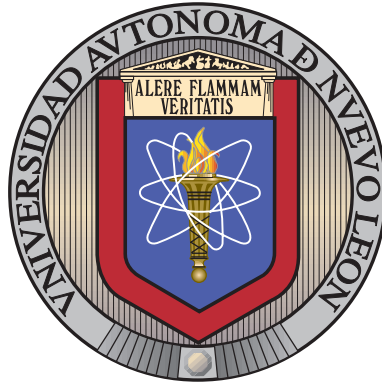


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE UNA RUTA
INTERMODAL MEDIANTE ANÁLISIS DE COSTOS Y
TIEMPOS

POR

ENOCH LUIS CARLOS SURIANO DE LEÓN

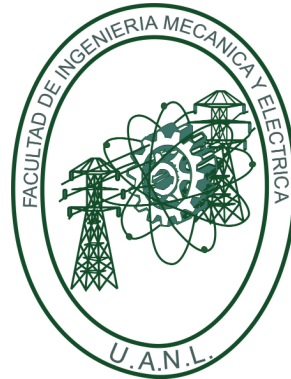
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

OCTUBRE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE UNA RUTA
INTERMODAL MEDIANTE ANÁLISIS DE COSTOS Y
TIEMPOS

POR

ENOCH LUIS CARLOS SURIANO DE LEÓN

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

OCTUBRE 2019

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Subdirección de Estudios de Posgrado

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Evaluación y selección de una ruta intermodal mediante análisis de costos y tiempos», realizada por el alumno Enoch Luis Carlos Suriano De León, con número de matrícula 1937483, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis



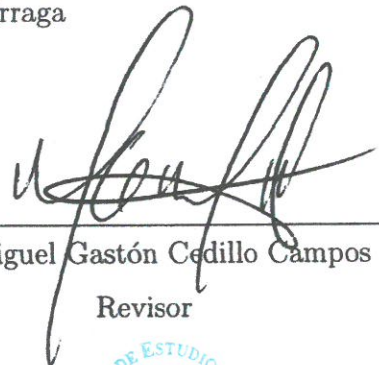
Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga

Asesor



Dr. Rodolfo Garza Morales

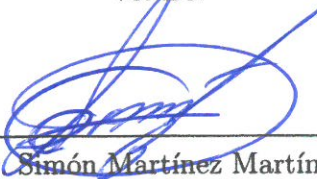
Revisor



Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos

Revisor

Vo. Bo.



Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, octubre 2019

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	x
Resumen	xi
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Objetivo general	3
1.2.1. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Justificación	4
1.5. Estructura de la tesis	5
2. ANTECEDENTES	6
2.1. Logística del transporte	6
2.2. Transporte intermodal de mercancías	8
2.2.1. Proveedores de transporte internacional de mercancías	9

2.2.2. Indicadores de rendimiento en el transporte intermodal de mercancías	11
2.3. Corredores intermodales	12
2.3.1. Plataformas logísticas	14
2.4. Revisión de literatura	18
2.4.1. Modelo de costos totales para una red intermodal y una ruta de autotransporte internacional de mercancías	18
2.4.2. Método para seleccionar una ruta de transporte basado en costos multimodales	22
2.4.3. Costos generales en el transporte intermodal de mercancías	25
2.4.4. Método MiF3: Modelado de flujos y fluidez para transporte intermodal de mercancías	28
3. METODOLOGÍA	35
3.1. Selección de herramienta analítica	35
3.2. Investigación de campo	37
3.2.1. Descripción de estado actual de la empresa	37
3.2.2. Búsqueda y recolección de datos	38
3.3. Aplicación del MiF3	39
3.4. Alusiones a la herramienta de análisis	41
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	43
4.1. Estado actual de la empresa	43

ÍNDICE GENERAL	VI
4.2. Búsqueda y recolección de datos	47
4.3. Análisis de resultados	52
4.3.1. Análisis de riesgo	55
5. CONCLUSIONES	64
5.1. Aportaciones	66
5.2. Recomendaciones y trabajos futuros	67
A. Datos ruta intermodal 1	69
A.1. Tiempos de tránsito por segmento	69
A.2. Parámetros para cálculo de inventario de seguridad	71
B. Datos ruta intermodal 2	73
B.1. Tiempos de tránsito por segmento	73
B.2. Parámetros para cálculo de inventario de seguridad	75
C. Datos análisis de riesgo	76
C.1. Números aleatorios para cálculo de costos	76
C.2. Cálculo de coberturas para escenarios	78
D. Encuesta para servicios intermodales	83
D.1. Formato de encuesta	83

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Tipos de intermodalismo comúnmente usados	9
2.2. Principales nodos logísticos y sus interconexiones. Fuente: (SE <i>et al.</i> , 2013)	13
2.3. Representación de supuestos del método propuesto por Cheng, Y. . .	31
2.4. Tabla de autores y costos considerados en propuestas revisadas	33
2.5. Tabla de autores y parámetros considerados en propuestas revisadas .	34
3.1. Metodología	36
3.2. Hojas de cálculo MiF3 y parámetros para el cálculo de costos	42
4.1. Proceso de gestión servicio intermodal	45
4.2. Primer ruta intermodal analizada	48
4.3. Segunda ruta intermodal analizada	49
4.4. Costos totales	62
4.5. Costos ruta 1	63

ÍNDICE DE TABLAS

4.1. Datos primarios primer ruta	50
4.2. Datos primarios segunda ruta	51
4.3. Distribución de probabilidades para escenario 1	58
4.4. Distribución de probabilidades para escenario 2	58
4.5. Distribución de probabilidades para escenario 3	59
A.1. Tiempos de tránsito por segmento	70
A.2. Parámetros para cálculo de inventario de seguridad	72
B.1. Tiempos de tránsito por segmento	74
B.2. Parámetros para cálculo de inventario de seguridad	75
C.1. Generación números aleatorios para cálculo de “ y ” en escenario 1 . . .	77
C.2. Generación números aleatorios para cálculo de “ y ” en escenario 2 . . .	77
C.3. Generación números aleatorios para cálculo de “ y ” en escenario 3 . . .	78
C.4. Cálculo de cobertura para valor esperado en escenario 1	79
C.5. Cálculo de cobertura para valor esperado en escenario 2	80

C.6. Cálculo de cobertura para valor esperado en escenario 3	81
--	----

AGRADECIMIENTOS

A los doctores Giovanni Lizárraga, Miguel Cedillo y Rodolfo Garza por guiarme y asesorarme durante la realización del presente trabajo. A los profesores del programa de maestría en logística y cadena de suministro por sus cátedras y comentarios proporcionados.

A la UANL, FIME y CONACYT por los recursos proporcionados a lo largo del programa académico.

A mi familia por estar al pendiente en esta faceta profesional, especialmente a Cessia y Rodolfo por haberme alojado en su hogar durante este tiempo.

RESUMEN

Enoch Luis Carlos Suriano De León.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE UNA RUTA INTERMODAL MEDIANTE ANÁLISIS DE COSTOS Y TIEMPOS.

Número de páginas: 88.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: Evaluar la calidad de una ruta intermodal para transporte de mercancías mediante el método MiF3 considerando costos y tiempos generados a lo largo de una ruta intermodal.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Se logró abordar y resaltar la importancia del tema relacionado a los costos y tiempos generados por el transporte de mercancías, específicamente por el transporte intermodal. Se identificaron y describieron los elementos principales que hacen posible la ejecución del transporte intermodal de mercancías.

Se logró aplicar al interior de una MIPYME proveedora de servicios logísticos una herramienta para medir el desempeño logístico en corredores multimodales, con

la finalidad de analizar dos rutas intermodales y poder determinar la más adecuada para transportar el producto en cuestión. En ese sentido, se ajustó el MiF3 a las rutas analizadas y se logró relacionar el concepto de fluidez con el costo total para finalmente identificar las causas de los costos generados en la ruta más fluida.

Finalmente, se puso al alcance de la empresa una herramienta que puede servirles como marco de referencia al momento de seleccionar rutas intermodales para la prestación de sus servicios desde la perspectiva de cadena de suministro. Y aquí tus contribuciones y conclusiones. (También es parte del formato).

Firma del asesor: _____

Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La globalización ha impactado en los procesos productivos de las empresas al momento de unir regiones abundantes en recursos (materiales, humanos, monetarios, tecnológicos) con regiones carentes de tales recursos que necesitan de las primeras para cubrir sus demandas operativas y darle continuidad a sus procesos productivos; de tal manera que es fundamental para los integrantes de las cadenas de suministro proveer al siguiente eslabón de insumos en las cantidades, tiempos, especificaciones, costos y lugares correctos en cada interface funcional. Por tal motivo, en la actualidad las empresas están en constante búsqueda de ser eficientes en el sentido de reducir costos y eficaces en el sentido de mejorar el nivel de servicio al cliente y agregar valor en sus procesos comerciales e industriales; como consecuencia de encontrar o alcanzar estos ingredientes el rendimiento de la cadenas de suministros es mejorado en todas sus facetas.

En ese sentido, la logística del transporte juega un rol importante al momento de transportar/distribuir bienes o insumos, ya que, se podría decir que es el eslabón que mantiene unidos los procesos productivos en la cadena de suministro. Por otro lado, autores expertos en el tema mencionan que el costo de transportación asociado a los costos logísticos corresponde a un 80 % del total de estos en promedio (Rodrigue *et al.*, 2017), lo que nos dice que es necesario tener control y estar conscientes de tales costos al momento de tomar decisiones que involucren la selección de uno u

otro medio de transporte para el traslado de mercancías.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBELMA

En la actualidad la metodología y criterios usados por las empresas proveedoras de servicios logísticos para analizar la factibilidad de usar una ruta intermodal en cuanto a costos y tiempos totales generados carecen de confiabilidad en el sentido de que, por lo regular, cuando deben tomar la decisión de elegir entre una u otra ruta para ofrecer al cliente la mejor opción lo hacen de manera empírica con base a la experiencia del tomador de decisiones omitiendo datos valiosos que podrían resultar en un mayor beneficio tanto para el cliente como para la misma empresa, en parte esto se podría entender por la dificultad en cuanto al tiempo requerido para recolectar dichos datos y el tiempo de respuesta que demanda el cliente para la contratación del servicio de transporte, estas prisas por asegurar la disponibilidad de unidades de transporte y espacios de carga libres para ofrecer a los clientes hacen que este tipo de decisiones se hagan sin analizar racionalmente las opciones disponibles, lo que posiblemente traiga como consecuencia final costos excesivos y pérdida de nivel del servicio al cliente.

En este trabajo se le propondrá a una empresa usuaria o proveedora de transporte intermodal de la región, en primer lugar, analizar el estado actual de su método utilizado para seleccionar rutas intermodales para transporte de mercancías; en segundo lugar, se propondrá analizar dos rutas intermodales usadas por ellos mediante una metodología que contribuya a determinar de mejor manera la elección entre ambas opciones, para lo cual se presenta un caso de estudio elaborado con los datos referentes a costos, tiempos de tránsito, capacidades de transporte, volumen de carga, distancias entre otros más; esto permitirá conocer la fluidez en ambas opciones en términos de costos y tiempos generados durante la ejecución de los servicios intermodales analizados.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de una ruta intermodal mediante el método MiF3 (Cedillo *et al.*, 2017) considerando costos y tiempos generados durante el transporte de mercancías.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ajustar el modelo o método seleccionado a la realidad operativa de la empresa.
- Medir y visualizar los costos por segmento modal en al menos dos rutas de análisis.
- Medir y visualizar los tiempos de tránsito por segmento modal en al menos dos rutas de análisis.
- Analizar los resultados de las opciones analizadas y determinar la más conveniente.
- Comprobar la efectividad del modelo o método comparando los costos reales incurridos por la empresa al seleccionar una de las dos alternativas propuestas contra los costos incurridos antes de la implementación del modelo.

1.3 HIPÓTESIS

Al evaluar la calidad, en términos de costos y tiempos, en una ruta intermodal con el método MiF3 se podrá aportar un elemento más que contribuya a seleccionar la mejor alternativa para la empresa en estudio.

1.4 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con datos de la Asociación Intermodal de Norteamérica (IANA, 2018), se estima que un 95 % de todos los bienes manufacturados en el mundo son movilizados al menos una vez por medio de contenedores, esto significa que necesariamente para hacer llegar a destino final dichos bienes tienen que realizarse transbordos modales de dichos contenedores, en otras palabras, para poder movilizar el 95 % de los bienes manufacturados es necesario el uso o ejecución del transporte intermodal de mercancías al menos una vez. De igual manera, para el caso de México y de acuerdo con datos revelados en un estudio del IMT referente a proyecciones de carga intermodal (IMT y SCT, 2003), se estima que para el año 2025 en el escenario más alentador el mayor potencial de carga intermodal provendrá del mercado doméstico mostrando una participación de 76 % del total proyectado, esto nos dice que en el ámbito nacional esta modalidad de transporte irá tomando relevancia a medida que los factores externos e internos que intervienen en la economía nacional progresen positivamente.

Por otro lado, la complejidad que implica la coordinación entre los diversos actores de la cadena de suministro alrededor del mundo dificulta el intercambio de información y la visibilidad de las operaciones en cada segmento, en este caso la visibilidad de las operaciones de transporte; lo que provoca tomar decisiones a la ligera que en ocasiones tienen como consecuencias sobre costos y/o bajos niveles de servicio al cliente. De tal manera que surge el interés de poner en práctica un método para medir la fluidez en términos de costos al transitar por corredores intermodales para transporte de mercancías. El método elegido fue el MiF3 (Cedillo *et al.*, 2017) el cuál fue propuesto para la industria automotriz con resultados sólidos que contribuyen a la evaluación del desempeño logístico de corredores intermodales, y puede servir de referencia en la toma de decisiones al momento de elegir la mejor ruta para transportar mercancías. Este método fue elegido por su rango de alcance en cuanto a la cantidad y calidad de las variables que intervienen en la formulación del modelo,

lo que permite obtener, en teoría, un resultado más cercano a la realidad; de igual manera por la forma práctica en que se organizan los datos obtenidos al ir avanzando en el análisis facilitando así la visualización e interpretación de los resultados obtenidos.

1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Para su comprensión, este trabajo se organiza en cinco capítulos. El primero de ellos está destinado a la introducción, donde se presenta la descripción del problema, objetivos, hipótesis y justificación. En el segundo capítulo se presentan los antecedentes, de manera general se da una breve explicación de los conceptos que rodean al tema de transporte intermodal de mercancías y las implicaciones que conlleva su uso, se describen los indicadores de desempeño comúnmente utilizados en esta modalidad, y se comentan cuatro trabajos de investigación que abordan el tema de corredores intermodales desde la perspectiva de costos y tiempos de transportación. El tercer capítulo está destinado a comentar y explicar la metodología elegida propiamente para evaluar y seleccionar corredores intermodales para el transporte de mercancías. En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos de la herramienta de análisis seleccionada y el análisis realizado de los mismos. Por último, el quinto capítulo contiene comentarios y conclusiones finales correspondientes al trabajo de investigación presentado en ésta tesis.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

En este capítulo se da una reseña sobre los conceptos básicos que rodean al tema del transporte intermodal de mercancías y la manera en que en la actualidad los autores expertos en la materia lo han abordado, posteriormente se comentan cuatro trabajos de investigación relacionados a la problemática de evaluar y determinar costos en el transporte intermodal de mercancías; estos trabajos proponen distintas metodologías para conocer el costo total que implica transitar por una u otra ruta intermodal, el último de ellos es una propuesta que trata de sintetizar las metodologías anteriores de manera que abarca la mayor cantidad de componentes permitiendo un mejor acercamiento al entorno real.

2.1 LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE

Para comprender la idea de logística del transporte es adecuado primero tratar por separado los conceptos de logística y de transporte para así tener un mejor panorama del significado y alcance de esta actividad. En primer lugar tenemos el concepto de logística, que en su sentido más amplio se define como: “Conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa o servicio...” (RAE, 2014), esta puede entenderse también como la actividad de racionalizar o regular el flujo, almacenamiento y/o consumo de cualquier tipo de recurso

finito. Existen varias definiciones para logística, una que resulta adecuada para el enfoque de este trabajo por su alcance y practicidad es la realizada por Magee (1968): “técnica de control y gestión de flujos de materias primas y de productos desde sus fuentes de aprovisionamiento hasta sus puntos de consumo”. En un principio esta actividad era ejecutada principalmente en el sector militar a través de estrategias de combate para movilizar tropas o abastecimiento de suministros para apoyo a los ejércitos, posteriormente el concepto se fue diseminando hacia otros sectores con la finalidad de administrar de manera más eficiente los recursos materiales con que cuentan las organizaciones así hasta llegar a ser un concepto muy conocido en el área de los negocios y las operaciones (Antún, 1993).

En segundo lugar tenemos el concepto de transporte que desde una perspectiva económica-geográfica (Hesse y Rodrigue, 2004; Rodrigue *et al.*, 2017) puede entenderse como la actividad de mover personas, productos e información desde un punto inicial a un punto final, esta actividad surge de la necesidad de atender determinada demanda de recursos en puntos o ubicaciones en los que la oferta de tales recursos es insuficiente o nula. Para cumplir con esta actividad a lo largo de la historia de la humanidad se han desarrollado mecanismos, herramientas, sistemas, artefactos que permiten transportar alguno de los recursos arriba mencionados a puntos donde son requeridos; de tal modo que existe una extensa variedad de modos de transporte, cada uno con características particulares, que permiten mover tanto productos como personas a lo largo y ancho del planeta. Por otro lado y retomando lo dicho por Merlin (1992): “*The ideal transport mode would be instantaneous, free, have an unlimited capacity and always be available*”, el modo de transporte ideal aún no existe a pesar de los grandes desarrollos e innovaciones que se han realizado en este tema, de manera que existen limitantes de tiempo, capacidad, espacio, dinero y disponibilidad que impiden alcanzar ese estado ideal del transporte.

Tomando en consideración estos dos conceptos se puede inferir entonces que la logística y el transporte, desde el punto de vista empresarial-operativo, están interrelacionados al momento de que las organizaciones generan cierta demanda de

recursos materiales necesarios para realizar sus actividades productivas y que necesita ser cubierta por la oferta disponible en otras regiones o ubicaciones; entendiendo que dichos recursos son finitos se ve la necesidad de controlar su flujo y consumo en cada etapa productiva, y para que los recursos materiales puedan fluir desde puntos generadores de oferta hacia puntos generadores de demanda es necesario el uso de algún modo de transporte adecuado a las características del flujo del recurso material que se desea movilizar. Entonces se podría decir que la logística del transporte es la actividad que se encarga de planear, regular y controlar las operaciones de transporte destinadas al flujo o traslado de cualquier tipo recurso finito, incluidos aquí los equipos de transporte utilizados para tales operaciones, desde un punto de origen hacia un punto de destino final.

