

# MODELO DE COSTOS LOGÍSTICOS ABC PARA EL SERVICIO DE ÚLTIMA MILLA INTERMODAL DEL CONTENEDOR MARÍTIMO

## LOGISTICS COST MODEL FOR THE LAST MILE INTERMODAL SERVICE OF THE SHIPPING CONTAINER

Reyes Trujillo, Marlene <sup>a</sup>, Islas León, Juana <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, División. Ingeniería en Logística. Paseo del Agrarismo 2000, Carr. Mixquiahuala - Tula, Km 2.5. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, C.P. 42700. mreyest@itsoeh.edu.mx\*

**RESUMEN.** La presente investigación se refiere a la modelación de costos logísticos en la última milla intermodal de contenedores importados, por el puerto de Veracruz. Enfocado al proceso y administración logística de contenedores marítimos, derivado a la problemática de variables de costos y tiempos en la importación, se elaboró con la finalidad de identificar los costos logísticos, estandarizar procesos y contar con alternativas que permitan reducir costos. Como hipótesis se plantea que la implementación de un modelo de costos logísticos de transporte de última milla intermodal promueve nuevas proyecciones presupuestales que permiten aumentar la utilidad en los servicios ofertados para las empresas importadoras de contenedores. Reduciendo costos y cumpliendo en tiempos operativos. Se analizaron conceptualmente, distintos factores y modelos de costos, que intervienen en la última milla del contenedor; entendiendo cada concepto, se procedió a la revisión de la literatura en referencia con modelos de costos en la cadena de suministro. Se empleó una metodología basada en modelos de costos ABC por asignación de actividades. Solicitando cotizaciones y realizando negociaciones para obtener el mayor beneficio en el momento de determinar el costo total del servicio de la última milla de los contenedores, así mismo la combinación de medios de transporte y el recorrido final. Se evaluó y se determinó que de acuerdo con las características del servicio; se asigna un modelo de costos ABC, considerando cada una de las características del servicio con cada variable. Los resultados obtenidos fue el modelado de costos bajo distintos esquemas y variables de servicios, que ayudarán en la elaboración de tablas comparativas de costos, obteniendo un beneficio en distintos escenarios, derivados de las condiciones de transporte y aduanales. A nivel internacional se buscan prácticas que permitan reducir costos, agilizar procesos del transporte y estandarizar procesos. A futuro se plantea la posibilidad de la investigación de un reparto modal para la toma de decisiones, reducción de costos y eficiencia en el servicio.

**Palabras clave:** última milla, intermodal, estructura de costos

### ABSTRACT.

This research refers to the coordination cost modeling of the last intermodal mile of imported containers, through the port of Veracruz. Focused on the process and coordination administration of maritime containers, derived from the problem of cost variables, and import times, it was developed to identify the logistics cost structure and standardize processes. As a hypothesis, it is proposed that the implementation of an intermodal last-mile transport coordination cost model promotes new budgetary projections and allows efficient use of the services offered for container importing companies. Reducing costs and complying with operational times. Varied factors and cost models that intervene in the last mile of the container were conceptually analyzed; Understanding each concept, we proceeded to a review of the literature in reference to cost models in the supply chain. It was evaluated and it was determined that according to the characteristics of the service; develop an ABC cost modeling, since it is a circumstantially variable service. A methodology based on ABC cost models by activity assignment was used. Requesting quotes and conducting negotiations to obtain the greatest benefit at the time of determining the total cost of the service of the last mile of the containers, as well as the combination of means of transport on the final route. The results obtained were comparative tables of costs, obtaining a benefit in different scenarios, derived from transport and customs conditions. At an international level, practices are being sought to reduce costs, streamline transportation processes, and standardize processes. In the future, the possibility of investigating a modal distribution for decision-making, cost reduction and service efficiency arises.

**Key words:** last mile, intermodal, cost structure.

### INTRODUCCIÓN

La presente investigación desarrolla la modelación de costos logísticos de la última milla intermodal de contenedores importados en México por el puerto de Veracruz con destino al Centro del País. Enfocado al proceso operativo y administrativo de la logística de contenedores.

