento En Patio De Contenedores

Cuando se necesita implementar métodos y modelos algorítmicos por medio de la información dinámica entre todos los subsistemas de la terminal portuaria es difícil adaptarse con facilidad. Por ello, (Liang, Gu, Lu, & Ding, 2015) establecieron un modelo o algoritmo genético el cual se compone de un subsistema de almacenamiento, un subsistema de programación y un controlador de coordenadas. Este se basa en la adaptabilidad de una selección genética crossover y mutación de operaciones para posterior a ello realizar ajustes de almacenamiento en yardas y la planeación de estos para su posterior salida. Este modelo tiene como resultado en su función objetivo

minimizar la distancia de recorridos por contenedor a sus bloques de destinos para disponer de un carril apropiado.

El modelo realizado por (Mengjue, Ning, & Weijian, 2016) llamado nivel superior fue un modelo de programación de enteros mixtos en donde el algoritmo progresivo de PSO se aplicó y dio solución a la problemática de almacenamiento. Esta solución conlleva a la minimización y proporción de espacios necesarios para la asignación de los contenedores en la terminal y a su vez estas áreas no estén muy congestionadas. Este modelo es óptimo en convencionales los cuales tienen mucha movilidad de carga debido a su gran potencial tecnológico y grandes movimientos del PIB de su país que sale a muchos países del mundo entero. Estas terminales en este país generalmente trabajan con robots y maquinaria automatizada, es decir, almacenamiento predeterminado, y este modelo generó mayor eficiencia en el manejo de asignación en tiempo real de los contenedores a su carril y a los patios de almacenamiento.

Por último, un parámetro a tener en cuenta en las terminales de contenedores es la seguridad no solo de la mercancía sino también del puerto, puesto que, un mal manejo de estas como por ejemplo de aquellas que pertenecen a las mercancías peligrosas pueden ocasionar grandes pérdidas y costos por daños. Esta sección clasificada para el almacenaje de los contenedores que estas en constante operaciones de importación, exportación, cambio y rotación de contenedores tienen un sinnúmero de reglas y restricciones que realizando estas de manera adecuada brindan una confianza en la gestión logística de manejo de estas mercancías. Aunque esto no asegure que se presenten acciones inesperadas por errores en el almacenaje o manejo de estas mercancías peligrosas, se logran minimizar por medio de una buena programación de contenedores. Con esto se llega a un objetivo principal el cual es controlar en tiempo real los terminales portuarios realizando una buena posición exacta de cada contenedor, siendo este importado, exportado y/o cambiado. (Rekik, Elkosantini, & Chabchoub, 2015)

Conclusión

La buena gestión logística y de operaciones que se practican día por día en las terminales portuarias, además de los grandes volúmenes y bajos costos de transportar contenedores de un país a otro ha hecho que el transporte marítimo sea el principal eslabón para el desarrollo de los países.

Una operación significativa en las terminales de contenedores portuarias es la de almacenamiento, donde se presenta distintas problemáticas que abarcan desde apilar los contenedores en el punto óptimo de cada bloque para optimizar los tiempos de cargue y descargue, espacios de los patios y costos por mala gestión hasta la seguridad de la carga.

Luego de analizar las investigaciones y modelos diseñados por diferentes autores con respecto al problema de almacenamiento en la terminales de contenedores portuarias se concluye que se debe gestionar una buena logística y planificación de recursos como espacio y capacidad máxima de los patios, maquinaria automatizada para la manipulación y transporte de contenedores en el interior de la terminal, asignación estratégica de los contenedores en el punto óptimo (carril, pila, bahía y altura) de cada bloque para minimizar los tiempos de recorrido y operación de carga y descarga de estos para su salida o entrada al puerto. Así mismo, se observa que los autores buscan de asignar y apilar los contenedores en un punto óptimo de cada bloque con el fin aumentar la productividad de las terminales de contenedores para ser más competente en el mercado satisfaciendo la necesidad de la demanda, que en este caso son los buques que atracan al puerto para descargar la mercancía contenerizada y los vehículos mecánicos (tracto camión, mulas, etc.) para así sacar los contenedores del puerto y así, transportarlos en el país donde está ubicado el puerto.