2.2 TRANSPORTE INTERMODAL DE MERCANCÍAS

El transporte intermodal de mercancías surge como concepto para ver de manera integrada los modos de transporte habitualmente utilizados (autotransporte carretero, ferrocarril, buque, aeronave, ductos) sacando provecho de las características y ventajas particulares que cada uno de ellos ofrece (Rodrigue *et al.*, 2017; Wood *et al.*, 2002). Esta práctica cada vez más frecuente tanto a nivel global como a nivel regional tiene como característica principal el uso de dos o más modos de transporte desde un origen hasta un destino final transfiriendo, entre cada modo y en determinados segmentos de la ruta, la unidad de carga transportada, con la finalidad, en teoría, de disminuir costos de transporte o de reducir tiempos de traslado dependiendo del caso particular de cada empresa y de los fines que busque obtener con esta práctica. En síntesis el transporte intermodal de mercancías puede decirse que se compone de seis fases para su mejor análisis (Janic, 2014): recolección de mercancía, traslado a terminal intermodal en la región de origen, transbordo de la unidad de carga a modo de transporte distinto, traslado de terminal intermodal en origen a terminal intermodal en región de destino, transbordo de modo de transporte de la unidad de

carga en región de destino, y distribución de la carga de la terminal intermodal hacia destino final.

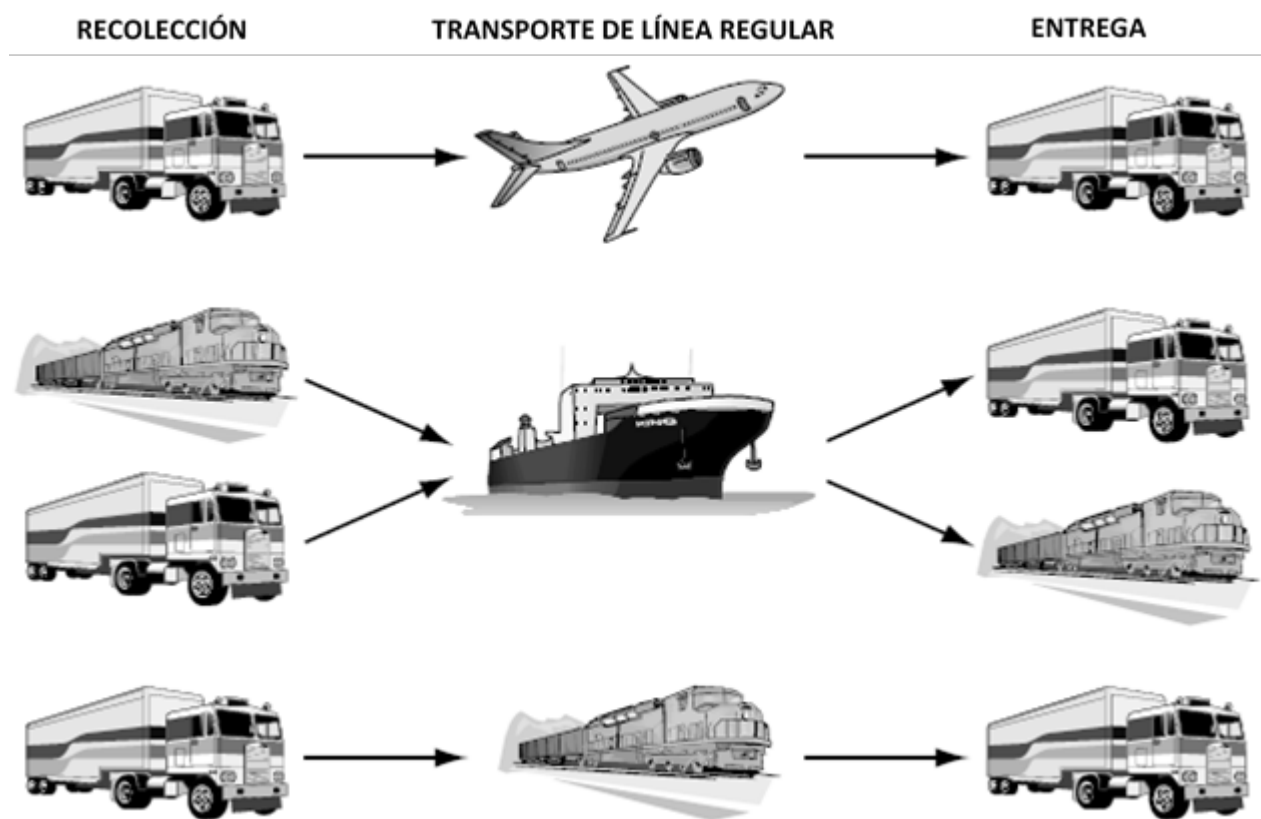


Figura 2.1: Tipos de intermodalismo comúnmente usados

2.2.1 PROVEEDORES DE TRANSPORTE INTERNACIONAL DE MERCANCÍAS

La complejidad del transporte internacional de mercancías hace difícil, en ocasiones, a las empresas la planeación y ejecución de las importaciones o exportaciones por su propia cuenta, es por ello que buscan ayuda acercándose a proveedores de servicios auxiliares que se especializan en diversas áreas como por ejemplo: despachos aduanales, almacenamiento, empaquetado y/o etiquetado, consolidación y/o desconsolidación, administración de inventarios o transportación (Coyle *et al.*, 2011).

En algunos casos los proveedores de transporte internacional de mercancías ejecutan más de uno de los servicios antes mencionados. Para fines de este trabajo hablaremos únicamente de los proveedores especializados en transporte de mercancías; este tipo de proveedores logísticos son de gran ayuda para las empresas que necesitan movilizar sus productos o materias primas y que no disponen de tiempo, equipo, conocimiento técnico y/o personal capacitado, ya que les ofrecen servicios ajustados a sus necesidades particulares proporcionándoles las mejores rutas con los modos de transporte más adecuados dependiendo del producto a transportar y de las regiones de origen-destino. Por lo regular a las empresas que prestan este tipo de servicio se les conoce por el nombre de operadores logísticos y las más comunes suelen ser tres: agencias de transporte de mercancías o forwarders, las llamadas 3PL o *Third Party Logistics* por sus siglas en inglés (al momento existen empresas conocidas como 4PL y hasta 5PL que ofrecen una variedad más extensa de servicios logísticos), o los grandes operadores de transporte (líneas navieras, ferrocarrileras, o autotransporte) que cuentan con la capacidad de ofrecer servicios intermodales puerta-puerta, en cualquiera de los tres casos, es común que dichas empresas no sean propietarias de todos los medios de transporte ofrecidos sino que subcontratan proveedores externos especializados en cada modalidad.

De igual manera otra de las ventajas que ofrecen los proveedores de transporte internacional de mercancías a las empresas es la reducción de costos debido a la generación de economías de escala en los fletes, es decir, la capacidad que tienen para conglomerar grandes volúmenes de carga de distintos clientes hace que puedan negociar mejores precios en el mercado internacional en contraste a los precios que podrían negociar las empresas por separado con pequeños volúmenes de carga; de tal modo que al subcontratar con un proveedor logístico el servicio de transporte, las empresas pueden enfocar sus esfuerzos y recursos en actividades que realmente demandan sus procesos productivos. También, con la contratación del servicio de transporte intermodal, los clientes de dicho servicio se evitan problemas y pérdida de tiempo al acordar legalmente en un sólo contrato y con un proveedor logístico

único las distintas fases intermodales a ocupar y la ruta por la que será transportada su mercancía, en lugar de acordar por separado con cada proveedor de transporte para cada modo en particular.

2.2.2 INDICADORES DE RENDIMIENTO EN EL TRANSPORTE INTERMODAL DE MERCANCÍAS

Autores como (Antún, 1993; Izar-Landeta *et al.*, 2016; Kabashkin, 2016; Yu-Chung y Jye-Chyi, 2011; Hesse y Rodrigue, 2004; Eisele y Villa, 2016) han realizado trabajos de investigación relacionados al tema de transporte de mercancías (diseño de corredores, medición de flujos de mercancía, diseño y optimización de rutas) y coinciden al considerar algunos indicadores de rendimiento claves al momento de establecer sus modelos o métodos permitiéndoles una mejor ponderación en sus cálculos y resultados más acertados, los indicadores clave comúnmente utilizados son:

- **Accesibilidad:** que se refiere a la capacidad del modo de transporte para llegar al origen y/o destino indicado, en este sentido la geografía de las regiones en cuestión limita la infraestructura de la red de transporte dando mejor acceso a uno u otro modo de transporte.
- **Capacidad:** se refiere a la cantidad o volumen de producto que puede ser movilizado por un modo de transporte, algunos modos de transporte son eficientes en el traslado de grandes volúmenes-distancia a bajo costo mientras que otros resultan eficientes moviendo pequeños volúmenes-distancia.
- **Tiempo de tránsito:** es el tiempo total transcurrido para mover mercancías desde el punto de origen hasta el punto de destino, incluye el tiempo de recoger en origen la mercancía, el tiempo ocupado en terminales para manipulación, tiempo en movimientos de acarreo entre terminales y tiempo de entrega en destino.

- Confiabilidad en tiempo de entrega: el nivel de certeza en el tiempo de tránsito previsto para un modo de transporte, este factor es afectado por la distancia, problemas de congestión en terminales, protocolos de seguridad, cruces fronterizos.
- Seguridad: condiciones idóneas en el modo e infraestructura de transporte a elegir para mover determinado tipo de mercancía protegiéndola y evitando dañarla durante su trayecto.
- Costo de transportación: uno de los factores más tomados en cuenta al momento de elegir el(los) modos de transporte junto con el tiempo de tránsito y confiabilidad, en el cual se incluyen tarifas por mover el flete desde origen hasta destino, tarifas cobradas en terminales de carga/descarga por servicios adicionales (manipulación, almacenaje, consolidación/desconsolidación, transbordos intermodales).

2.3 CORREDORES INTERMODALES

El concepto de corredor(es) intermodal(es) se debe entender desde un enfoque estructural-sistémico en donde se articule lo global con lo regional y local (Martner y Pérez, 2015) de tal modo que el espacio geográfico global se compone por flujos y redes por donde transita información, bienes, servicios y personas. Ahora bien, acotando el tema hacia los corredores intermodales para transporte de mercancías, estos están conformados por infraestructura logística que permite enlazar las distintas interfaces que caracterizan los modos de transporte agilizando así los transbordos entre una y otra modalidad. Comúnmente estos corredores se localizan en regiones donde los flujos y redes de transporte de mercancías presentan intensidad en cuanto al volumen de carga manejada, es decir, que la importancia del corredor está dada por el volumen de mercancía que por el transita, por lo tanto es comprensible que éstos conecten regiones industriales con altos niveles de producción o de comercio.

servicios de transporte se refiere, es decir, el desarrollo de corredores intermodales se da en función del volumen de carga generado por el intercambio comercial tanto a nivel global como regional y local.

Por otro lado el tema de corredores intermodales tiene distintas vertientes según el fenómeno o problema que se desee abordar, fundamentalmente se habla de dos tipos de corredores intermodales, los corredores para transporte urbano de personas y los corredores para el transporte de mercancías; para fines de este trabajo sólo se abordará el tema de corredores intermodales para transporte de mercancías, el cual comúnmente es abordado en investigaciones sobre diseño de redes para transporte intermodal, optimización de corredores intermodales, medición de desempeño en corredores intermodales, medición de emisiones de CO₂ y/o selección de rutas intermodales; de igual manera para fines de este trabajo, sólo se abordarán investigaciones relacionadas al tema de evaluación y selección de rutas intermodales con base en costos y tiempos generados.

Para una mejor comprensión del tema tocado en los artículos que se describirán a continuación, es preciso tener en mente que el transporte intermodal es realizado por dos o más modos de transporte y por lo tanto esta practica comparte, entre varios operadores logísticos, recursos operativos a lo largo de una ruta o trayecto, integrando las capacidades de cada modo de transporte y al mismo tiempo ampliando el rango (espacio-tiempo) de cobertura con la finalidad de conseguir el mejor equilibrio posible entre servicio al cliente y costo de transporte.

2.3.1 PLATAFORMAS LOGÍSTICAS

Para que una región compita a nivel internacional en cuanto a logística de transporte se refiere, es necesario que desarrolle su infraestructura de tal modo que sea posible conectar los flujos de mercancías y las redes de transporte entre regiones con vocación comercial o industrial. En este sentido, se puede hablar de la

infraestructura logística que conforma una región o país y tomando como referencia el inventario de infraestructura logística propuesto por (SE *et al.*, 2013) en su trabajo “Sistema Nacional de Plataformas Logísticas”, se puede decir que a nivel nacional la infraestructura logística esta conformada por:

- Red carretera federal: compuesta por 49,954 km. totales, de los cuales 18,300 km. corresponden a los tramos de 14 corredores troncales.
- Red ferroviaria: Compuesta por un total de 26,727 km., de los cuales 23,202 km. corresponden a vías concesionadas en operación.
- Puertos: 102 puertos en total, de los cuales 38 son los más relevantes por el volumen de carga manejado.
- Servicios marítimos: compuestos por la oferta comercial de rutas navieras y su capacidad para el transporte de contenedores a los principales puertos de la región.
- Aeropuertos: 77 aeropuertos en total, de los cuales 52 son los más importantes por el volumen de carga manejado.
- Pasos de frontera: 58 pasos fronterizos en total, de los cuales 11 son los de mayor tránsito de carga.
- Desarrollos logísticos: clústeres territoriales, plataformas logísticas y zonas industriales, de los cuales hay 152 existentes y 23 proyectados con potencial logístico.

Ahora bien, para que el transporte intermodal fluya a través de los corredores de manera continua es fundamental el uso de plataformas logísticas especializadas con infraestructura necesaria para articular las distintas interfaces de los medios de transporte utilizados en cada segmento de la ruta seleccionada (terminales intermodales). De acuerdo con el trabajo de (SE *et al.*, 2013), para clasificar los tipos de plataformas

logísticas es de utilidad considerar dos variables: la vocación o estructura funcional y los modos de transporte presentes en ella.

La primer variable se refiere a la vocación o estructura funcional en cuanto al tipo de carga que pueden atender, pudiendo ser: centro logístico alimentario, agrocentro logístico, centro de carga aérea, plataformas logísticas portuarias, etc.; la segunda variable tiene que ver con la capacidad, en cuanto a infraestructura se refiere, para atender a uno o más de un modo de transporte, es decir, si es unimodal o multimodal. Además de éstas dos variables, los autores consideran dos criterios que ayudan a clasificar con más certeza las plataformas: el primero es el radio de influencia de sus actividades, pudiendo ser locales, metropolitanas, regionales, nacionales e internacionales; el segundo es el nivel de complejidad en su organización en el sentido de si se trata de plataformas constituidas por un solo centro logístico o por varios, pudiendo ser plataformas monocentro cuando es gestionada por una única entidad, o multicentros cuando se compone de varios monocentros situados muy próximos de manera que se complementen y se produzcan sinergias para cubrir las necesidades del conjunto total.

A continuación se describe la tipología de las distintas plataformas logísticas existentes con base a su vocación funcional y modos de transporte presentes:

- Centro logístico alimentario: generalmente monomodales y monocentro, en las que se concentran y comercializan productos de distribución urbana. Presenta un ámbito de influencia local o regional, su ubicación preferencial será próxima al centro de consumo urbano.
- Agrocentro logístico: generalmente monomodales y monocentro de apoyo a la producción agrícola. Su área funcional está determinada por la tipología de la producción agrícola y su área de influencia dependerá de lo dispersa que se encuentre la producción demandante. Se ubican cerca de centros de producción agrícola, requiriendo conexiones carreteras con los principales nodos de consumo.

- Centro de carga aérea: especializadas en el intercambio modal y el tratamiento de mercancías de carga aérea. Constan necesariamente de un área para transbordos modales. Se ubica contiguo al aeropuerto con acceso directo a pista y requiere de excelente accesibilidad a la red carretera troncal regional y nacional.
- Zona de actividades logísticas portuarias: Plataformas vinculadas a puertos marítimos. Pueden situarse adyacentes o próximas al recinto portuario o terminales marítimas. Su implantación responde a los requerimientos de manipulación y distribución de la mercancía hacia y desde la zona de influencia del puerto marítimo. Requieren de excelente accesibilidad a la red carretera troncal regional y nacional.
- Centros logísticos con intercambio modal de ferrocarril: se caracterizan por tener acceso directo a la red ferroviaria principal y excelente accesibilidad a la red carretera troncal regional y nacional. Cuenta con patios de contenedores y se aprovecha la rotura de carga obligada entre modos ferroviario y carretero para realizar operaciones de valor agregado.
- Puertos secos: Habilitados con terminales intermodales especializadas en la manipulación de mercancías procedente de tráficos portuarios. Asociados a áreas de distribución y de servicio, establecidos en el interior del territorio en zonas estratégicas cercanas a los clientes finales de las navieras. Cuentan con acceso a carreteras de alta capacidad y con comunicación ferroviaria directa al puerto del que recibe y expide mercancía.
- Plataforma logística de apoyo en clúster: suelen ser multicentro y multimodales. Ofrecen productos terminados o semi terminados frutos de una actividad industrial, por lo que se ubican en zonas donde se encuentra la industria a la que presta sus servicios. su función principal es el grupaje de carga o actividades de valor agregado. Requieren de acceso a vías principales carreteras y oferta intermodal.
- Plataforma logística de apoyo en frontera: ubicadas en las proximidades de

las instalaciones fronterizas. Pueden ofrecer infraestructura para desarrollar operaciones como grupaje de mercancías, consolidación, unitarización, almacenamiento y servicios al transportista.

Para fines de éste trabajo se hablará de plataformas logísticas al referirse a terminales intermodales que cuenten con infraestructura y equipo especializado para el manejo de carga entre uno y otro modo de transporte, independientemente de la vocación o tipología que presenten.