En dicho proceso de la logística de los contenedores el sector transporte es considerado un eslabón elemental para la cadena de suministro<sup>1</sup>, en el caso de las importaciones el transporte interior, la conexión puerto-hinterland, representa una parte importante de los costos totales de la cadena

logística del contenedor entre el 40% y el 80% de los costos totales<sup>2</sup>. Por lo tanto, es importante modelar y definir alternativas de reducción de costos.

La característica principal del servicio hinterland (última milla) de los contenedores es que se ejecuta en un modelo unimodal, sin embargo, las limitantes son disponibilidad de unidades, las altas emisiones de contaminación y sobre todo la constante alza de combustibles han generado el encarecimiento del servicio, lo que genera la necesidad de buscar nuevas alternativas de transporte.

Para analizar la problemática es necesario identificar las variables que influyen directamente en el servicio de la última milla como: medio de transporte terrestre; Sistema Público Federal (SPF) y Sistema Ferrocarriles (FFCC), costos de maniobras y administración de tiempos. Que a su vez cada variable cuenta con sus propios indicadores que permiten evaluar, por último, un instrumento que permitirá medir cada variable y su indicador. Podrá tener mayor visualización de la estructura de costos de la última milla del contenedor marítimo para la toma de decisiones y establecer el tipo de modelo a ejecutar en cada servicio.

Los objetivos son: proponer, determinar, evaluar y diseñar un modelo de costos de última milla intermodal. Basado en un modelo simbólico de costos ABC por actividades para que permita visualizar y facilitar la toma de decisiones respecto el tipo de servicio de milla a utilizar.

## METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo cuantitativo, basada en la obtención de datos establecidos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis de variables de tiempos y costos de acuerdo con actividades, para establecer un modelo logístico y probar teorías acerca del costo total del servicio de última milla del contenedor. En otro sentido el alcance del estudio es de carácter descriptivo, el fenómeno estudiado y sus componentes, son medir conceptos y definir variables. El diseño es considerado transversal ya que se recolectarán datos, analizando la interrelación entre conexión puerto-hinterland y el servicio de

transporte bimodal SPF y FFCC respecto a tiempos y costos.

El nivel de estudio es correlacional con un método inductivo empirismo de lo general a lo particular, se toma en cuenta la observación, empleando técnicas: documental y de campo.

Las estrategias por desarrollar constan de tres pasos importantes:

- Modelando flujos del servicio en actividades<sup>3</sup> (mediante la observación y análisis de actividades importaciones de contenedores 2023 anuarios estadísticos).
- Cálculo de tiempos por medio de la distribución normal<sup>4</sup>. Con ayuda del Anuario estadístico 2023, de tiempos de despacho y transporte en función a la distancia.
- Costeo ABC<sup>5</sup>; Asignación de costos por medio de procesamiento de tarifas públicas de puerto-hinterland, así como, el cálculo de tarifas de transporte carretero por km<sup>6</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la determinación de actividades se recurre a visitas de campo para determinar procesos de maniobras y actividades de importación de contenedores observando y clasificando las actividades en la Tabla.1; donde se clasifican en bloques: las actividades principales son: previos, adicionales, impuestos, EIR, maniobras de puerto y medios de transporte cada uno con sus propias variantes.

Donde las actividades de Previos no son obligatorias de acuerdo con la ley aduanera y su Artículo 65<sup>7</sup>. Sin embargo, sirven para validar previamente, antes de ejecutar la modulación y liberación frente a la autoridad aduanera.

El previo ocular consiste en la abertura y observación a simple vista por el agente aduanal para la validación de la mercancía.

El Previo llenado / vaciado paletizado se realiza para producto embalado en tarimas de madera, mientras que el no paletizado su presentación se encuentra en

una presentación granel sin unificación para la facilitación de las maniobras.

Se reconoce como adicionales las actividades de reconocimiento aduanero el cual de acuerdo al artículo 44<sup>7</sup> de la ley aduanera describe que es un examen riguroso y documental de la mercancía de importación o exportación, en su caso, cuando es mercancía de difícil identificación de la toma de muestras, para determinar los elementos que ayuden a precisar la veracidad de lo declarado en la documentación aduanera. Utilizado para la validación de la veracidad de la información y actividades de importación y exportación.

Las actividades de uso de puerto son la referencia a los impuestos por usar el puerto marítimo consistiendo basado en la seguridad. Considerando el Impuesto ISPS el Código internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias, para la detección de las amenazas.