Referencias Bibliográficas

- Chen, L., & Lu, Z. (2012). The storage location assignment problem for outbound containers in a maritime terminal. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 73–80.
<http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.09.019>
- González, N., Soler, F., & Camarero, A. (2012). Modelo de eficiencia de las terminales de contenedores del sistema portuario español, 49–67.
- Guerra-olivares, R., & Smith, N. R. (2014). Modelos y heurísticos para la asignación de contenedores a espacios de almacenamiento en el patio de una terminal portuaria, (NOVEMBER). <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.1866.9926>
- Güven, C., & Eliiyi, D. T. (2014). Trip allocation and stacking policies at a container terminal. *Transportation Research Procedia*, 3(July), 565–573.
<http://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.035>
- Hamdi, S. E., Mabrouk, A., & Bourdeaud'Huy, T. (2012). A heuristic for the container stacking problem in automated maritime ports. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 14). IFAC. <http://doi.org/10.3182/20120523-3-RO-2023.00410>
- Hu, W., Wang, H., & Min, Z. (2014). A storage allocation algorithm for outbound containers based on the outer-inner cellular automaton. *Information Sciences*, 281, 147–171.
<http://doi.org/10.1016/j.ins.2014.05.022>
- Jiang, X., Chew, E. P., Lee, L. H., & Tan, K. C. (2014). Short-term space allocation for storage yard management in a transshipment hub port. *OR Spectrum*, 36(4), 879–901.
<http://doi.org/10.1007/s00291-014-0366-7>
- Jiang, X., Lee, L. H., Chew, E. P., Han, Y., & Tan, K. C. (2012). A container yard storage strategy for improving land utilization and operation efficiency in a transshipment hub port. *European Journal of Operational Research*, 221(1), 64–73.
<http://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.03.011>

- Jin, J. G., Lee, D.-H., & Cao, J. X. (2014). Storage Yard Management in Maritime Container Terminals. *Transportation Science*, (June), 141223041352002. <http://doi.org/10.1287/trsc.2014.0527>
- Lee, D. H., Jin, J. G., & Chen, J. H. (2012). Terminal and yard allocation problem for a container transshipment hub with multiple terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(2), 516–528. <http://doi.org/10.1016/j.tre.2011.09.004>
- Liang, C., Gu, T., Lu, B., & Ding, Y. (2015). Genetic mechanism-based coupling algorithm for solving coordinated scheduling problems of yard systems in container terminals. *Computers and Industrial Engineering*, 89, 34–42. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2015.03.003>
- Luo, J., & Wu, Y. (2015). Modelling of dual-cycle strategy for container storage and vehicle scheduling problems at automated container terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 79, 49–64. <http://doi.org/10.1016/j.tre.2015.03.006>
- Luo, J., Wu, Y., & Mendes, A. B. (2016). Modelling of integrated vehicle scheduling and container storage problems in unloading process at an automated container terminal. *Computers and Industrial Engineering*, 94, 32–44. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2016.01.010>
- Martín-Soberón, A. M., Monfort, A., Sapiña, R., Monterde, N., & Calduch, D. (2014). Automation in Port Container Terminals. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160(Cit), 195–204. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.131>
- Méndez, A. (2015). *Simulación de las tareas del patio de contenedores de una terminal portuaria*. La Laguna.
- Mengjue, X., Ning, Z., & Weijian, M. (2016). Storage Allocation in Automated Container Terminals : the upper level, 23, 160–174.
- Rashidi, H., & Tsang, E. P. K. (2013). Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals. *Applied Mathematical Modelling*, 37(6), 3601–3634. <http://doi.org/10.1016/j.apm.2012.07.042>
- Razouk, C., Benadada, Y., & Boukachour, J. (2016). New approaches for solving the container

- stacking problem. *2016 3rd International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, 1–7. <http://doi.org/10.1109/GOL.2016.7731679>
- Rekik, I., Elkosantini, S., & Chabchoub, H. (2015). Real-time stacking system for dangerous containers in seaport terminals. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 141–148. <http://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.072>
- Rizaldi, A., Wasesa, M., & Rahman, M. N. (2015). Yard Cranes Coordination Schemes Automated Container Terminals : an Agent-Based Approach. *Proceeding of Industrial Engineering and Service Science*, 4(Iess), 66–73. <http://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.022>
- Rodriguez-Molins, M., Salido, M. A., & Barber, F. (2012). Intelligent planning for allocating containers in maritime terminals. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 978–989. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.098>
- Said, G. A. E. N. A., & El-Horbaty, E. S. M. (2015). An Optimization Methodology for Container Handling Using Genetic Algorithm. *Procedia Computer Science*, 65(Iccmit), 662–671. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.010>
- Shaiful, N., Abdul, F., Alisha, R., Venus, I., Shaiful, N., & Abdul, F. (2016). Preliminary study on new container stacking / storage system due to space limitations in container yard. *Maritime Business Review*, 1(1), 21–39. <http://doi.org/10.1108/MABR-03-2016-0004>
- Sharif, O., & Huynh, N. (2013). Storage space allocation at marine container terminals using ant-based control. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2323–2330. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.032>
- Voß, A., Guckenbiehl, G., Schütt, H., & Buer, T. (2016). An online storage strategy with dynamic bay reservations for container terminals. <http://doi.org/10.1109/SSCI.2016.7850059>
- Yu, M., & Qi, X. (2013). Storage space allocation models for inbound containers in an automatic container terminal. *European Journal of Operational Research*, 226(1), 32–45. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.10.045>

Zhang, Y. H., Xu, C. F., Li, J. F., & Yuan, C. Y. (2003). Storage space allocation in container terminals. *Chinese Journal of Chemistry*, 21(7), 883–892. [http://doi.org/10.1016/S0191-2615\(02\)00089-9](http://doi.org/10.1016/S0191-2615(02)00089-9)