2.4 REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación se presentan trabajos de investigación que han aborado el tema desde una perspectiva teórica enfocada hacia la cuantificación de costos logísticos y tiempos totales en el tránsito por rutas intermodales para el transporte de mercancías. Se mencionan los objetivos, propuestas, resultados y conclusiones obtenidas por los autores en cada uno de ellos. De igual manera cabe mencionar que, si bien se revisaron en un principio alrededor de treinta artículos referentes al tema de transporte intermodal de mercancías, después de definir el objetivo y alcance del trabajo de tesis se tomaron como referencia estos, los cuales guardan una estrecha relación entre sí; y por lo tanto son de utilidad para ayudar a comprender la herramienta ó método que se pretende poner en práctica.

2.4.1 MODELO DE COSTOS TOTALES PARA UNA RED INTERMODAL Y UNA RUTA DE AUTOTRANSPORTE INTERNACIONAL DE MERCANCÍAS

El autor Milan Janic en su trabajo titulado “*Modeling the full costs of an intermodal and road freight transport network*” publicado en 2007(Janic, 2007), analiza la

evolución del transporte intermodal de mercancías en cuanto a toneladas movilizadas a determinadas distancias al interior de la Unión Europea encontrando que el ritmo de crecimiento en este servicio es lento, por lo que busca comparar los costos entre una ruta intermodal y una ruta unimodal por carretera para revelar las condiciones o características por las que el transporte intermodal representa una mejor opción en comparación al transporte carretero unimodal.

Para lo cual, desarrolla un método para medir los costos de transporte en ambas opciones de rutas empezando por diferenciar entre costos internos y externos; donde los internos se refieren a los costos incurridos por el operador del servicio de transporte por mover la carga entre los embarcadores y destinatarios (peajes, impuestos, tarifas de transporte, mano de obra, mantenimientos y reparación de unidades, pago de seguros) a lo largo del proceso de recolección, distribución y transbordo de la mercancía. Los costos externos serían para el autor, aquellos provocados por el uso de la red de transporte con efectos en la sociedad en general (costo ambiental por emisiones contaminantes, accidentes de tránsito, retrasos, congestión en las vías) y que no se reflejan o no son considerados al momento de fijar precios en los servicios de transporte.

Una vez diferenciados los costos a ocupar, procede con la modelación del método para calcular el costo total en ambas alternativas con la finalidad de que los resultados demuestren las distancias en las cuales es conveniente el servicio de transporte intermodal y el transporte unimodal carretero; para lo cual establece una serie de supuestos para ambas alternativas, en el caso de la ruta intermodal los supuestos son definidos para cada segmento del trayecto, permitiendo aplicar de mejor manera el modelo. Cabe mencionar, que la ruta intermodal considerada por este autor en éste trabajo, se cubre bajo la modalidad autotransporte-ferrocarril-autotransporte; en ese sentido los supuestos que establece para la ruta intermodal son estos:

- Segmento de recolección y distribución de la mercancía, estos dos segmentos se realizan al inicio y final de la ruta mediante plataformas para contenedo-

res; representan, la recogida del contenedor a transportar en el domicilio del embarcador y la entrega del mismo en el domicilio del consignatario en la región de destino: vehículos de igual capacidad, igual factor de carga a recolectar y/o capacidad de unidades para distribución en una zona determinada; cada vehículo realiza un viaje redondo de aproximadamente la misma distancia a una velocidad promedio constante; la recolección inicia desde una posición inicial del vehículo dentro del área donde se ubica el embarcador y termina en la terminal intermodal de origen. La distribución inicia desde la terminal intermodal de destino donde los vehículos disponibles pueden hacer más de un viaje para distribuir toda la mercancía; los flujos de vehículos entre llegadas y salidas sucesivas en terminales de origen y destino son casi constantes e independientes unas de otras.

- Transporte entre las dos terminales: el flujo de transporte es constante con salidas sucesivas y calendarizadas entre las dos terminales intermodales (horarios semanales de servicios regulares); cada vehículo en el trayecto entre terminales intermodales (transporte principal) tiene la misma capacidad independientemente del modo de transporte que se trate; los retrasos anticipados y la velocidad promedio del transporte principal son casi iguales y constantes.

Ahora bien, para el caso de la ruta unimodal por vía carretera, los supuestos se reducen a: vehículos con capacidad y factor de carga similar transportan contenedores entre zonas de origen y destino, los contenedores son cargados en cada plataforma exclusivamente para un origen-destino, la velocidad del vehículo es constante, los vehículos se desplazan entre pares de origen-destino dados en determinadas zonas y por las mismas rutas a velocidad constante.

Tomando en cuenta lo anterior, desarrolla las siguientes fórmulas para calcular el costo total en ambos escenarios:

- Ruta intermodal.

$$C_{I/full} = C_c + C_{T/min} + C_d$$

donde:

$C_{I/full}$: costo total en la ruta intermodal

C_c : costos internos de transporte + costo de tiempos + costos de manipulación + costos externos (para segmento de recolección y entrega de mercancía)

$C_{T/min}$: costos internos de transporte + costo de tiempos + costos de manipulación + costos externos (para segmento de transporte principal entre terminales intermodales en origen y destino)

C_d : promedio de los costos internos, externos y total de la ruta (segmentos de recolección y entrega, y transporte principal intermodal) por unidad.

- Ruta unimodal carretera.

$$C_{R/full} = \sum_{i=1}^4 \sum_{k,l=1}^{K,L} C_{i/kl}$$

donde:

$C_{R/full}$: costo total en ruta unimodal carretera

$\sum_{i=1}^4 \sum_{k,l=1}^{K,L} C_{i/kl}$: sumatoria de costos internos, externos, de tiempo, y de manipulación en la ruta puerta-puerta desde el origen hasta destino (totalidad de la ruta incluyendo recolección, distribución y transporte principal)

Posteriormente desarrolla un ejemplo para poder aplicar el modelo, tomando datos de la Unión Europea encuentra una ruta intermodal ferrocarril-camión y una ruta unimodal equivalente para transporte de mercancías; encontrando que los costos internos en ambas rutas decrecen proporcionalmente a medida que la distancia puerta-puerta incrementa, también encuentra que los costos internos en la ruta intermodal decrecen a un promedio mayor que los costos internos en la ruta unimodal cuando la distancia de la ruta excede los 900 km, por otro lado hace la observación de que los costos de operación son menores para la ruta unimodal en mercados de corta, mediana y en algunos casos de larga distancia en comparación con la ruta intermodal.

Finalmente concluye con comentarios similares a los anteriores resaltando que los costos totales en la ruta unimodal son constantes en contraste con los costos de la ruta intermodal que decrecen conforme el volumen de unidades transportadas aumenta lo que está relacionado al tema de economías de escala, también sugiere, a modo de hipótesis, que al incrementar la frecuencia de los servicios de transporte de línea regular en los mercados de distancia media (600-900 km) se logrará con la finalidad de incentivar el uso del transporte intermodal de mercancías en esos nichos.

2.4.2 MÉTODO PARA SELECCIONAR UNA RUTA DE TRANSPORTE BASADO EN COSTOS MULTIMODALES

Yaorong Cheng en su trabajo publicado en 2010 titulado “*The method to select the transport path based on multimodal cost*” (Cheng, 2010) propone un método para cuantificar los costos por utilizar el transporte intermodal de manera que evalúa rutas alternativas logrando distinguir y elegir la opción que presenta menor costo total, para lo cual define y desglosa los costos que comúnmente conlleva el uso del transporte intermodal de mercancías; una vez definidos y desglosados los costos, diseña una fórmula para poder computar dichos costos, por último realiza un ejemplo práctico para conocer cómo funciona el método.

En primer lugar el autor hace una breve descripción de cómo concibe la operación intermodal en tres secciones:

1. La mercancía es transportada de la puerta del embarcador a la estación intermodal de partida.
2. La mercancía es tomada de la estación intermodal de partida y es transportada por otro modo transporte hacia la segunda terminal intermodal.
3. Finalmente la mercancía es tomada de la segunda terminal y es transportada para entregarla en las instalaciones del consignatario en modo de transporte

distinto de 2.

Tomando en cuenta esta descripción, define que el costo por uso de transporte intermodal se compone de seis partes principales:

- Costo por diseñar la ruta de transporte intermodal: se refiere al tiempo invertido en el análisis/investigación de mercado para considerar más de una alternativa, diseño de programas para administración de transporte.
- Costo por administración en la ruta intermodal seleccionada: costo causado por el seguimiento, monitoreo y coordinación de las empresas socias que colaboran en el transporte intermodal.
- Costo por uso de la ruta de transporte intermodal: cobro de tarifas, licencias y/o autorizaciones por transitar determinada ruta (terrestre, aérea, acuática).
- Costo fijo: dado por costos contemplados por la empresa cada vez que se presta el servicio de transporte intermodal, pueden ser recursos humanos, recursos materiales, recursos financieros, mantenimientos operativos.
- Costos operativos del corredor/ruta intermodal seleccionado(a): derivado de los costos calculados para el corredor seleccionado, son los costos en que se incurrirá por transitar en el corredor seleccionado (peajes, cargos, servicios 3PL), dados por: toneladas de carga transportada, distancia del trayecto, tiempo de trayecto.
- Costo por riesgo aleatorio: dado por situaciones incontrolables e inesperadas causadas por la naturaleza o por el hombre (congestionamiento en vías, clima adverso, asaltos en aduanas, escases de equipo, daño en infraestructura, accidentes) y que conllevan un gasto como seguros, multas, gastos médicos, etc.

De manera que para cuantificar los costos de éstos conceptos fórmula lo siguiente:

$$C_{ly}(qlt) = C_{sj} + C_{xt} + C_{wl} + C_{zs} + C_{ss}(qlt) + C_{fx}$$

donde:

C_{ly} : costo del transporte intermodal

q : volumen de la carga transportada

l : distancia de la ruta intermodal

t : tiempo de tránsito en ruta intermodal

C_{sj} : costo por diseño de ruta de transporte intermodal

C_{xt} : costo de administración de ruta intermodal seleccionada

C_{wl} : costo por uso de la ruta de transporte intermodal

C_{zs} : costo fijo por uso de la ruta intermodal

$C_{ss}(qlt)$: costos de operación de la ruta de transporte intermodal seleccionada

C_{fx} : costo por riesgo aleatorio

Ahora bien, los costos de operación de la ruta intermodal a analizar, $C_{ss}(q, l, t)$; se deben calcular para cada terminal (terrestre, aérea o marítima), estación de carga o centro de almacenamiento/distribución/consolidación por donde la carga deba transitar a lo largo de la ruta intermodal. Y el costo por uso de la ruta de la ruta, C_{wl} ; se debe calcular desde el punto de partida hasta llegar al punto de destino.

Para definir tales costos es preciso conocer: costo promedio por transferir la carga determinado número de veces entre los modos de transporte y las terminales o viceversa a lo largo de la ruta intermodal, la frecuencia de transporte en región de partida, estaciones intermedias y punto de destino; el costo de traslado en retorno por unidad de transporte en región de partida, estaciones intermedias y punto de destino; la velocidad promedio de la unidad de transporte entre región de partida, estaciones intermedias y punto de destino; la capacidad promedio de carga del transporte en

los tres puntos antes mencionados, la utilización eficiente de la capacidad de carga del transporte para los tres puntos, el uso eficiente del kilometraje en los tres puntos, y el tiempo de espera en cada uno de los tres puntos.

Una vez calculados todas esas variables el autor presenta un ejemplo práctico para simular su modelo proponiendo dos rutas intermodales con puntos de origen-destino iguales pero puntos intermedios distintos, en donde la interpretación de los resultados arrojados fue en el sentido de elegir una u otra ruta en función del volumen de carga transportada, afirmando que si la distancia del transporte intermodal es constante y el volumen del flete es menor a las 497 toneladas se debe elegir la ruta 1 porque es la que presenta menor costo, y si el volumen del flete es mayor a 497 toneladas se debe elegir la ruta dos. De igual manera, menciona que este método puede ser de utilidad al momento de tomar la decisión de elegir una u otra ruta intermodal tanto para el cliente como para la empresa de transporte que ofrece estos servicios.

2.4.3 COSTOS GENERALES EN EL TRANSPORTE INTERMODAL DE MERCANCÍAS

Por su parte los autores Hanssen, T-E., Mathisen, T., y Jorgensen, F. elaboraron en 2012 el artículo titulado “*Generalized transport costs in intermodal freight transport*” (Hanssen *et al.*, 2012) proponiendo un modelo para analizar lo que ellos llaman “costos generales de transporte” para una ruta de transporte intermodal. Ellos hacen el cálculo de su modelo para una ruta vía carretera y una ruta intermodal (carretera y ferrocarril) utilizando un caso práctico relacionado al transporte de productos frescos del mar procedentes de Noruega con destino hacia el centro de Europa. Para lo cual definen que los costos generales de transporte están dados por:

$$G(D) = P(D) + HT(D)$$

donde:

G : costos generales de transporte

D : distancia de transporte

P : costos pecuniarios del servicio de transporte

H : costo de tiempo por hora

T : tiempo de transporte

Posteriormente, analizando los movimientos característicos que se dan en una ruta intermodal tanto en origen como en destino, deciden incorporar otros elementos a la fórmula original para obtener una mejor aproximación a los costos reales quedando de la siguiente manera:

$$G_{Int} = (\rho_{0t} + \phi\rho_{1t}D_1) + (L + \rho_{1r}(D_2 - D_1)) + (L + \phi\rho_{1t}(\hat{D} - D_2))$$

donde:

G_{Int} : costos generales de transporte para opción intermodal

$\rho_{0t} + \phi\rho_{1t}D_1$: costos generales de transporte carretero en región de origen por recolección de mercancía y traslado a terminal intermodal

$L + \rho_{1r}(D_2 - D_1)$: costos por transbordo de modo de transporte de la mercancía en terminal intermodal de origen hacia en terminal intermodal en región de destino

$L + \phi\rho_{1t}(\hat{D} - D_2)$: costos por transbordo de modo de transporte de la mercancía en terminal intermodal en región de destino y por traslado entre terminal intermodal de destino hacia domicilio final en región de destino.

Ahora bien, para cuantificar los costos de la opción unimodal y tomando en consideración que en Europa existe una restricción en horas de conducción para los operadores de unidades de autotransporte carretero creada con la finalidad de reducir accidentes de tránsito, los autores deciden incluir una variable para calcular

el costo incurrido por acatar dicha restricción de tiempos de descanso para la opción unimodal carretera, quedando la fórmula de costos generales de la siguiente manera:

$$G_t^* = \rho_{0t} + \rho_{1t}\hat{D} + \frac{\hat{D}/S_t}{N}\Delta G_t$$

donde:

G_t^* : costos generales en opción unimodal carretera

ρ_{0t} : costos por transporte carretero en región de origen

ρ_{1t} : costos por transporte carretero en región de destino

\hat{D} : distancia total recorrida

$\frac{\hat{D}/S_t}{N}\Delta G_t$: costos por restricciones en horas de conducción (descansos)

Después de calcular costos para ambas opciones de transporte y de analizar los resultados obtenidos, terminan comentando, en primer lugar, que la opción intermodal será más rentable que la unimodal siempre que la distancia entre región de origen y región destino sea mayor debido a que la opción unimodal necesitará de más tiempos de descanso incrementando los costos por tales paradas. En segundo lugar, comentan sobre el caso práctico desarrollado donde se transporta salmón fresco desde Noruega hasta el centro de Europa resaltando que la distancia necesaria recorrida vía férrea para hacer rentable la opción intermodal debe ser superior a 1858 kms, contrastando la idea en ese sentido al señalar que la red férrea Europea sólo cubre una parte de Noruega a diferencia del resto de las regiones del continente donde la cobertura es buena. En tercer lugar, mencionan que si bien la distancia recorrida por carretera en las etapas de recolección y distribución de mercancía en región de origen y destino respectivamente no influye en la decisión de elegir una ruta intermodal o unimodal, sí lo hace la distancia recorrida entre terminal intermodal en región de origen y terminal intermodal en región de destino.

Otra conclusión interesante a la que llegan es la que dice que, la distancia necesaria entre terminales intermodales para hacer viable la opción intermodal au-

mentará cuando:

- los costos de manipulación en dichas terminales sea elevado;
- la distancia total de traslado incrementa;
- los costos de recolección y distribución aumenten;
- la distancia marginal para la opción unimodal carretera disminuya;
- los costos por descanso de los conductores disminuyan.

Por otro lado, con base a los resultados que obtuvieron, hacen algunas recomendaciones dirigidas a los encargados de diseñar políticas de transporte en Europa, proponiendo la estandarización de los equipos en terminales de cruce fronterizo, reducción de costos/tarifas para los camiones diseñados especialmente para acarreo y distribución de mercancía en zonas urbanas, darle prioridad a los trenes de carga en la red férrea, establecer cuotas adicionales para el transporte carretero de larga distancia y aplicación estricta de las regulaciones de descanso para los conductores de autotransporte de carga. Con estas medidas lo que buscan los autores es alentar e incentivar el uso del transporte intermodal de mercancías a largas distancias para alcanzar un sistema de transporte europeo sostenible basado en el uso eficiente de equipo, infraestructura y energía.

2.4.4 MÉTODO MIF3: MODELADO DE FLUJOS Y FLUIDEZ PARA TRANSPORTE INTERMODAL DE MERCANCÍAS

Este trabajo realizado por los doctores Cedillo G., Lizárraga G. y Martner C. en 2017 (Cedillo *et al.*, 2017) busca, mediante una estructura matemática, modelar y evaluar la fluidez y costos del transporte intermodal de mercancías. Para lo cual toman en cuenta cinco indicadores de fluidez generalmente aceptados en el transporte a lo largo de la cadena de suministro y que pueden ser replicados para medir la fluidez

del transporte intermodal de mercancías, estos indicadores son: velocidad o tiempo de recorrido, que incluye el tiempo de permanecer en instalaciones o terminales; confiabilidad o variación en tiempos de viaje, incluye tiempos máximos necesarios para asegurar llegadas a tiempo; costos, expresados como precios de servicios de transporte en el mercado; seguridad, relacionado a la incidencia de daños, lesiones o accidentes; riesgo, toma en cuenta desde robo de propiedad hasta interrupciones y deterioro del rendimiento del sistema. Con estos cinco indicadores considerados avanzan a definir las cuatro instancias o etapas a donde trasladarán los indicadores para su medición, las etapas son:

- actividades internas en plataformas logísticas;
- actividades de recolección;
- actividades de entrega;
- transporte de línea entre nodos o terminales intermodales.