El control documental administra las boletas de entrada y salida de contenedores, así como los estatus.

Las maniobras permiten el movimiento de piso a la colocación en unidad de transporte denominada; THC de llenos I al transporte interior principal FFCC, THC de llenos II al transporte interior Secundario SPF y a su regreso THC de vacíos I del transporte secundario SPF y THC de vacíos II del transporte Principal SPF. Considerando 2 por medio de transporte, de almacenaje a transporte y de transporte a almacenaje.

Mientras que el muellaje es el impuesto considerado por el uso o permanencia en el puerto.

Los EIR corresponden al documental de control de estatus de entrega de contenedores para deslindar responsabilidades durante maniobras y transporte. La descarga es el servicio que consiste en sacar el producto del contenedor. Una vez descargado se deberá sanitizar, limpiar y barrer el contenedor para entregarlo en buenas condiciones.

Finalmente se considera el servicio de transporte, y derivado del servicio la variable son los km y los

costos variables que surgen como peaje, y costos de combustibles.

Todas las actividades principales son concentradas clasificadas en distintas variantes en la tabla 1 para su visualización.

Actividades Principales	Variantes
<b>Previos</b>	Sin previo
	Con previo ocular
	Previo llenado / vaciado paletizado
	Previo llenado / vaciado no paletizado
<b>Adicionales</b>	Reconocimiento Aduanero
	Almacenaje
	Adicionales
	Limpieza (barrido)
<b>Uso de Puerto</b>	Lavado
	Código ISPS
	Control documental y electrónico
<b>EIR</b>	Muellaje
	EIR Lleno
<b>Maniobras</b>	EIR Vacío
	Maniobra THC Lleno I Principal FFCC (carga)
	Maniobra THC Lleno I Principal FFCC (descarga)
	Maniobra THC Lleno II Secundario SPF (carga)
	Maniobra THC Vacío I Secundario SPF (descarga)
	Maniobra THC Vacío II Principal FFCC (carga)
	<b>Transporte</b>
Transporte Lleno II Secundario Sencillo SPF	
Transporte de Vacío I Secundario Sencillo SPF	
Transporte Lleno II Secundario Full FSPF	
Transporte de Vacío I Secundario Full SPF	
Transporte de Vacío II Principal FFCC	

**Tabla 1.** Actividades del proceso de última milla del contenedor.

Para la determinación de tiempos se aplicó una medición estadística de distribución normal para determinar los tiempos de despacho de los contenedores desde su arribo (un costado buque). De igual forma aplicando un análisis en el anuario estadístico 2023 para determinar tiempos de

despacho, obteniendo como resultado de uno a tres días. Ver figura 1

Referente a maniobras y trasporte principal de lleno del FFCC una vez modulado y liberado el contenedor se procede a solicitar transporte FFCC con 24 horas de anticipación procediendo al THC de llenos para FFCC, asignación de EIR de lleno I y ejecutando la salida. Arrojando un promedio de 24 horas. a una velocidad de 32 km/h hacia la llegada del puerto interior.

Por parte de puerto interior confirmará el arribo de contenedores y se ejecuta el THC de llenos del FFCC y Expide EIR II del FFCC, llevando el contenedor hacia el patio de llenos para la disponibilidad de programar salidas, por medio del transporte SPF.

Una vez programadas las salidas en SPF, se procede al arribo de unidades, se expide EIR I de llenos del medio SPF e inicia el tránsito hacia el destino final, determinando el precio de \$28.00 de llenos y \$20.00 de vacío por km más peajes<sup>8</sup>. Y destinando 60 km/h promedio de velocidad por contenedor.

Siguiendo la actividad de descarga en el puerto interior y carga llenos del transporte secundario de lleno SPF, dependiendo del número de contenedores por BL se determina el uso de unidad SPF full o sencillo (Full para pares, sencillo únicamente para el contenedor non).

Para el retorno del vacío nuevamente se expide el EIR de vacío, si existe el convenio en el Puerto interior existe la posibilidad de corte de demoras sin necesidad de retornar directamente a puerto, evidentemente reduciendo actividades y costos directamente.

Como control principal para los costos el indicador es el tiempo libre de retorno. Los días libres los determina la naviera y se hace referencia en cada BL, que son los días compromiso que el porteador cuenta para retornar los contenedores vacíos en alguna terminal interior o portuaria.