Posteriormente, basados en el trabajo de Cheng (2012), establecen una fórmula general para medir la fluidez del transporte mediante el cálculo del costo total por transitar en determinada ruta en cada segmento de la misma, correlacionando los cinco indicadores arriba mencionados; quedando de la siguiente manera:

$$TC(Q, l, t) = C_{DC} + C_{MC} + C_{UC} + C_{FC} + C_{OC}(Q, l, t) + C_{RC}$$

donde:

TC : costo total

Q : peso de la carga transportada (toneladas)

l : distancia (kilómetros)

t : tiempo (horas)

C_{DC} : costo por diseño de solución intermodal

C_{MC} : costo por administración de la ruta intermodal

C_{UC} : costo por uso de ruta intermodal

C_{FC} : costo fijo de solución intermodal

C_{OC} : costo operativo de ruta intermodal

C_{RC} : costo por riesgo aleatorio

Debido a la diversidad de actores que intervienen en el transporte intermodal se vuelve complejo visualizar los costos y demoras que ocurren en las interfaces entre modos de transporte, por lo que los autores deciden desmenuzar el costo operativo de la solución propuesta (C_{OC}) para una mejor visualización de las variables que lo componen estableciendo los siguientes supuestos: la carga es recolectada de cualquier localidad que esté dentro del área de influencia de la plataforma logística en la región de origen y es depositada en ella para, posteriormente, ser embarcada y recibida en la plataforma logística de destino, donde será distribuida a cualquier localidad dentro del área de influencia de la plataforma logística en región de destino; el tamaño del área de influencia en cada región es definido por r^s y r^d respectivamente, “n” se define como el número de veces que la carga es transferida a un modo de transporte distinto, la distancia entre cada sección “i” del corredor o ruta es l^i ($i= 1,2, \dots,n$). En la figura 2.3 se visualizan los supuestos mencionados.

De manera que proponen la siguiente fórmula:

$$C_{OC}(Q, l, t) = \left[\frac{\Psi^s}{q_0^s \alpha^s} + \sum_{i=0}^n \frac{\Psi^i}{q_0^i \alpha^i} + \frac{\Psi^d}{q_0^d \alpha^d} + r^s C_y^s + r^d C_y^d + \sum_{i=1}^n l^i C_y^i + TT_{Total} * t \right] Q + \sum_{i=1}^{n+1} l_z^i + SS$$

Donde TT_{total} se refiere al factor de variabilidad dado por la inconsistencia en tiempos de tránsito ocasionados por demoras no previstas, provocando que provoca que el tiempo de traslado de un punto A a uno B por la misma ruta no sea el mismo todas las veces que se realice; para cuantificar dichas inconsistencias proponen lo siguiente:

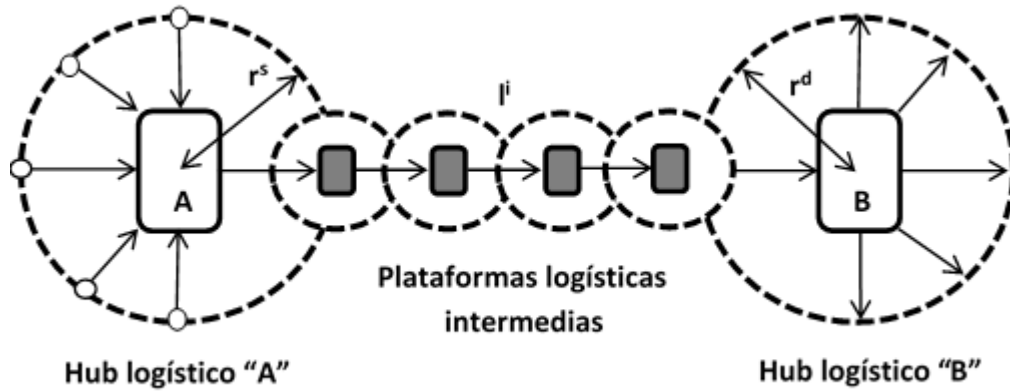


Figura 2.3: Representación de supuestos del método propuesto por Cheng, Y.

$$TT_{total} = TT^s + TT^d + \sum_{i=1}^n TT^i + \sum_{i=1}^{n+1} \varepsilon^i$$

donde:

TT_{total} : tiempo de tránsito total

TT^s : tiempo de tránsito total desde cualquier área "s" hacia plataforma logística "A" dentro de su zona de influencia

TT^d : tiempo de tránsito total desde cualquier área "d" hacia plataforma logística "B" dentro de su zona de influencia

$$\sum_{i=1}^n TT^i + \sum_{i=1}^{n+1} \varepsilon^i: \text{ tiempo de tránsito total en secciones } i$$

Por último, deciden incorporar un indicador que considere el nivel de inventario de seguridad para la empresa que se abastece de materiales o equipo para sus procesos productivos mediante el transporte intermodal, de manera que se sincronicen el tiempo de traslado del transporte con la frecuencia de demanda de productos en inventario de la empresa en cuestión; proponiendo lo siguiente:

$$SS = F_S^{-1}(CSL) * \sigma_{DDTT}$$

donde:

SS : inventario de seguridad

F_S^{-1} : distribución GAUSS normal inversa para nivel de servicio s

CSL : nivel de servicio al cliente

σ_{DDTT} : desviación estándar de tiempo de tránsito

Para demostrar cómo trabaja este método los autores desarrollan un caso práctico enfocado en la industria automotriz, en el cual una empresa necesita transportar autopartes en un trayecto A – B y cuenta con dos rutas intermodales alternativas para evaluar cuál es la mejor; encontrando que los factores más decisivos para optar por una u otra alternativa son la variabilidad en los tiempos de tránsito y los costos por el uso de las plataformas logísticas debido a que los servicios logísticos en la industria automotriz requieren alta confiabilidad y bajos costos en el transporte de sus insumos.

Concluyen mencionando que este método es de utilidad para calibrar el impacto en cuanto a fluidez en áreas o segmentos específicos de la cadena de suministro comparando diferentes rutas intermodales en el momento en que la empresa debe elegir la mejor para transportar sus productos; también demuestran que los retrasos en el transporte (falta de confiabilidad en tiempos dada por la misma variabilidad) generan entregas de mercancía fuera de tiempo impactando fuertemente en los costos de mantenimiento de inventario; otra de las conclusiones a las que llegan es en el sentido de resaltar la funcionalidad de éste método tanto para las entidades públicas como privadas al momento de querer conocer dónde es posible mejorar e invertir en los sistemas de transporte de mercancías de manera que las regiones se vuelvan competitivas y atractivas para establecer industrias/negocios que a su vez se vean beneficiadas por el uso de estos sistemas; el método es funcional también para detectar cuellos de botella críticos y soluciones a disrupciones en el transporte, así como para monitorear tendencias en los costos logísticos en servicios puerta a puerta. En

resumen éste método permite evaluar los impactos cuantitativos de la variabilidad de los tiempos de tránsito en el desempeño de la cadena de suministro.

AUTOR / COSTOS	COSTO POR DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	COSTO POR GESTIÓN DE LA SOLUCIÓN	COSTO POR USO	COSTO FIJO	COSTO OPERATIVO	COSTO POR RIESGO ALEATORIO	COSTO POR VARIABILIDAD EN TIEMPOS DE TRÁNSITO	COSTO POR INVENTARIO DE SEGURIDAD	COSTO POR RESTRICCIÓN DE DESCANSO	COSTO POR USO DE PLATAFORMA LOGÍSTICA
Milan Janic. 2007. "Modeling the full costs of an intermodal and road freight transport network".			✓	✓	✓	✓				
Yaorong Cheng. 2010. "The method to select the transport path based on multimodal cost".	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Hanssen, T.-E., Mathisen, T., Jorgensen, F. 2012. "Generalized transport costs in intermodal freight transport".			✓	✓	✓				✓	
Cedillo, G., Lizárraga, G., Martner, C. 2017. "MIF3 method: modeling intermodal fluidity freight flows".	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓

Figura 2.4: Tabla de autores y costos considerados en propuestas revisadas

AUTOR PARÁMETROS	Milan Janic. 2007. "Modeling the full costs of an intermodal and road freight transport network".	Yaorong Cheng. 2010. "The method to select the transport path based on multimodal cost".	Hanssen, T.-E., Mathisen, T., Jorgensen, F. 2012. "Generalized transport costs in intermodal freight transport".	Cedillo, G., Lizárraga, G., Martner, C. 2017. "MiF3 method: modeling intermodal fluidity freight flows".
VOLUMEN DE CARGA	✓	✓	✓	✓
CAPACIDAD DE CARGA DEL TRANSPORTE	✓	✓		✓
FACTOR DE CARGA DEL TRANSPORTE	✓	✓		✓
DISTANCIA	✓	✓	✓	✓
TIEMPO	✓	✓	✓	✓
VELOCIDAD	✓	✓		✓
VALOR DE LA CARGA			✓	✓
PRECIO DE TRANSPORTES	✓	✓	✓	✓
VARIABILIDAD EN TIEMPOS DE TRÁNSITO				✓
INVENTARIO DE SEGURIDAD				✓
DAÑO EN CARGA				✓

Figura 2.5: Tabla de autores y parámetros considerados en propuestas revisadas

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

En este capítulo se describen los pasos a seguir que permitirán el análisis del desempeño logístico de la ruta intermodal tomando como referencia costos y tiempos generados. De igual modo, cabe mencionar que la metodología desarrollada para esta tesis es cualitativa y cuantitativa, en el sentido de que en una parte de la investigación será necesario consultar al personal del área de logística sobre la información que no se encuentra en su sistema o base de datos, y por otro lado, la herramienta de análisis seleccionada requiere de valores numéricos para alimentarla. En primer lugar se explica el motivo por el cual se eligió el método MiF3 como herramienta de análisis; posteriormente se describen los pasos hechos en la investigación de campo para recolectar información sobre el estado actual de la empresa a analizar haciendo énfasis en las actividades o procesos que siguen para evaluar y gestionar sus servicios intermodales; después se describirán los pasos a seguir para aplicar la herramienta seleccionada; y por último, a manera de conclusión del capítulo, se comentan los resultados que se esperan obtener al implementar la herramienta.

3.1 SELECCIÓN DE HERRAMIENTA ANÁLITICA

De acuerdo con lo expuesto en la sección de revisión de literatura del capítulo anterior, se puede observar que el método MiF3 es una herramienta que contiene o

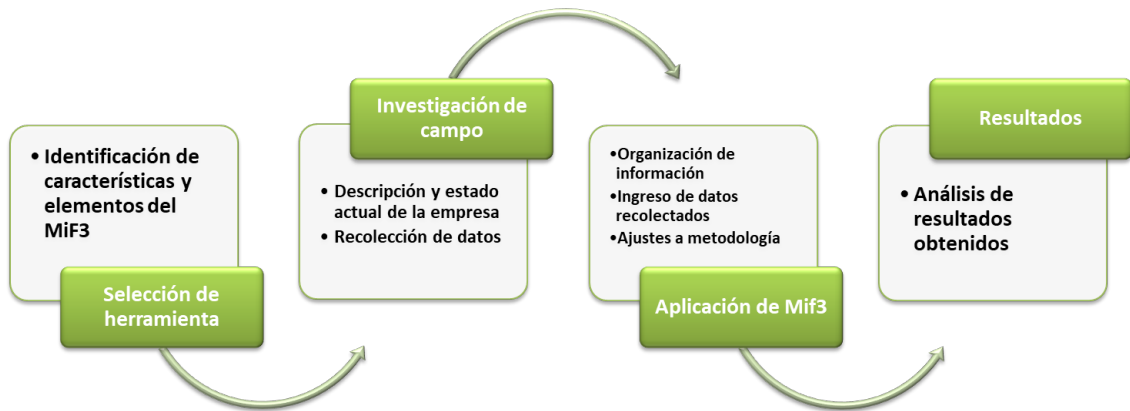


Figura 3.1: Metodología

compila elementos para el cálculo de costos totales principalmente de tres trabajos distintos (Janic, 2007), (Cheng, 2010) y (Hanssen *et al.*, 2012) buscando con ello enriquecer la fórmula general propuesta para el cálculo de costos totales en el transporte intermodal. Básicamente los trabajos revisados hacen una distinción entre costos fijos y costos variables correlacionando principalmente variables cuantitativas básicas referentes a tiempos de tránsito, volumen de mercancía transportada, distancias y precio del transporte; y en algunos casos, variables difíciles de evaluar sobre todo para asignarles un valor. Se observa también que cada autor agrupa de manera distinta los costos fijos y variables segmentando la ruta de acuerdo a los transbordos modales necesarios para completar el viaje. Pero además de las variables básicas, el MiF3 agrega otras más como: capacidad y factor de carga del transporte, velocidad promedio, valor de la mercancía, variabilidad en tiempos de tránsito, porcentaje de daños a mercancía, y nivel de inventario de seguridad; estos elementos en conjunto permiten un mejor acercamiento a la medición del desempeño logístico en los servicios de transporte ampliando la visión de los costos involucrados de manera secundaria o indirecta en el transporte de mercancías, por lo que éste método resulta más robusto y completo buscando una mejor aproximación al entorno real de las

operaciones.

3.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Para trabajar con la herramienta seleccionada y realizar el caso de estudio, se buscó una empresa proveedora de servicios logísticos que manejara transporte intermodal dentro de sus servicios, con la finalidad, de analizar dos rutas o corredores intermodales. Una vez encontrada la empresa, en primer lugar, se describió su estado actual en cuanto al sistema o método usado para la gestión de sus servicios de transporte; en segundo lugar, se realizó la búsqueda y recolección de datos para poder trabajar con la herramienta de análisis. A continuación se describen ambas fases.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA

Se realizaron visitas, entrevistas y encuestas al personal responsable de los servicios intermodales básicamente para conocer: los antecedentes de la empresa, el sistema o método que utilizan en la gestión de sus servicios, y los criterios en los que se apoyan para decidir que ruta es la más conveniente para el cliente en cuestión. Esta información recolectada permitió determinar el proceso interno seguido por la empresa, para lo cual, fue necesario conocer la siguiente información:

- Establecer si cuentan con equipo de transporte propio para realizar los servicios o subcontratan proveedores de transporte.
- Determinar si cuentan con socios comerciales.
- Determinar las plataformas informáticas o tecnológicas usadas durante la coordinación del servicio de transporte intermodal.

- Determinar el sistema para fijar sus tarifas en los servicios intermodales (contratos o acuerdos de transporte vigentes).
- Establecer la ruta o servicio intermodal más demandada durante el último año.

3.2.2 BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Una vez establecido el estado actual, se recopilieron los datos primarios necesarios para trabajar con la herramienta de análisis. Los datos son:

- Número de servicios realizados en el último año en la ruta analizada.
- Volumen de la mercancía transportada.
- Valor de la mercancía transportada.
- Segmentos modales en la ruta a analizar.
- Tiempos de tránsito por segmento para la ruta a analizar.
- Tiempos de estadía en plataformas logísticas.
- Costo de fletes por modo de transporte.
- Costo por servicios auxiliares adicionales.
- Costo por daños a la mercancía.
- Costo por inventario de seguridad.
- Leadtime de entrega al cliente.

Para cumplir con este paso se contó con el apoyo del encargado de coordinar las operaciones de transporte, quien tiene acceso a los registros y documentos relacionados a los servicios de transporte intermodal realizados.

3.3 APLICACIÓN DEL MiF3

Para trabajar con la herramienta de análisis, los autores del método MiF3 han diseñado un archivo en MS Excel. De igual manera, durante este punto se podrán hacer ajustes a la herramienta con la finalidad de adecuarla a las operaciones logísticas realizadas en cada uno de los segmentos de las rutas intermodales en análisis, de tal modo que se logre proyectar la realidad operativa en las rutas. La organización de los datos recolectados se hará de acuerdo a la naturaleza de los mismos, siendo estos:

- Datos de tiempos.
- Datos de costos.
- Datos de distancias.
- Datos de capacidades en transportes.

Posterior a la organización de datos y debido a que se desea analizar la información por segmentos modales y tipo de costos, el archivo de trabajo está conformado por seis hojas de cálculo agrupadas de la siguiente manera:

1. En la primer hoja se registran, en primer lugar, los “costos básicos” relacionados a los costos internos incurridos por la empresa por operar diariamente. En segundo lugar, se registran los totales de cada costo considerado por el MiF3, es decir se tendrán cinco segmentos donde se ubicarán las sumatorias referentes a: costos básicos, costos operativos, costo por uso de plataformas logísticas, costo por inventario de seguridad, y el costo por variabilidad en tiempos de tránsito; con los totales de estos costos finalmente se determina el costo total generado por transitar en la ruta intermodal.
2. En la segunda hoja de cálculo se ingresan los parámetros que permiten cuantificar los costos operativos generados, dentro de los parámetros que se deben

registrar están: distancias entre segmentos modales, costos de transporte por cada vehículo usado en cada segmento de la ruta intermodal, velocidad promedio de cada vehículo usado en cada segmento de la ruta, capacidad de carga de cada vehículo en cada segmento, capacidad de carga usada en cada vehículo y costos administrativos relacionados al tránsito de los vehículos y mercancía (peajes, cargos aduanales, permisos de tránsito en vías federales, permisos fitosanitarios, etc.).

3. En la tercer hoja se registrarán los parámetros que permiten determinar los costos asociados al uso de plataformas logísticas en cada nodo, dentro de los cuales se encuentran: valor unitario de la mercancía transportada, cantidad de días de almacenaje en plataformas logísticas, tasa promedio de daños a la mercancía en cada segmento de la ruta, costo por tonelada movilizada dentro de plataforma logística en cada segmento de la ruta, tiempo necesario para carga y descarga de la mercancía en plataformas logísticas, costo por día de almacenaje en cada plataforma logística, y valor monetario del tiempo para mover la mercancía en plataforma logística.
4. En la cuarta hoja se registran los parámetros necesarios para determinar el costo por mantener inventario de seguridad, dentro de los cuales se encuentran: promedio y desviación estándar de tiempos de tránsito totales y demanda de mercancía, nivel de servicio al cliente deseado, y varianza de tiempo de tránsito total.
5. En la quinta hoja se ubicarán los parámetros relacionados a determinar los costos asociados a la variabilidad en tiempos de tránsito en cada segmento de la ruta, dentro de los cuales se encuentran: coeficiente de variación de tiempos de llegada en cada segmento, coeficiente de variación de tiempo para procesar la unidad de carga en cada segmento, tamaño del lote de carga, tiempo para procesar cada vehículo en cada segmento, tiempo para realizar transbordos en cada segmento de la ruta, y la cantidad de unidades de transporte necesarias para mover la mercancía en cada segmento de la ruta expresada como tasa de

llegada.

3.4 ALUSIONES A LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS

Con la herramienta seleccionada se busca contar con un marco de referencia más sólido para la toma de decisiones basado en el análisis minucioso de costos y tiempos generados en el transporte intermodal de mercancías, se espera poder calcular el costo total de las rutas analizadas. De igual manera, se podrá identificar el segmento con los costos críticos con la finalidad de investigar más a fondo su origen y poder generar, en la medida de lo posible, alternativas que busquen su reducción.

Una parte importante del trabajo es el poder acercar la herramienta al entorno real de la empresa, por lo que será importante la retroalimentación recibida por el personal consultado para mejorar la herramienta o en su caso para ajustarla a las características propias de la empresa en cuestión. También será interesante saber si tomarán en consideración los resultados obtenidos para sus operaciones, ya que sólo así se podrá verificar la efectividad de la herramienta y comparar los costos de transporte generados previos al desarrollo del MiF3 contra los costos generados una vez tomada la decisión con base a los resultados del método.

HOJA EXCEL	PARÁMETROS
COSTOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Salario por hora. • Instalaciones, equipo y materiales. • Contratación 3PL. • Seguros contratados para el servicio.
COSTOS OPERATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen mercancía transportada. • Distancia por segmento. • Tarifas de fletes en ton./km. • Capacidad máxima de carga y usada.
COSTOS EN PLATAFORMAS LOGÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen mercancía. • Tarifas maniobras/ton. • Número de vehículos usados. • Tarifa almacenaje. • Días almacenaje. • Tiempo en maniobras internas. • Porcentaje de daño a mercancía. • Valor comercial mercancía.
INVENTARIO DE SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio y desviación estándar de tiempo total de tránsito y de demanda. • Varianza de tiempo total de tránsito. • Nivel de servicio al cliente. • Valor comercial de mercancía.
VARIABILIDAD EN TIEMPOS DE TRÁNSITO	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en tiempos de tránsito por segmento. • Número de vehículos usados en cada segmento. • Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en tiempos de maniobras en plataformas logísticas. • Distancias por segmento. • Velocidad promedio de vehículos usados. • Tiempos de almacenaje en plataformas logísticas.

Figura 3.2: Hojas de cálculo MiF3 y parámetros para el cálculo de costos

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestra la información obtenida del trabajo de campo, en primer lugar se describe brevemente el estado actual de la empresa con la que se colaboró en el ejercicio, después se presentan los datos recolectados para las rutas analizadas, y por último los resultados obtenidos con el método MiF3.

4.1 ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA

La empresa con la que se colaboró es de capital mexicano, tiene sus oficinas en el municipio de Monterrey, Nuevo León, cuenta con una bodega de 6,000 m² y se dedica a la prestación de servicios logísticos, dentro de los cuales ofrece los siguientes:

- Almacenaje.
- Distribución local y foránea.
- Cross-docking.
- Gestión de inventarios.
- Armado de pedidos.
- Consolidación y desconsolidación de carga.

- Transporte intermodal.

De acuerdo con la información recolectada por medio de entrevistas dirigidas al gerente general; las cuales fueron diseñadas para conocer el estado actual y los datos de entrada para el análisis de las rutas (ver C.1), se pudo determinar que:

- Cuentan con unidades de transporte terrestre, sin embargo no son utilizadas para los servicios intermodales, estas se usan para servicios de recolección, transporte y cross-dock dentro de la región. El transporte para servicios intermodales es sub contratado.
- Cuentan con un socio comercial para estos tipos de servicios que se encarga de conseguir los espacios y transportistas necesarios para mover la carga hasta el destino final, este socio les proporciona dos o tres opciones disponibles para ejecutar el transporte intermodal.
- Las plataformas tecnológicas usadas para sus servicios intermodales son propiedad de los operadores de transporte, no son de la empresa, sin embargo pueden acceder a ellas y rastrear por medio de GPS la ubicación de la unidad de transporte. No cuentan con plataformas tecnológicas propias para este tipo de servicios.
- Las tarifas cobradas a sus clientes para éste tipo de servicios el gerente las fija de manera empírica, considerando alguno de estos factores: porcentaje del costo de los fletes usados en la ruta, temporada en que se realiza el servicio, frecuencia del cliente en el uso del servicio, ó las tarifas manejadas por sus competidores.
- La ruta intermodal más recurrente durante el ultimo año tuvo como origen la ciudad de Qingdao, China, y como destino la de Saltillo, Coahuila; se registraron 14 servicios completados usando la configuración modal: terrestre – marítimo – terrestre; respecto al último segmento terrestre de la ruta, siete

se realizaron por medio de autotransporte carretero y los siete restantes por medio del ferrocarril.

A manera de visualizar gráficamente el proceso llevado por la empresa en estudio para la realización de sus servicios intermodales, en la figura 4.1 se presenta un esquema con el flujo de actividades e información generado:

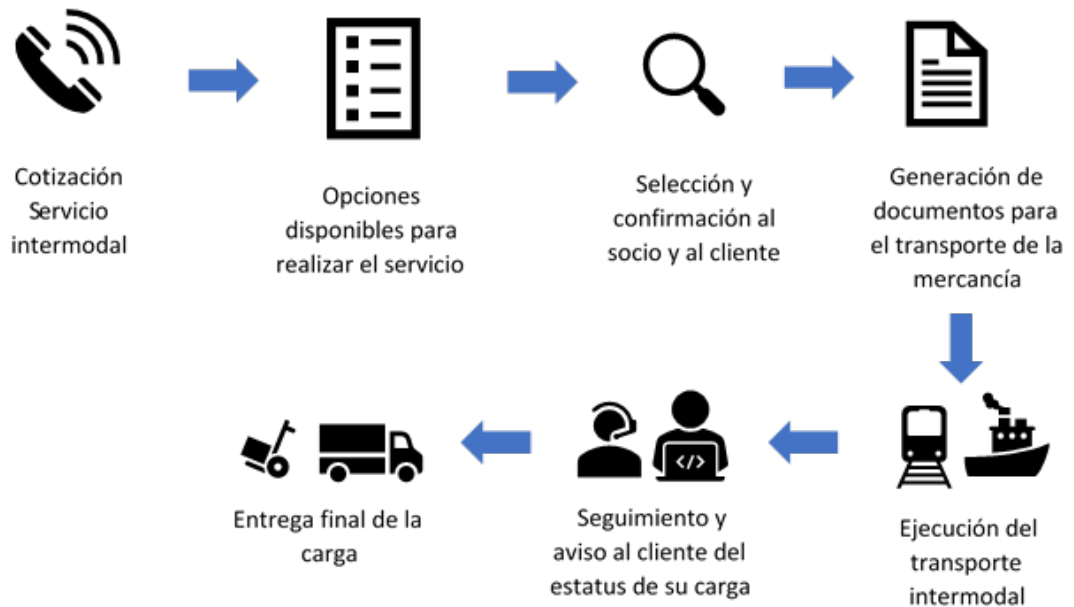


Figura 4.1: Proceso de gestión servicio intermodal

De igual manera, se pudo identificar que no cuentan con un proceso formalmente establecido para la gestión de sus servicios de transporte intermodal de mercancías; las actividades las realiza y coordina directamente el gerente general de la empresa de manera empírica. Para la prestación de este tipo de servicio ellos cuentan con un socio comercial en China que les apoya en la coordinación operativa, el cual se dedica a gestionar y coordinar el transporte de la mercancía ya sea desde o hacia aquella región. Se pudo identificar también que las actividades arriba señaladas se pueden dividir en dos fases: cotización del servicio y ejecución. A continuación se describen más detalladamente las actividades realizadas para el servicio intermodal en la ruta Qingdao – Saltillo:

- Cotización del servicio:
 1. Recepción de solicitud de cotización del cliente y contacto con socio en China. Intercambio de información sobre características de la mercancía a transportar (peso, volumen, tipo de mercancía, cantidad de unidades a transportar) y el origen-destino de la misma para determinar la disponibilidad del contenedor a usar en la operación de transporte y su costo.
 2. Despliegue de opciones de transporte por parte del socio comercial. El socio propone a la empresa tres opciones para el transporte marítimo, cada opción con ventanas de tiempo, espacios disponibles y costos distintos. En ocasiones las empresas navieras, a parte del transporte marítimo, ofrecen también el transporte completo hasta el destino final en el domicilio del cliente.
 3. Una vez que la empresa elige la ruta, se confirma la disponibilidad de espacio con la naviera y se inicia la generación de documentos para la gestión de la operación.
 4. Por último una vez confirmado el transporte marítimo, se manda la cotización al cliente que necesita el servicio intermodal. Esta cotización debe mandarse al cliente máximo 12 hrs. después de haber recibido su solicitud.

- Ejecución del servicio de transporte:
 1. Una vez que el cliente acepta la cotización enviada, se le confirma al socio comercial en China el uso del contenedor y el espacio en el barco para iniciar la coordinación de la recolección de la mercancía y traslado a la plataforma logística en región de origen.
 2. El contenedor es depositado en la plataforma logística quedando a la espera de ser transbordado en el barco que lo llevará a la plataforma logística en región de destino.

3. El barco transporta el contenedor a la región de destino donde es descargado y depositado a la espera de ser transbordado en la unidad de transporte final.
4. Por último la unidad de transporte recoge el contenedor en la plataforma logística y lo traslada al domicilio final del cliente.

Cabe mencionar que durante la fase de ejecución se realizan rastreos y se mantiene comunicación con el socio en China con la finalidad de mantener informado en todo momento al cliente de la ubicación su mercancía.

4.2 BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

En este paso se contó con el apoyo del gerente general quien proporcionó los datos necesarios para realizar el ejercicio. Se estableció que para hacer un mejor análisis de las rutas con el MiF3 era necesario identificar el servicio o ruta intermodal más demandado durante el último año, esto con la finalidad de contar con una mayor cantidad de datos que permitieran obtener resultados consistentes.

La ruta o servicio intermodal más consistente durante el año 2018 inicia en Qingdao, China y termina en Coahuila, México. Este servicio se realizó 14 veces de la siguiente manera: inicia con la recolección de la mercancía en el distrito de Hetao en la provincia de Shandong para su posterior traslado al puerto marítimo de la ciudad de Qingdao, ahí la mercancía es descargada del camión para esperar su transbordo al barco que la transportará hacia el puerto de Manzanillo, en el estado de Colima; al llegar a puerto mexicano, la mercancía es descargada del barco para esperar su transbordo al camión que la transportará hacia destino final en la ciudad de Saltillo en el estado de Coahuila.

De igual manera, se identificó que siete de los catorce servicios completados se realizaron usando la configuración modal: autotransporte-barco-autotransporte como se presenta en la figura 4.2. Y los siete restantes tuvieron la particularidad de

realizarse bajo la siguiente configuración: autotransporte - barco - ferrocarril - auto-transporte (4.3); en estos siete servicios el ferrocarril sale del puerto de Manzanillo y llega a la ciudad de Monterrey donde el contenedor es transbordado y transportado al domicilio final del cliente en Saltillo. De tal modo que, se pudieron distinguir dos rutas diferentes que comparten los mismos puntos de origen-destino pero que presentan una configuración modal distinta en el último segmento de la ruta, por lo que se obtuvieron dos rutas intermodales distintas para analizar.



Figura 4.2: Primer ruta intermodal analizada

Los datos de entrada recolectados para el análisis de la primer y segunda ruta se presentan en la tablas 4.1 y 4.2 respectivamente. La mayoría de estos datos son costos asociados a la prestación del servicio, son de utilidad para establecer los parámetros que permiten el cálculo de los costos considerados por el MiF3.



Figura 4.3: Segunda ruta intermodal analizada

Los parámetros relacionados a tiempos de tránsito por segmento en ambas rutas se registran en las secciones A.1 y B.1 respectivamente, en ellas se localizan las tablas con los tiempos de llegada de los vehículos que transportan el contenedor en los distintos segmentos de las rutas; son de utilidad para calcular el coeficiente de variación ($C. V.$) en tiempos de tránsito y poder cuantificar el costo generado por la variabilidad en tiempos de cada segmento de las rutas analizadas. En la sección A.1 se registran los tiempos generados por el traslado vía carretera desde la fábrica del embarcador, localizada en Shandong, hacia el puerto de Qingdao (tiempos de llegada en región A); después se registran los tiempos generados por el traslado vía marítima desde el puerto de Qingdao hasta el puerto de Manzanillo (tiempos de llegada en sección i); y por último los tiempos generados por el traslado vía carretera desde el puerto de Manzanillo hasta las instalaciones del cliente final en la ciudad de Saltillo

(tiempos de llegada en región B).

Como se mencionó anteriormente, ambas rutas comparten mismo origen-destino con la diferencia que la segunda ruta presenta un cambio modal en el último segmento de la ruta, por lo tanto fue necesario registrar los tiempos de tránsito generados como consecuencia del cambio modal. En ese sentido, en la sección B.1 los tiempos de llegada en región A y en sección i corresponden a las mismas operaciones de transporte descritas anteriormente. Las modificaciones se registran en los tiempos generados por el traslado vía ferroviaria del puerto de Manzanillo hacia Monterrey (tiempos de llegada en sección $i+1$), y en el traslado de la ciudad de Monterrey hacia las instalaciones del consignatario en saltillo vía carretera (tiempos de llegada en región B).

DATOS PRIMARIOS	
No. De servicios realizados en el año	7
Volumen de mercancía transportada (tons)	24.5
Valor comercial de mercancía transportada (usd)	\$ 8,055.09
Cantidad de piezas transportadas	960
Leadtime entrega al cliente (días)	35
Costo flete marítimo (usd)	\$ 2,242.00
Costo flete terrestre en origen (usd)	\$ 100.00
Costo flete terrestre en destino (usd)	\$ 1,750.00
Costo por maniobras auxiliares en plataformas (usd)	\$ 350.00
Costo por servicios administrativos auxiliares (usd)	\$ 125.00
Costo seguros a la mercancía (usd)	\$ 195.00

Tabla 4.1: Datos primarios primer ruta

Del mismo modo, los parámetros necesarios para el cálculo de inventario de

DATOS PRIMARIOS	
No. De servicios realizados en el año	7
Volumen de mercancía transportada (tons)	24.5
Valor comercial de mercancía transportada (usd)	\$ 8,055.09
Cantidad de piezas transportadas	960
Leadtime entrega al cliente (días)	35
Costo flete marítimo (usd)	\$ 2,242.00
Costo flete terrestre en origen (usd)	\$ 100.00
Costo flete terrestre en destino (usd)	\$ 250.00
Costo flete terrestre ferrocarril (usd)	\$ 1,100.00
Costo por maniobras auxiliares en plataformas (usd)	\$ 425.00
Costo por servicios administrativos auxiliares (usd)	\$ 125.00
Costo seguros a la mercancía (usd)	\$ 195.00

Tabla 4.2: Datos primarios segunda ruta

seguridad en ambas opciones se muestran en las tablas de las secciones A.2 y B.2 respectivamente. Para el cálculo de éste costo fue necesario conocer: los tiempos de tránsito totales, demanda del producto transportado, y el nivel de servicio deseado; con estos datos se pudo determinar promedios y desviaciones estándar tanto de tiempos de tránsito totales como de la demanda, y varianzas de tiempos de tránsito en cada servicio analizado.

Cabe mencionar, sobre el tema del costo generado por daños a la mercancía, de acuerdo con la información compartida por el gerente de operaciones, en ninguno de los catorce servicios analizados se registró daño alguno a la mercancía; por lo que no se consideró su cálculo en el costo total. Sin embargo, para no pasar por alto éste elemento considerado por el método MiF3, se buscó la manera de incluir el elemento

de “riesgo” desde la perspectiva de la empresa proveedora de transporte considerando las primas de seguros contratados y los deducibles a pagar por el cliente en caso de suceder algún incidente durante la manipulación, transportación, o almacenamiento del contenedor. Este punto se abordará con mayor detalle al final de la siguiente sección.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez organizados los datos de ambas rutas, se procedió a trabajar con ellos en el archivo diseñado por los autores del MiF3, los resultados obtenidos se observan en la figura 4.4. En primera instancia podemos ver que en los costos básicos no hay variación, se mantuvieron en \$3,336.04 usd; los costos permanecen constantes en ambas rutas debido a que se trata de la misma empresa prestadora del servicio, por lo que sus costos internos de operación son iguales en ambas rutas y no hay mucho que comentar al respecto.

En cuanto a los costos operativos podemos observar que existe una mínima diferencia entre ambas rutas (\$600.64 usd.) registrada principalmente en el rubro de costos de transportación. Esto resulta interesante, ya que a pesar de que los costos por transportar la mercancía en la segunda opción en el segmento ferroviario Manzanillo - Monterrey (\$1,100.00 usd.) y segmento carretero Monterrey - Saltillo (\$250.00 usd) son menores en comparación al costo de la primera opción en el segmento carretero Manzanillo - Saltillo (\$1,750.00 usd.); al sumar los costos de transportación de todos los segmentos modales desde origen hasta destino final, la segunda ruta analizada presenta el costo de transportación más elevado, con un total de \$4,954.97 usd. Este fenómeno observado es una muestra de lo engañoso que pueden llegar a ser los costos de fletes cuando se analizan de manera individual por modo de transporte y por segmento de ruta, llegando a ocultar el costo total real de la ejecución operativa en el transporte intermodal provocando tomar decisiones erróneas.

En cuanto a los costos generados por uso de plataformas logísticas, estos presentan una diferencia considerable entre ambas rutas de \$1,228.16 usd.; en ese sentido, se puede decir que el rubro que más contribuye a ésta diferencia es el costo de manipulación de mercancía, el cual presenta una diferencia de \$1,152.94 usd. entre la segunda y primera ruta, siendo ésta última la que presenta el costo de manipulación más bajo. Esto se debe básicamente a que en la segunda ruta se reflejan los costos generados por manipular y almacenar el contenedor al interior tanto de la terminal portuaria de Manzanillo como de la terminal ferroviaria de Monterrey, cosa que en la primer ruta no se observa debido a que la mercancía es manipulada únicamente en la terminal del puerto de Manzanillo y de ahí parte el camión que llevará directamente el contenedor hasta el domicilio del cliente en Saltillo.