Para el análisis de tiempos de acuerdo con el comportamiento FFCC, con ayuda del

comportamiento de la demanda en SPF se analizaron los comportamientos de los viajes en función, a la naviera, días libres y número de contenedores por BL, desarrollando un análisis de distribución normal y utilizando el promedio y la desviación estándar, obteniendo como resultado que; Los contenedores de las navieras Cma, Hamburg Sud, Hapag Lloyd, Maersk, y Msc. De las cuales solo Msc y Cma no requiere retorno a puerto y tienen la capacidad de cortar demoras en un puerto interior enfatizando en TILH (Terminal Intermodal Logística de Hidalgo). Cma tiene un promedio de 11 ±2 días libres, Hamburgsud 12 días libres sin desviación, Hapag Lloyd 18 días sin desviación, Maersk promedio de 17 ±2 días libres, Msc de 25±3 días y OOCL un promedio de 15 días por BL sin desviación. Lo que permitirá en un futuro realizar un reparto modal en función a tiempos y costos.

Naviera	S	+S	Promedio	-S
Cma Cgm	2	13	11	9
HAMBURG SUD	0	12	12	12
HAPAG LLOYD	0	18	18	18
MAERSK	2	19	17	15
MSC	0	25	25	25
OOCL	0	15	15	15

Tabla 2 Días libres del contenedor

En la Figura 1. Se puede comprender la composición de actividades, y tiempos asignados en el servicio de última milla intermodal esquematizando las actividades y el flujo del servicio del contenedor.



Figura 1. Flujograma de sistema bimodal por actividades y tiempos

Finalmente comprendiendo las actividades y el flujo del proceso se obtienen costos empleado la metodología ABC, aplicando promedios resultado de la distribución normal obteniendo el siguiente modelado de costos. Reflejado en la Tabla 3.

<b>Previos</b>	Sin previo	\$0	
	Con previo ocular	\$2,990.73	
	Previo llenado / vaciado paletizado	\$3,726.29	
	Previo llenado / vaciado no paletizado	\$4,269.09	
<b>Adicionales</b>	Reconocimiento Aduanero	\$2,727.43	
	Almacenaje	\$1,624.10	
	Adicionales	\$2,727.43	
	Limpieza (barrido)	\$50.00	
	Lavado	\$850.00	
<b>Uso de Puerto</b>	Código ISPS	\$86.21	
	Control documental y electrónico	\$100	
	Muellaje	\$96	
<b>EIR</b>	EIR Lleno	\$125.00	
	EIR Vacío	\$125.00	
<b>Maniobras</b>	Maniobra THC Lleno I Principal FFCC (carga)		
	Maniobra THC Lleno I Principal FFCC (descarga)	\$1,960.25	
	Maniobra THC Lleno II Secundario SPF (carga)	\$1,155.80	
	Maniobra THC Vacío I Secundario SPF (descarga)	\$1,155.80	
	Maniobra THC Vacío II Principal FFCC (carga)	\$1,960.25	
	<b>Transporte</b>	Transporte Lleno I Principal FFCC	\$7809.4
	Transporte Lleno II Secundario Sencillo SPF	\$25.00	
	Transporte de Vacío I Secundario Sencillo SPF	\$18.00	
Transporte Lleno II Secundario Full FSPF	\$28.00		
Transporte de Vacío I Secundario Full SPF	\$20.00		
Transporte de Vacío II Principal FFCC	2593.63		

**Tabla 3.** Modelado de costo de la última milla del contenedor

Como resultado se obtuvo el siguiente modelo en la Figura 2 programado a las circunstancias y factores, que se presenten en la operación. Previamente programado del catálogo de tarifas sin embargo se vincula con tiempos y costos derivado a acciones de contingencia que pueden derivar adicionales, en tiempos y/o costos.

Sin embargo, se requiere de actualizaciones constantes de tarifas, convenios y alianzas estratégicas para generar un mayor beneficio

económico en navieras, terminales, sistema SPF y FFCC.

El modelo consta de dos bloques, costos y tiempos en donde se registran los tiempos en fechas posteriormente en automático se refleja el costo total registrando las variables de las casillas en blanco.