Sobre los costos generados por mantener inventario de seguridad durante el tiempo total de tránsito, se registró una diferencia considerable de \$1,241.68 usd. entre ambas rutas, que traducidos a toneladas representan 3.78 tons. del producto transportado. Esto significa que el tiempo de tránsito total es mayor en la segunda opción, por lo que la cantidad de producto necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de tránsito también debe ser proporcional a éste. Cabe mencionar, que la fórmula usada para el cálculo de inventario de seguridad no considera el tiempo de entrega prometido al cliente (leadtime) sino que considera el tiempo de tránsito total en cada uno de los viajes completados; de manera que el nivel de inventario calculado para ambas opciones se apega al tiempo real de tránsito, provocando que el volumen de producto en inventario se adecue tanto a la variación de la demanda durante el tiempo de tránsito como a la variación del mismo tiempo de tránsito en cada viaje completado.

En ese sentido, es pertinente resaltar la importancia de analizar los servicios de transporte, ya sea como usuario o proveedor de estos, desde el enoque de cadenas de suministro, el cual permite estar conscientes del objetivo principal de la logística del transporte al momento de colocar los bienes en el tiempo, lugar, cantidad, calidad y costo adecuados para el proceso productivo que demanda el siguiente eslabón en la

cadena.

Continuando con el análisis, se observó algo interesante que está relacionado al inventario de seguridad y a la variabilidad en tiempos de tránsito; y es que la segunda ruta generó mayor tiempo de tránsito en el último segmento, específicamente en el tramo ferroviario; a pesar de que la velocidad promedio del ferrocarril (80km/hr) es mayor a la del autotransporte carretero (45km/hr); motivo por el cual el inventario de seguridad se elevó casi cuatro toneladas en comparación a la primer ruta. Investigando más a fondo con el personal al interior de la empresa y de manera individual la causa de éste incremento de tiempo en el servicio ferroviario, se pudo identificar que durante el año 2018 se presentaron 63 bloqueos a las vías férreas que comunican al puerto de Manzanillo, representando 56 días o 1,344 horas de demoras en el servicio; estos bloqueos contribuyeron al incremento tanto de la variabilidad en tiempo de tránsito total como del nivel de inventario de seguridad presentados para la segunda ruta analizada.

Ahora bien, dicha situación impactó también sobre el costo generado por la variabilidad en tiempos de tránsito, donde se registró una diferencia entre ambas rutas de \$1,129.53 usd. equivalente a 46.1 hrs, siendo la primer ruta la que presentó menor variabilidad (399.47 hrs./16.64 días/\$9,786.95 usd.) en los siete servicios completados a través de ella. Esto significa que los segmentos modales que componen la primer ruta, en general, son más fluidos en comparación a los de la segunda opción. Por otro lado, si comparamos los indicadores de variabilidad entre ambas rutas, podemos observar que la diferencia de 46.1 hrs. (1.92 días) es relativamente poca; esta diferencia fue generada básicamente por los problemas en el servicio ferroviario mencionados anteriormente, es decir, de los 56 días totales de demoras registrados, el 3.42% impactó en los alguno de los siete servicios completados en la segunda opción. Como se puede observar, si se compara la variabilidad de ambas rutas a nivel regional la diferencia es poca, pero si llegara a compararse con otros corredores o rutas, dieciséis días (variabilidad de la ruta más fluida) pueden llegar a ser demasiados, dependiendo del tipo de producto transportado, cuando se requieren entregas

a tiempo y secuenciadas. En general, esto nos dice que el servicio ferroviario que conecta al puerto de Manzanillo es irregular haciéndolo poco confiable afectando la fluidez de las cadenas de suministro usuarias de dicho servicio.

Por último, en lo que respecta al costo total hay una diferencia de \$4,200.02 dólares entre las dos rutas, siendo la opción uno la de menor costo total, es decir, la más fluida y por lo tanto la que presenta mejor desempeño logístico en términos de costos y tiempos. En ese sentido, el grupo de costos que más contribuyó a la generación del costo total fue el de variabilidad en tiempos de tránsito con un 44.70 % (\$9,786.95 usd.); en segundo lugar, el grupo de costos operativos con un 19.96 % (\$4,371.52 usd.); en tercer lugar, el de inventario de seguridad con un 18.47 % (\$4,045.57 usd.); en cuarto lugar, el de costos básicos con un 15.23 % (\$3,336.04 usd.); y por último el de uso de plataformas logísticas con un 1.64 % (\$358.80 usd.) ver figura 4.5.

4.3.1 ANÁLISIS DE RIESGO

Como se mencionó al final de la sección anterior, debido a que la empresa con la que se colaboró no llega a conocer si el producto transportado sufre algún daño en algún segmento de la ruta intermodal, ya sea en región de origen o de destino final; no es posible hacer el cálculo del costo por daños de la manera como señala el MiF3, el cual contempla básicamente el volumen total de producto dañado recibido en destino final y lo multiplica por el valor comercial por unidad de volumen.

Debido a éste inconveniente se buscó la manera de incluir, desde la perspectiva del proveedor de transporte pero sin perder de vista el enfoque del MiF3 para evaluar el desempeño logístico en corredores multimodales, el elemento faltante que considera el costo por daños al producto transportado. Para lo cual se trabajó con el método montecarlo con la finalidad de explorar los posibles escenarios y posibles costos generados por concepto de pago de deducibles en caso de llegar a sufrir

algún percance durante el transporte. A continuación se explicará brevemente en qué consiste éste método y cómo se trabajó con él.

El método montecarlo tiene sus orígenes en la década de los años cuarentas de la mano del estallido de la segunda guerra mundial, su desarrollo y perfeccionamiento se adjudica a los investigadores John Von Neumann y Stanislaw Ulam quienes estudiaban el movimiento aleatorio de los neutrones; el nombre de éste método proviene precisamente de la ciudad de Montecarlo en Mónaco, la cual es conocida mundialmente por sus casinos donde se realizan juegos de azar (Barreto y Frank, 2006). Éste método ha sido utilizado en diversas áreas de investigación, se basa en la generación de números aleatorios para simular escenarios posibles asignandoles porcentajes de ocurrencia, para lo cual es necesario definir las variables aleatorias que participarán en la simulación y determinar la fórmula que correlacione dichas variables con la probabilidad de ocurrencia asignada (Carvajal y Rodger, 2016).

Primeramente lo que se hizo fue definir las variables aleatorias que intervinieron en la simulación, en este caso se establecieron tres: costo mínimo (cs), costo medio (cm), y costo máximo (cp). El costo mínimo se asoció al monto pagado por asegurar la mercancía y el contenedor en el supuesto de no sufrir percance alguno, el costo medio se asoció al porcentaje del deducible a pagar indicado en la póliza en el supuesto de que el contenedor sufra algún percance, y el costo máximo se asoció al porcentaje de deducible a pagar indicado en la póliza en el supuesto de sufrir algún percance tanto en el contenedor como en la mercancía transportada. Las fórmulas que se asociaron a las variables fueron las siguientes:

- $y_1 = cs$

Si

$$p_1 \geq x$$

donde:

y_1 : costo esperado para número aleatorio en primera distribución

cs : costo mínimo establecido

x : número aleatorio entre 0 y 1

p_1 : valor primera distribución de probabilidad

$$\blacksquare y_2 = cs + (p_2 - p_1/cm - cs)x$$

Si

$$p_1 \leq x \leq p_2$$

donde:

y_2 : costo esperado para número aleatorio en segunda distribución

cs : costo mínimo establecido

p_2 : valor segunda distribución de probabilidad

p_1 : valor primera distribución de probabilidad

cm : costo medio

cs : costo mínimo

x : número aleatorio entre 0 y 1

$$\blacksquare y_3 = cm + (p_3 - p_2/cp - cm)x$$

Si

$$p_2 \leq x \leq p_3$$

donde:

y_3 : costo esperado para número aleatorio en tercera distribución

cm : costo medio

p_3 : valor tercera distribución de probabilidad

p_2 : valor segunda distribución de probabilidad

cp : costo máximo

x : número aleatorio entre 0 y 1

Posteriormente se fijaron las distribuciones de probabilidad como porcentajes de ocurrencia para cada variable aleatoria de los supuestos definidos y se generaron

tres escenarios hipotéticos: optimista, intermedio, y pesimista. En el optimista se asume que no ocurre percance alguno y la mayor probabilidad de ocurrencia se asignó al costo mínimo (ver tabla 4.3); en el intermedio se asume que el contenedor que transporta el producto sufre algún daño siendo necesario pagar un deducible equivalente a 16 % sobre el valor del contenedor nuevo y la mayor probabilidad de ocurrencia se asignó al costo medio (ver tabla 4.4); en el pesimista se asume que tanto el contenedor como el producto sufren daños mayores siendo necesario pagar deducibles equivalentes a 16 % sobre el valor del contenedor nuevo y 15 % sobre el valor comercial del producto transportado, la mayor probabilidad de ocurrencia se asignó al costo máximo (ver tabla 4.5).

Límite	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
0 - 0.6	17949	0.5983	0.5983
0.6 - 0.8	6023	0.200766667	0.799066667
0.8 - 1	6028	0.200933333	1
TOTAL	30000	1	

Tabla 4.3: Distribución de probabilidades para escenario 1

Límite	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
0 - 0.2	5972	0.199066667	0.199066667
0.2 - 0.8	18142	0.604733333	0.8038
0.8 - 1	5886	0.1962	1
TOTAL	30000	1	

Tabla 4.4: Distribución de probabilidades para escenario 2

Límite	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
0 - 0.2	6060	0.199966667	0.199966667
0.2 - 0.4	6022	0.2021	0.402066667
0.4 - 1	17918	0.597933333	1
TOTAL	30000	1	

Tabla 4.5: Distribución de probabilidades para escenario 3

Una vez listos estos pasos, se procedió a la generación de números aleatorios los cuales permitieron asignar costos a las fórmulas establecidas de acuerdo a las distribuciones de probabilidad fijadas. El proceso se simuló treinta mil veces en cada escenario con la finalidad de evaluar y estabilizar de mejor manera los costos promedios y desviaciones estándar obtenidos de las fórmulas. De igual manera se calcularon los intervalos de confianza siguiendo los valores de la distribución normal considerando un nivel de confianza de 95 % y alfa de 5 %. Ver apéndice C.1

Conociendo los costos promedios totales de cada escenario se pudo construir la tabla de distribución de probabilidades con los intervalos equidistantes obtenidos de los valores de “ y ” simulados, y se estimó el valor esperado para cada intervalo dado por el producto obtenido de multiplicar la probabilidad y el límite superior de cada intervalo definido. En ese sentido, al estimar el valor esperado de cada intervalo en los tres escenarios (ver apéndice C.2), se pudo hacer el cálculo para determinar el costo base que la empresa podría cobrar por hacerse cargo del pago de seguros y deducibles para transportar el producto en la ruta intermodal analizada y así exonerar o evitar que el cliente se haga cargo de estos.

Cabe recordar que el cálculo de esta “cobertura por daños” está dada por la probabilidad de ocurrencia de percances fijada siguiendo los mismos criterios en cada escenario; es decir, en el primer escenario la probabilidad de no sufrir algún

percance fue del 60 % y el 40 % restante se dividió equitativamente entre sufrir daños al contenedor y sufrir daños al producto, en el segundo escenario la probabilidad de sufrir daños al contenedor fue del 60 % y el 40 % restante se repartió equitativamente entre no sufrir daño alguno y sufrir daño al producto transportado, en el tercer escenario la probabilidad de sufrir daños al producto fue del 60 % y el 40 % restante se repartió equitativamente entre no sufrir daño alguno y sufrir daños al contenedor.

Ahora bien, retomando el análisis de costos bajo el método MiF3, se puede decir que, considerando la cobertura para el valor esperado del escenario 1 (ver tabla C.4) como un costo derivado de evitar o de proteger de cualquier daño tanto al producto como al contenedor, se obtiene un monto de \$ 718.51 usd. entendiéndose que la ruta intermodal es relativamente segura y que precisamente se estaría cobrando al cliente ese monto por el nivel de seguridad de la ruta analizada.

Siguiendo el mismo planteamiento, considerando la cobertura para el valor esperado del escenario 2 (ver tabla C.5) obtenemos un monto de \$ 399.28 usd. y se asume que el monto es menor en comparación al obtenido en el escenario anterior debido a que la ruta analizada presenta mayor riesgo en su transitar, por lo que el monto a cobrar al cliente será menor debido al menor nivel de seguridad de la ruta, y por otro lado, la empresa proveedora del servicio intermodal necesitará de una mayor cantidad de clientes usuarios de la ruta analizada para reunir el monto ideal que le permitirá hacerse cargo de los seguros y deducibles a pagar en caso de ocurrir algún percance durante el tránsito.

La cobertura para el valor esperado en el escenario 3 (ver tabla C.6) presenta un monto de \$ 394.80 usd. muy similar al anterior, esto debido a la misma razón expuesta en el párrafo anterior, y por lo tanto la empresa se ve en la necesidad de buscar más clientes usuarios de la ruta intermodal analizada para reunir el monto que le permita pagar los seguros y deducibles en caso de ocurrir algún percance durante el tránsito.

En otras palabras, con este tipo de análisis de riesgo se tiene una base tarifaria

para poder comunicarle al cliente las dos opciones que tiene disponibles, por un lado aceptar la tarifa máxima propuesta por la empresa proveedora del servicio y así evitar que el cliente se haga cargo del pago de seguros y deducibles, por otro lado rechazar la propuesta tarifaria y correr el riesgo por su propia cuenta viéndose en la necesidad de contratar por separado los seguros necesarios e incluso pagar los deducibles que pudiesen surgir.

Es decir que para el escenario 1 la empresa podría asumir el riesgo cobrando al cliente una cobertura de \$ 718.51 usd. evitándole con esto llegar a pagar deducibles de hasta \$ 5,930.87 usd. en caso de que el cliente decida asumir el riesgo por propia cuenta. En éste supuesto el cliente probablemente decida rechazar la propuesta y asumir el riesgo por su propia cuenta, esto debido a que el producto transportado no es de alto valor y la cobertura propuesta por la empresa puede resultarle elevada.

Siguiendo con éste planteamiento, las coberturas propuestas en los escenarios 2 (\$ 399.28 usd.) y 3 (\$ 394.80 usd.) podrían resultar más atractivas para el cliente a pesar de que el riesgo es mayor en ellos, esto debido a que probablemente prefiera que su producto transite por una ruta menos segura, considerando que la carga transportada no representa riesgo mayor de hurto; y por otro lado al aceptar alguna de estas coberturas, el cliente se estaría evitando pagar deducibles de hasta \$ 10,400.14 usd. y \$ 10,462.87 usd. respectivamente en caso de llegar a sufrir algún percance la carga o el contenedor transportados.

Es resumen, la cobertura a pagar en cualquiera de estos dos últimos escenarios es menor en comparación a la del escenario 1, y a su vez los deducibles que el cliente estaría evitando pagar al aceptar el cobro de alguna de estas son mayores en comparación a la del escenario 1, por lo que podría resultar en mayor beneficio para él considerando las características y el valor comercial del producto transportado.

		Datos Generales	
24.50		Q	Cantidad de mercancía transportada (Ton).
1.00		τ	Valor monetario del tiempo (Dólares por hora)
Opción 1	Opción 2	COSTOS BÁSICOS	
119.04	119.04	C_{DC}	Costos de diseño.
200.00	200.00	C_{MC}	Costos de gestión del IFTC
322.00	322.00	C_{UC}	Costos por uso del CITM
2,500.00	2,500.00	C_{FC}	Costos fijos del CITM
195.00	195.00	C_{RC}	Costos por riesgos asociados del CITM
3,336.04	3,336.04	TOTAL	
		COSTOS OPERATIVOS	
4,367.69	4,954.15	Costos de transportación	
3.83	18.01	Costo por uso	
4,371.52	4,972.16	TOTAL	
		COSTOS POR USO DE PLATAFORMA LOGÍSTICA	
7.81	1,160.75	C_{HF}	Costo de manipulación
0.00	0.00	C_{ag}	Costo de almacenaje
350.00	425.08	C_p	Costo por tpte. Interno dentro de la plataforma
0.99	1.14	C_C	Costos por consolidación
0.00	0.00	C_d	Costos por daños a la mercancía
358.80	1,586.96	TOTAL	
		COSTOS DE INVENTARIO DE SEGURIDAD	
12.30	16.08	SS	inventario de seguridad
4,045.57	5,287.25		Costo por inventario de seguridad
		VARIABILIDAD EN TIEMPO DE TRÁNSITO	
399.47	445.57	TT_{Total}	Tiempo de tránsito total.
9,786.95	10,916.48		Costo del tiempo de tránsito total.
18,562.83	22,762.85	$C_{\alpha}(Q,I,t)$	
21,898.87	26,098.89	$TC(Q,I,t)$	

Figura 4.4: Costos totales

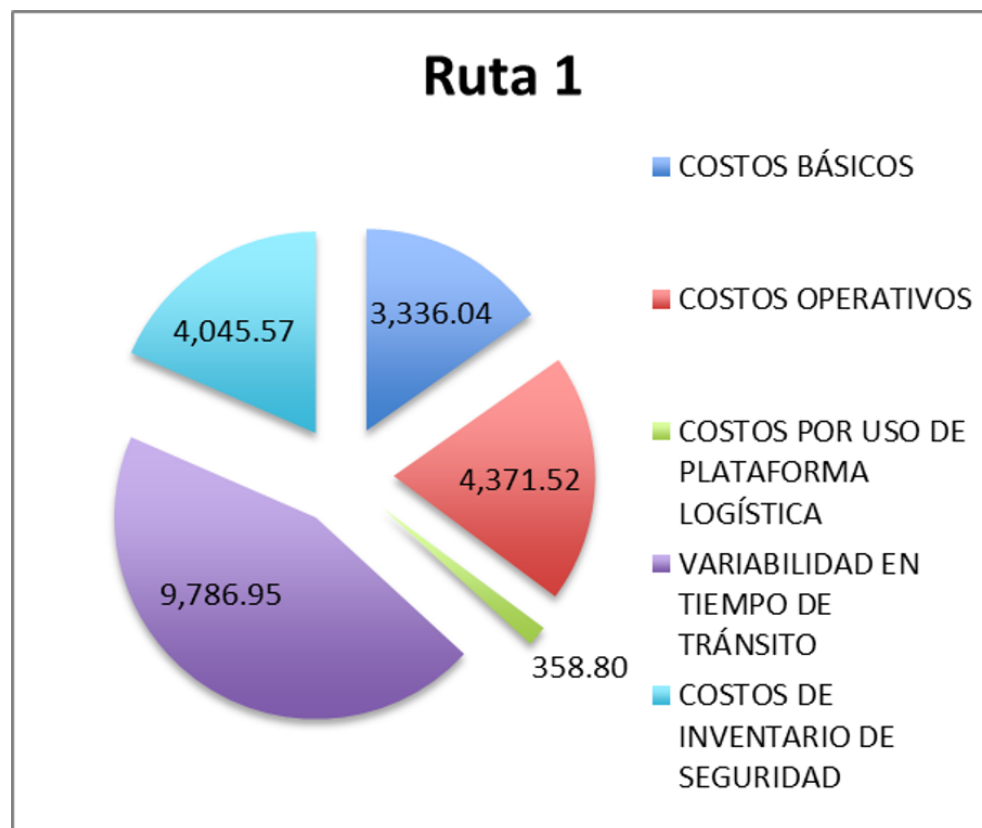


Figura 4.5: Costos ruta 1

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se logró abordar y resaltar la importancia del tema referente a costos logísticos, específicamente los generados por el transporte de mercancías mediante el intermodalismo. Se logró identificar y describir los tres elementos principales que hacen posible la ejecución de las operaciones en el transporte intermodal de mercancías. Se abordó el tema de costos y tiempos generados en el intermodalismo y cómo estos pueden ser de utilidad para medir el desempeño logístico de corredores multimodales a través del concepto de fluidez.

Siguiendo con la parte del análisis de costos y tiempos realizado a través del método MiF3, se observó que proporciona una alternativa para analizar el desempeño logístico en corredores o rutas intermodales tomando como referencia el concepto de fluidez, el cual considera la variabilidad registrada tanto en tiempos de tránsito en cada uno de los segmentos de la ruta como en operaciones de carga, descarga y almacenaje; de tal modo, que mientras más fluida sea una ruta, menor será la variabilidad en tiempos de tránsito y menores las implicaciones económicas para los involucrados en la prestación o uso de los servicios de transporte.

De igual manera, se logró aplicar al interior de una MIPYME (micro, pequeñas y medianas empresas) de la región una herramienta de análisis, que en principio fue diseñada para medir el desempeño logístico en corredores multimodales, con

la finalidad de aportar un elemento más que contribuya a tomar decisiones mejor sustentadas en cuanto seleccionar rutas intermodales para transporte de mercancías desde la perspectiva de cadena de suministro. Éste tipo de análisis también puede ser de utilidad al interior de las MIPYME para identificar los costos críticos y empezar por develar sus causas para poder generar estrategias que busquen, en la medida de lo posible, controlarlos y mitigarlos.

En ese sentido, cabe mencionar que de acuerdo con datos publicados del último censo económico realizado por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2014), las empresas cuya actividad económica es la prestación de servicios, sector en donde se encuentra catalogada la empresa con la que se colaboró; contribuyeron a la producción bruta total del país en un 18.3% equivalente a \$2,552,149,395 pesos, de los cuales las MIPYME contribuyeron en un 20.8% equivalente a \$532,007,882 pesos; y a su vez, de éste último porcentaje, las MIPYME dedicadas a la prestación de servicios de transporte, correo y almacenamiento contribuyeron en un 43.4% equivalente a \$216,605,649 pesos.

Considerando que, las MIPYME dedicadas a la prestación de servicios logísticos y de transporte hacen una importante contribución al desarrollo comercial y económico tanto a nivel nacional en general como en sus respectivas regiones de operación, esto sumado, al incremento del volumen de carga intermodal en el mercado doméstico proyectado para el año 2025 (IMT y SCT, 2003), y al acuerdo logrado con la renegociación del tratado comercial entre Canadá-EE.UU.-México. Esto nos dice que será importante que éste tipo de empresas cuenten herramientas accesibles que les permitan gestionar y realizar sus operaciones de mejor manera sin comprometer los ingresos obtenidos por la prestación de sus servicios, tomando en cuenta que el capital con el que disponen para invertir en equipo e infraestructura es limitado y que los softwares especializados en gestión de sistemas de transporte son costosos; en ese sentido, herramientas como el MiF3 que proponen otro enfoque para analizar y seleccionar rutas intermodales, son una buena alternativa para éste tipo de empresas que se encuentran en crecimiento y que no cuentan con suficiente capital para

invertir en programas especializados.

Por otro lado, se pudo observar la utilidad de la herramienta para determinar el número necesario de unidades de transporte para movilizar la mercancía en cada segmento de la ruta, y para identificar los segmentos más congestionados en términos de la variabilidad en tiempos de tránsito generada por diversos factores. Esto es importante al momento de analizar corredores a gran escala incluyendo diversos clientes, operadores y mercancías, ya que puede proporcionar una idea de los recursos operativos necesarios para atender la demanda de determinada región y gestionar dichos recursos de acuerdo a la realidad operativa. Cabe mencionar, que países como Canadá y EE.UU. cuentan con herramientas similares que les ayudan a tener mejor visibilidad de los flujos de transporte y mercancías que circulan en sus territorios, permitiéndoles tomar mejores decisiones en cuanto a inversión en infraestructura se refiere, de tal manera que pueden adecuar sus sistemas de transporte a la necesidad del mercado actual y futura.

5.1 APORTACIONES

Con éste trabajo se logró, específicamente en lo que respecta a la implementación de la herramienta seleccionada, determinar la ruta intermodal más fluida para el cliente y producto en específico considerados, de tal manera que se logró cumplir con los siguientes objetivos trazados en el trabajo:

- Aplicar el método MiF3 al interior de una empresa proveedora de servicios logísticos.
- Ajustar el MiF3 a las rutas seleccionadas.
- Medir y visualizar los costos por segmento para las rutas seleccionadas.
- Analizar las causas de los costos obtenidos.

- Identificar los costos críticos que más impactan en el costo total.
- Relacionar el concepto de fluidez con el costo total.
- Calcular los costos por daños a la mercancía desde el concepto de riesgos asociados.

De modo que se pudo evaluar el desempeño logístico de dos corredores multimodales con pares de origen-destino iguales pero segmentos intermedios distintos y configuraciones intermodales distintas para transportar un mismo tipo de mercancía.

Por otro lado, se puso al alcance de la empresa en estudio una herramienta de análisis de desempeño logístico en corredores multimodales para transporte de mercancías que bien les puede ser de utilidad, como marco de referencia, al momento de evaluar y seleccionar rutas intermodales para la prestación de sus servicios desde la perspectiva de cadena de suministro, aportándoles un elemento mejor estructurado para considerar en la toma de sus decisiones.

Así mismo, se logró retomar el elemento del MiF3 que cuantifica los costos por daños pero desde la perspectiva de análisis de riesgo; en ese sentido, se presentó un ejercicio práctico que propone una manera diferenciada para cotizar servicios de transporte intermodal de mercancías basada en el análisis de costos asociados al riesgo por transitar por una u otra ruta, pudiendo representar una ventaja competitiva para la MIPYME proveedora de servicios logísticos al momento de calcular y establecer tarifas para sus servicios intermodales.

5.2 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

A lo largo de la maestría y del desarrollo de éste trabajo, se pudo comprender que existen diversas maneras de medir el desempeño logístico de las cadenas de suministro dependiendo del enfoque seleccionado. En ese sentido, a pesar de la utilidad y adaptabilidad comprobada del método MiF3 como soporte a la toma de

decisiones al interior de una MIPYME; se observó que, de acuerdo a su estructura y a lo propuesto por (Eisele y Villa, 2016), el MiF3 puede presentar mejor desempeño en el análisis de sistemas a gran escala y sus resultados pueden ser de mayor utilidad para monitorear los flujos de transporte-mercancías que circulan por los corredores multimodales presentes en una región para con ello detectar áreas de oportunidad a la inversión pública o privada que contribuyan a mejorar la infraestructura logística y conectividad intermodal de las regiones analizadas.

Es por ello que en primer lugar, se recomienda medir el desempeño logístico de los corredores intermodales preponderantes mayormente usados por las cadenas de suministro presentes en una región, en tres posibles niveles:

- Por tipo de industria.
- Por tipo de mercancía.
- Por pares de origen-destino más recurrentes.

Para lo cual, es necesario incluir y acercarse a trabajar tanto con el sector público y privado como también con usuarios e investigadores con la finalidad de conseguir un análisis más completo de la red de transporte en estudio, de tal manera que los resultados obtenidos sean considerados para implementar mejoras en los sistemas e infraestructura de transportes a nivel regional y se logre impulsar la conectividad de la región en cuanto a logística del transporte se refiere.

APÉNDICE A

DATOS RUTA INTERMODAL 1

A.1 TIEMPOS DE TRÁNSITO POR SEGMENTO

En esta tabla se registran los tiempos de llegada a cada plataforma logística usada en la primer ruta analizada para cada uno de los siete viajes o servicios completados. Con la finalidad de tener mayor certeza en el análisis de los tiempos registrados, se calcularon los límites de confiabilidad con un nivel de confianza de 95 % siguiendo la distribución t-student debido al número de viajes completados; lo mismo se hizo para la segunda ruta analizada.

En el primer segmento de la tabla están representados los tiempos generados por el transporte del contenedor de 20 pies cargado con el producto desde la planta del proveedor hasta la primer plataforma logística en la región de origen de la carga (región *A*), que en éste caso fue el puerto de Qingdao en China. Se obtuvo que para el nivel de confianza manejado, el 95 % de los viajes realizados llegarán al puerto en un lapso de tiempo de 75 a 92 minutos aproximadamente.

En el segundo segmento de la tabla están representados los tiempos generados por el transporte del contenedor desde el puerto de Qingdao en región *A* hasta la segunda plataforma logística en la ruta (sección *i*), que en éste caso fue el puerto de Manzanillo en Colima. Se obtuvo que para el nivel de confianza fijado, el 95 % de

No. Viaje	Tiempos de llegada en región A (min.)	No. Viaje	Tiempos de llegada en sección i (días)	No. Viaje	Tiempos de llegada en región B (min.)
1	90	1	25	1	1,200
2	90	2	23	2	1,320
3	70	3	22	3	1,200
4	80	4	25	4	1,260
5	90	5	22	5	1,260
6	80	6	24	6	1,320
7	85	7	23	7	1,260
Promedio	83.57	Promedio	23.42	Promedio	1,260.00
Desv.Est.	7.48	Desv.Est.	1.27	Desv.Est.	48.98
C.V.	0.0895	C.V.	0.0543	C.V.	0.0388
Confianza	95 %	Confianza	95 %	Confianza	95 %
Alfa	5 %	Alfa	5 %	Alfa	5 %
t	2.97	t	2.97	t	2.97
Lim.Conf.Inf.	75.18	Lim.Conf.Inf.	22.00	Lim.Conf.Inf.	1205.03
Lim.Conf.Sup.	91.96	Lim.Conf.Sup.	24.86	Lim.Conf.Sup.	1314.97

Tabla A.1: Tiempos de tránsito por segmento

los viajes realizados desde el puerto de Qingdao llegarán al puerto de Manzanillo en un lapso de tiempo de 22 a 25 días aproximadamente.

Por último en el tercer segmento de la tabla están representados los tiempos generados por transportar el contenedor con el producto desde el puerto de Manzanillo (sección i) hasta el domicilio del consignatario en región B de destino final, que en éste caso fue la ciudad de Saltillo. Se obtuvo que para el nivel de confianza fijado, el 95 % de los viajes realizados desde el puerto de Manzanillo llegarán al domicilio del consignatario en Saltillo en un lapso de tiempo de 20 a 22 horas aproximadamente.

A.2 PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE INVENTARIO DE SEGURIDAD

En ésta tabla se registran los datos necesarios para el cálculo del inventario de seguridad para la primer ruta y el respectivo costo por mantenerlo. En primer lugar, para conocer el volumen de producto necesario en inventario de seguridad para cubrir la demanda durante el tiempo de tránsito, se debe conocer el valor asociado a la probabilidad acumulada específica, en éste caso es el nivel de servicio al cliente deseado (C.S.L. = 0.90), siguiendo la función de distribución normal inversa. Luego de obtener el valor asociado al nivel de servicio al cliente deseado, se multiplicó por la varianza del tiempo de tránsito total para conocer el volumen de producto necesario en inventario de seguridad. Por último, el volúmen se multiplicó por el valor comercial unitario del producto para conocer el costo del inventario de seguridad en términos de valor del producto en el mercado. Lo mismo se hizo para la segunda ruta analizada.

RUTA 1		
No. Viaje	TIEMPO DE TRÁNSITO TOTAL (días)	DEMANDA (tons.)
1	31	24
2	31	22
3	32	22
4	33	20
5	33	20
6	35	23
7	35	24
PROM.	32.86	22.14
DESV. EST.	1.68	1.68
C.S.L.	0.90	
VAR. T. T. T.	9.6015	

Tabla A.2: Parámetros para cálculo de inventario de seguridad

APÉNDICE B

DATOS RUTA INTERMODAL 2

B.1 TIEMPOS DE TRÁNSITO POR SEGMENTO

En el primer segmento de la tabla están representados los tiempos de tránsito desde la planta del proveedor hacia la primer plataforma logística en la región de origen de la carga (región A), en éste caso el puerto de Qingdao. Se obtuvo que para el nivel de confianza manejado, el 95 % de los viajes realizados en éste segmento llegarán a la primer plataforma logística en un lapso de tiempo de 77 a 91 minutos aproximadamente.

En el segundo segmento están representados los tiempos de tránsito desde el puerto de Qingdao en región A hacia la segunda plataforma logística de la ruta (sección i), en este caso el puerto de Manzanillo en el estado de Colima. Se obtuvo que para el nivel de confianza manejado, el 95 % de los viajes realizados en éste segmento de la ruta llegarán al puerto de Manzanillo en un lapso de tiempo de 22 a 25 días aproximadamente.

En el tercer segmento de la ruta están representados los tiempos de tránsito generados por el transporte del contenedor desde la sección i hacia la tercer plataforma logística (sección $i+1$), en éste caso la terminal ferroviaria de contenedores en Monterrey. Se obtuvo que para el nivel de confianza manejado, el 95 % de los viajes

No. Viaje	Tiempos de llegada en región A (min.)	No. Viaje	Tiempos de llegada en sección i (días)
1	80	1	25
2	90	2	23
3	75	3	22
4	85	4	25
5	90	5	22
6	80	6	24
7	90	7	23
Promedio	84.29	Promedio	23.43
Desv. Est.	6.07	Desv. Est.	1.27
C.V.	0.0721	C. V.	0.0543
Confianza	95 %	Confianza	95 %
Alfa	5 %	Alfa	5 %
t	2.97	t	2.97
Lim.Conf.Inf.	77.47	Lim.Conf.Inf.	22.00
Lim.Conf.Sup.	91.10	Lim.Conf.Sup.	24.86

No. Viaje	Tiempos de llegada en sección i+1 (días)	No. Viaje	Tiempos de llegada en región B (min.)
1	10	1	150
2	7	2	160
3	8	3	150
4	12	4	140
5	8	5	160
6	9	6	150
7	9	7	150
Promedio	9	Promedio	151.42
Desv. Est.	1.632	Desv. Est	6.900
C. V.	0.1814	C. V.	0.0455
Confianza	95 %	Confianza	95 %
Alfa	5 %	Alfa	5 %
t	2.97	t	2.97
Lim.Conf.Inf.	7.17	Lim.Conf.Inf.	143.69
Lim.Conf.Sup.	10.83	Lim.Conf.Sup.	159.17

Tabla B.1: Tiempos de tránsito por segmento

realizados en éste segmento de la ruta llegarán a la terminal ferroviaria en un lapso de tiempo de 7 a 11 días aproximadamente.

Por último en el cuarto segmento están representados los tiempos de tránsito generados desde la sección $i+1$ hacia destino final (región B), en éste caso el domicilio del consignatario en Saltillo. Se obtuvo que para el nivel de confianza manejado, el 95 % de los viajes realizados en éste segmento de la ruta llegarán a destino final en un lapso de tiempo de 144 a 159 minutos aproximadamente.

B.2 PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE INVENTARIO DE SEGURIDAD

RUTA 2		
No. Viaje	TIEMPO DE TRÁNSITO TOTAL (días)	DEMANDA (tons.)
1	30	24
2	33	22
3	42	22
4	34	20
5	33	20
6	41	23
7	35	24
PROM.	35.43	22.14
DESV. EST.	4.43	1.68
C.S.L.	0.90	
VAR. T. T. T.	12.5483	

Tabla B.2: Parámetros para cálculo de inventario de seguridad

APÉNDICE C

DATOS ANÁLISIS DE RIESGO

C.1 NÚMEROS ALEATORIOS PARA CÁLCULO DE COSTOS

En estas tablas se pueden observar los resultados obtenidos de las treinta mil simulaciones hechas siguiendo los límites y costos fijados para los tres escenarios establecidos. En el escenario optimista se asignó el mayor porcentaje de probabilidad (60 %) al costo menor dado por el único pago de la prima de seguro contratado la cual se consideró en \$195.00 usd, esta prima asegura al contenedor y al producto transportado y se asume que éstos no sufren percance alguno durante la manipulación, almacenamiento y transporte. Ver tabla C.1.

En el escenario intermedio se asignó el mayor porcentaje de probabilidad (60 %) al costo medio dado por el pago del deducible a cubrir por daño causado al contenedor, el cual corresponde al 10 % del valor comercial del contenedor de 20" equivalente a \$7,317.57 usd. Ver tabla C.2.