MODELO DE COSTOS ABC INTERMODAL		
TIEMPOS		
BL	OCL2900100	
No días Libres Naviera/terminal	3	5
Fecha de arribo ( un costado de Buque )	20/09/2023	
Fecha de salida de terminal	23/09/2023	
Previo	21/09/2023	
Liberación	22/09/2023	
Modulación	23/09/2023	
Inicio transporte Interior Lleno	23/09/2023	
Fin Transporte Interior lleno	24/09/2023	
Descarga	24/09/2023	
Inicio transporte Interior vacío	24/09/2023	
Fin Transporte Interior vacío	24/09/2023	
Total de Días	4	
Días de almacenaje	3	
Días de demora	0	
<b>Costo Total \$ 36,303.64</b>		
BL	OCL2900100	
No días Libres Naviera/terminal	3	5
Tipo de previo	▼ Con previo ocular	\$ 2,990.73
Uso de puerto		\$ 186.21
EIR		\$ 250.00
Maniobras		\$ 6,232.10
Km	250	\$ 12,000.00
Peajes		\$ 2,500.00
Adicionales		\$ 6,072.30
Almacenaje	3	\$ 4,872.30
Demoras	0	\$ -
Tipo de cambio		\$22.00
Limpieza	▼ Barrido y lavado	\$ 1,200.00
Reparación		\$ -

**Figura 2.** Modelo de Costos ABC Intermodal

Para los resultados de fórmula establece un catálogo de tarifas, que permita generar distintos escenarios, modelar y determinar dependiendo de las actividades circunstanciales en las que se desarrolle la operación, así como la modelación y determinación de tiempos, hasta cierto punto control para evitar demoras y costos adicionales.

### CONCLUSIONES

Respecto a la modelación de los costos logísticos se empleó una técnica ABC de actividades, proponiendo diferentes escenarios, con múltiples variables, que permite tabular y referenciar tarifas de acuerdo con situaciones y eventos de contingencia. Separado por distintos bloques de acuerdo con cada sistema. El modelo de costos está basado en la reducción de costos de la logística de última milla, considerando.

Del 35 % de navieras que no cortan demoras en el puerto interior, el 26 %<sup>6</sup> de acuerdo con sus días libres de almacenamiento superior a los 15 días esto generará un ahorro y un aseguramiento de no caer en adicionales ni demoras.

Es importante considerar todos los escenarios posibles de previos reconocimientos, BL con contenedores non, y de esta forma establecer el mejor escenario, y peor escenario para determinar las condiciones y costos.

A pesar de que se podría ejecutar vía bimodal representando un ahorro del 3%.<sup>7</sup> Es importante considerar tiempos, de demoras y almacenamientos para evitar incurrir en los adicionales.

Por otra parte, el mejor escenario sería sin previo, sin reconocimiento, sin adicionales, BL con pedido par, y por lo tanto ejecutar el servicio SPF en modalidad Full y además se busca cortar demoras en puerto interior, sin retorno de vacíos.

En un futuro se recomienda elaborar una investigación en el reparto modal con la búsqueda de identificar el beneficio económico para las empresas importadoras de contenedores por el puerto de Veracruz.

## REFERENCIAS

1. Gonzalez Cancelas, N. (2016). Transporte y logística. Buenos Aires Argentina : Revista y territorio
2. Furió Pruñosa, S. (2015). Modelos y métodos avanzados para la logística del contenedor. Aplicación al puerto de Valencia. Valencia.
3. Sanchis, R., Poler, R., y Ortiz, Á. (2009). Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocio en Cadenas de Suministro. Universidad Politécnica de Valencia., Valencia.
4. Palmer Arrache, C., Eslava Gómez, G., y Méndez Ramírez, I. (2001). Método de Muestreo para el cálculo de Varianzas en muestreos complejos. Monografía Universidad Nacional Autónoma de México
5. Cuervo Tafur, J., y Osorio, J. (2013). Costeo basado en actividades ABC: gestión basada en actividades ABM. Bogotá: Ecoe.
6. Ley aduanera (2023) Artículo 65. México
7. Morales Pérez, C. G., Herrera García, A., Bustos Rosales, A., y Aguerrebere Salido, R. (2022). Panoramas terminales intermodales. San Fandila Qro.: IMT.
8. Moreno Quintero, E. (2014). Índices de Precios en el Transporte. IMT.