En el escenario pesimista se asignó el mayor porcentaje de probabilidad (60 %) al costo máximo dado por el pago del deducible a cubrir por daño al contenedor y al producto transportado, el cual corresponde al 10 % del valor comercial del conte-

No. Iteración	Num. Aleatorio	y	Media	Desv. Est.	k1 inf. al 95%	k2 sup. al 95%	Error est.
1	0.45231	195.00					
2	0.77039	14162.63	7178.814	9876.605	\$ 7,067.05	\$ 7,290.58	57.023
3	0.08779	195.00	4850.876	8064.214	\$ 4,759.62	\$ 4,942.13	46.559
4	0.02643	195.00	3686.907	6983.814	\$ 3,607.88	\$ 3,765.94	40.321
5	0.96330	15574.11	6064.347	8052.413	\$ 5,973.23	\$ 6,155.47	46.491
6	0.53962	195.00	5086.122	7590.429	\$ 5,000.23	\$ 5,172.02	43.823
7	0.25456	195.00	4387.391	7171.455	\$ 4,306.24	\$ 4,468.54	41.404
8	0.16550	195.00	3863.342	6802.916	\$ 3,786.36	\$ 3,940.32	39.277
9	0.49508	195.00	3455.748	6479.962	\$ 3,382.42	\$ 3,529.08	37.412
10	0.21486	195.00	3129.673	6195.773	\$ 3,059.56	\$ 3,199.79	35.771
...
30000	0.61460	13022.74	5900.418	6977.122	\$ 5,821.46	\$ 5,979.37	40.282

Tabla C.1: Generación números aleatorios para cálculo de “y” en escenario 1

No. Iteración	Num. Aleatorio	y	Media	Desv. Est.	k1 inf. al 95%	k2 sup. al 95%	Error est.
1	0.65810	13340.97					
2	0.29915	10714.61	12027.794	1857.116	\$ 12,006.78	\$ 12,048.81	10.722
3	0.23850	10270.85	11442.146	1659.334	\$ 11,423.37	\$ 11,460.92	9.580
4	0.78357	14259.01	12146.363	1954.298	\$ 12,124.25	\$ 12,168.48	11.283
5	0.30446	10753.52	11867.795	1803.458	\$ 11,847.39	\$ 11,888.20	10.412
6	0.90686	15161.09	12416.677	2099.905	\$ 12,392.91	\$ 12,440.44	12.124
7	0.53104	12411.33	12415.913	1916.944	\$ 12,394.22	\$ 12,437.61	11.067
8	0.09119	195.00	10888.299	4671.034	\$ 10,835.44	\$ 10,941.16	26.968
9	0.53128	12413.06	11057.718	4398.814	\$ 11,007.94	\$ 11,107.49	25.397
10	0.13859	195.00	9971.446	5385.116	\$ 9,910.51	\$ 10,032.38	31.091
...
30000	0.61629	13035.09	10322.126	5328.408	\$ 10,261.83	\$ 10,382.42	30.764

Tabla C.2: Generación números aleatorios para cálculo de “y” en escenario 2

No. Iteración	Num. Aleatorio	y	Media	Desv. Est.	k1 inf. al 95%	k2 sup. al 95%	Error est.
1	0.84317	14695.45					
2	0.17282	195.00	7445.224	10253.365	\$ 7,329.20	\$ 7,561.25	59.198
3	0.27964	10571.98	8487.478	7471.588	\$ 8,402.93	\$ 8,572.03	43.137
4	0.28150	10585.58	9012.004	6190.067	\$ 8,941.96	\$ 9,082.05	35.738
5	0.42042	11602.10	9530.023	5484.470	\$ 9,467.96	\$ 9,592.09	31.665
6	0.74811	13999.85	10274.993	5233.872	\$ 10,215.77	\$ 10,334.22	30.218
7	0.43813	11731.70	10483.095	4809.469	\$ 10,428.67	\$ 10,537.52	27.767
8	0.48998	12111.11	10686.597	4489.752	\$ 10,635.79	\$ 10,737.40	25.922
9	0.14016	195.00	9520.864	5465.211	\$ 9,459.02	\$ 9,582.71	31.553
10	0.44948	11814.79	9750.256	5203.462	\$ 9,691.37	\$ 9,809.14	30.042
...
30000	0.02065	195.00	10384.218	5297.269	\$ 10,324.27	\$ 10,444.16	30.584

Tabla C.3: Generación números aleatorios para cálculo de “ y ” en escenario 3

nedor de 20” y al 15 % del valor comercial del producto transportado, equivalente a \$7,317.57 usd. y \$1,208.26 usd. respectivamente. Ver tabla C.3.

C.2 CÁLCULO DE COBERTURAS PARA ESCENARIOS

En estas tablas se pueden observar las distribuciones de probabilidad dadas por los valores de “ y ” obtenidos en cada escenario, los cuales fueron de utilidad para el cálculo de la cobertura por daños para cada uno de ellos. La cobertura por daños se obtuvo, primeramente de la suma total del valor esperado en cada intervalo, posteriormente, el total obtenido se restó al valor superior del último límite de la distribución, y por último, se dividió el producto de ésta resta entre el número de embarques considerados en el análisis.

En ese sentido, tenemos que para el escenario 1 (ver tabla C.4) la cobertura necesaria para deslindar al cliente de cualquier pago de seguro o deducible, en caso de siniestro, considerando 14 servicios intermodales en la ruta analizada es de \$ 718.51

Límites		Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Probabilidad	Probabilidad Acumulada	Valor Esperado
0	195	17956	17956	0.59853333	0.59853333	116.71
195	390	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
390	585	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
585	780	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
780	975	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
11895	12090	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
12090	12285	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
12285	12480	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
12480	12675	0.00	17956.00	0	0.59853333	0.00
...
12870	13065	572.00	18528.00	0.01906667	0.6176	249.11
13065	13260	803.00	19331.00	0.02676667	0.64436667	354.93
13260	13455	780.00	20111.00	0.026	0.67036667	349.83
13455	13650	780.00	20891.00	0.026	0.69636667	354.90
13650	13845	840.00	21731.00	0.028	0.72436667	387.66
13845	14040	826.00	22557.00	0.02753333	0.7519	386.57
14040	14235	825.00	23382.00	0.0275	0.7794	391.46
14235	14430	822.00	24204.00	0.0274	0.8068	395.38
14430	14625	811.00	25015.00	0.02703333	0.83383333	395.36
14625	14820	763.00	25778.00	0.02543333	0.85926667	376.92
14820	15015	797.00	26575.00	0.02656667	0.88583333	398.90
15015	15210	788.00	27363.00	0.02626667	0.9121	399.52
15210	15405	828.00	28191.00	0.0276	0.9397	425.18
15405	15600	810.00	29001.00	0.027	0.9667	421.20
15600	15795	803.00	29804.00	0.02676667	0.99346667	422.78
15795	15990	196.00	30000.00	0.00653333	1	104.47
TOTAL VALOR ESPERADO						\$ 5,930.87
EMBARQUES	14	COBERTURA PARA VALOR ESPERADO		\$ 718.51		

Tabla C.4: Cálculo de cobertura para valor esperado en escenario 1

Límites		Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Probabilidad	Probabilidad Acumulada	Valor Esperado
0	195	6085	6085.00	0.20283333	0.20283333	39.5525
195.00	390.00	0.00	6085.00	0	0.20283333	0
390.00	585.00	0.00	6085.00	0	0.20283333	0
585.00	780.00	0.00	6085.00	0	0.20283333	0
780.00	975.00	0.00	6085.00	0	0.20283333	0
975.00	1170.00	0.00	6085.00	0	0.20283333	0
1170.00	1365.00	0.00	6085.00	0	0.20283333	0
1365.00	1560.00	0.00	6085.00	0	0.20283333	0
...
9945.00	10140.00	675.00	6760.00	0.0225	0.22533333	228.15
10140.00	10335.00	851.00	7611.00	0.02836667	0.2537	293.1695
10335.00	10530.00	815.00	8426.00	0.02716667	0.28086667	286.065
10530.00	10725.00	797.00	9223.00	0.02656667	0.30743333	284.9275
10725.00	10920.00	791.00	10014.00	0.02636667	0.3338	287.924
10920.00	11115.00	803.00	10817.00	0.02676667	0.36056667	297.5115
11115.00	11310.00	819.00	11636.00	0.0273	0.38786667	308.763
11310.00	11505.00	746.00	12382.00	0.02486667	0.41273333	286.091
11505.00	11700.00	770.00	13152.00	0.02566667	0.4384	300.3
11700.00	11895.00	803.00	13955.00	0.02676667	0.46516667	318.3895
11895.00	12090.00	770.00	14725.00	0.02566667	0.49083333	310.31
12090.00	12285.00	763.00	15488.00	0.02543333	0.51626667	312.4485
12285.00	12480.00	808.00	16296.00	0.02693333	0.5432	336.128
12480.00	12675.00	787.00	17083.00	0.02623333	0.56943333	332.5075
12675.00	12870.00	851.00	17934.00	0.02836667	0.5978	365.079
12870.00	13065.00	761.00	18695.00	0.02536667	0.62316667	331.4155
13065.00	13260.00	833.00	19528.00	0.02776667	0.65093333	368.186
13260.00	13455.00	762.00	20290.00	0.0254	0.67633333	341.757
13455.00	13650.00	832.00	21122.00	0.02773333	0.70406667	378.56
13650.00	13845.00	820.00	21942.00	0.02733333	0.7314	378.43
13845.00	14040.00	836.00	22778.00	0.02786667	0.75926667	391.248
14040.00	14235.00	753.00	23531.00	0.0251	0.78436667	357.2985
14235.00	14430.00	769.00	24300.00	0.02563333	0.81	369.889
14430.00	14625.00	806.00	25106.00	0.02686667	0.83686667	392.925
14625.00	14820.00	758.00	25864.00	0.02526667	0.86213333	374.452
14820.00	15015.00	770.00	26634.00	0.02566667	0.8878	385.385
15015.00	15210.00	762.00	27396.00	0.0254	0.9132	386.334
15210.00	15405.00	763.00	28159.00	0.02543333	0.93863333	391.8005
15405.00	15600.00	826.00	28985.00	0.02753333	0.96616667	429.52
15600.00	15795.00	827.00	29812.00	0.02756667	0.99373333	435.4155
15795.00	15990.00	188.00	30000.00	0.00626667	1	100.204
					TOTAL VALOR ESPERADO	\$ 10,400.14
EMBARQUES	14	COBERTURA PARA VALOR ESPERADO	\$ 399.28			

Tabla C.5: Cálculo de cobertura para valor esperado en escenario 2

Límites	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Probabilidad	Probabilidad Acumulada	Valor Esperado	
0	195	5972	5972	0.19906667	0.19906667	38.818
195.00	390.00	0	5972	0	0.19906667	0
390.00	585.00	0	5972	0	0.19906667	0
585.00	780.00	0	5972	0	0.19906667	0
780.00	975.00	0	5972	0	0.19906667	0
975.00	1170.00	0	5972	0	0.19906667	0
...
9945.00	10140.00	589	6561	0.01963333	0.2187	199.082
10140.00	10335.00	802	7363	0.02673333	0.24543333	276.289
10335.00	10530.00	785	8148	0.02616667	0.2716	275.535
10530.00	10725.00	793	8941	0.02643333	0.29803333	283.4975
10725.00	10920.00	782	9723	0.02606667	0.3241	284.648
10920.00	11115.00	774	10497	0.0258	0.3499	286.767
11115.00	11310.00	815	11312	0.02716667	0.37706667	307.255
11310.00	11505.00	805	12117	0.02683333	0.4039	308.7175
11505.00	11700.00	807	12924	0.0269	0.4308	314.73
11700.00	11895.00	832	13756	0.02773333	0.45853333	329.888
11895.00	12090.00	794	14550	0.02646667	0.485	319.982
12090.00	12285.00	798	15348	0.0266	0.5116	326.781
12285.00	12480.00	821	16169	0.02736667	0.53896667	341.536
12480.00	12675.00	800	16969	0.02666667	0.56563333	338
12675.00	12870.00	830	17799	0.02766667	0.5933	356.07
12870.00	13065.00	785	18584	0.02616667	0.61946667	341.8675
13065.00	13260.00	805	19389	0.02683333	0.6463	355.81
13260.00	13455.00	785	20174	0.02616667	0.67246667	352.0725
13455.00	13650.00	845	21019	0.02816667	0.70063333	384.475
13650.00	13845.00	783	21802	0.0261	0.72673333	361.3545
13845.00	14040.00	824	22626	0.02746667	0.7542	385.632
14040.00	14235.00	799	23425	0.02663333	0.78083333	379.1255
14235.00	14430.00	855	24280	0.0285	0.80933333	411.255
14430.00	14625.00	801	25081	0.0267	0.83603333	390.4875
14625.00	14820.00	811	25892	0.02703333	0.86306667	400.634
14820.00	15015.00	823	26715	0.02743333	0.8905	411.9115
15015.00	15210.00	785	27500	0.02616667	0.91666667	397.995
15210.00	15405.00	755	28255	0.02516667	0.94183333	387.6925
15405.00	15600.00	776	29031	0.02586667	0.9677	403.52
15600.00	15795.00	775	29806	0.02583333	0.99353333	408.0375
15795.00	15990.00	194	30000	0.00646667	1	103.402
					TOTAL VALOR ESPERADO	\$ 10,462.87
EMBARQUES	14	COBERTURA PARA VALOR ESPERADO	\$ 394.80			

Tabla C.6: Cálculo de cobertura para valor esperado en escenario 3

usd.; para el escenario 2 (ver tabla C.5) la cobertura necesaria es de \$399.28 usd.; y para el escenario 3 (ver tabla C.6) es de \$394.80 usd.

APÉNDICE D

ENCUESTA PARA SERVICIOS INTERMODALES

La encuesta se aplicó al gerente de la empresa, quien se encarga de contratar y coordinar los servicios intermodales. Con esta encuesta se pudieron indentificar los servicios o rutas más demandadas durante el año 2018. En esta etapa fue necesario buscar y recolectar información dentro de su base de datos digital como también de manera física. La encuesta fue diseñada para obtener los datos generales de entrada y posteriormente adecuarlos a los parámetros establecidos por el método MiF3 en cada una de las hojas de trabajo del archivo.

D.1 FORMATO DE ENCUESTA

Datos para ruta:

Tipo de producto/cliente:

1. Número de servicios intermodales realizados en el último año por la ruta analizada

2. Volumen de mercancía transportada en cada servicio (en toneladas, kilos o libras)

#1	#2	#3	#4	#5
#6	#7	#8	#9	#10

3. Cantidad de piezas, bultos, unidades, cajas, bolsas, etc. transportadas equivalentes a una tonelada del producto (ejemplo: 50 planchas de vidrio = 1 tonelada)

4. Valor comercial de la mercancía transportada en cada servicio intermodal por la ruta analizada (especificar moneda de pago)

#1	#2	#3	#4	#5
#6	#7	#8	#9	#10

5. Tiempo de tránsito promedio del transporte en cada segmento de la ruta intermodal (ejemplo: puerto china-puerto Manzanillo: 22 a 25 días /puerto manzanillo-saltillo: 18 a 20 horas)

6. Tiempo promedio de estadía de la mercancía en terminales logísticas (puertos, patios, almacenes, aeropuertos, etc.), ejemplo: estadía en patio puerto manzanillo= 3-4 días

7. Tiempo de tránsito real en cada segmento de la ruta intermodal para cada servicio realizado
Ejemplo: (segmento 1= puerto china-puerto manzanillo, segmento 2= puerto manzanillo-saltillo)

No. SERVICIO EN EL AÑO	SEGMENTO DE LA RUTA INTERMODAL			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

8. Leadtime o tiempo de entrega prometido al cliente para esta ruta y para este producto en especial (en días)

9. Costo del flete pagado a los distintos transportistas que hacen posible el traslado de la mercancía en cada segmento de la ruta intermodal (mencionar moneda de pago)

Flete #1: Flete #2: Flete #3: Flete #4:

10. Otros costos/servicios pagados para hacer posible el correcto manejo y movimiento de la mercancía en cada segmento de la ruta

Maniobras de carga/descarga en terminales	Almacenaje y resguardo en terminales	Servicios aduanales	Seguros a la mercancía en tránsito	Permisos especiales para tránsito en vías federales	Cuotas extraordinarias no oficiales	Otros:
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$

Otros:

11. Número de viajes o servicios reportados con daños en la mercancía por el cliente en esa ruta y para ese producto en el último año, ejemplo: 15 servicios al año / 3 servicios reportados con daño a la mercancía

12. Cantidad o volumen de mercancía dañada en cada uno de los servicios reportados con daño a la mercancía, ejemplo:

No. SERVICIOS REPORTADOS CON DAÑO EN MERCANCÍA	CANTIDAD/VOLUMEN DE MERCANCÍA DAÑADA
1	
2	
3	

BIBLIOGRAFÍA

- ANTÚN, J. P. (1993), *Logística: Una visión sistémica*, primera edición, IMT-SCT, México, Querétaro.
- BARRETO, H. y H. FRANK (2006), *Introductory econometrics. Using monte carlo simulation with Microsoft Excel*, segunda edición, Cambridge University Press, USA, New York.
- CARVAJAL, C. y P. RODGER (2016), «Diseño e implementación de un simulador en excel de las metodologías varbeta, vardelta y simulación de montecarlo para el análisis de riesgo aplicado al mercado accionario de Colombia», .
- CEDILLO, G., G. LIZÁRRAGA y C. MARTNER (2017), «MiF3 method: Modeling intermodal fluidity flows», *Research in transportation economics*, **61**, págs. 15–24.
- CHENG, Y. (2010), «The method to select the transport path based on the multi-modal cost», *Transport*, **27**(2), págs. 143–149.
- COYLE, J., N. ROBERT, G. BRIAN y B. EDWARD (2011), *Transportation. A supply chain perspective*, 7^a edición, South-Western Cengage Learning, USA, OH.
- EISELE, B. y J. VILLA (2016), «Freight fluidity scale of analysis», *Transportation research circular*, (207), págs. 8–10.
- HANSSEN, T.-E., T. MATHISEN y F. JORGENSEN (2012), «Generalized transport costs in intermodal freight transport», *Procedia Social and Behavioral Sciences*, **54**, págs. 189–200.

- HESSE, M. y J. RODRIGUE (2004), «The transport geography of logistics and freight distribution», *Transport geography*, **12**, págs. 171–184.
- IANA (2018), «Intermodal factbook. An introduction to intermodal freight transportation», recurso libre, disponible en <https://www.intermodal.org/sites/default/files/documents/2018-08/IntermodalFactbook.pdf>.
- IMT y SCT (2003), «Análisis del potencial para el intermodalismo en el movimiento de mercancías, proyecciones 2000, 2010, 2025», recurso libre, disponible en <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt235.pdf>.
- INEGI (2014), «Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos», recurso libre, disponible en <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/>.
- IZAR-LANDETA, J., C. YNZUNZA-CORTÉS, A. CASTILLO-RAMÍREZ y R. HERNÁNDEZ-MOLINAR (2016), «Estudio comparativo de la media y varianza del tiempo de entrega y de la demanda en el costo del inventario», *Ingeniería, investigación y tecnología*, **17**(3), págs. 371–381.
- JANIC, M. (2007), «Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network», *Transport research part D*, **12**, págs. 33–44.
- JANIC, M. (2014), *Advanced transport systems. Analysis, modeling and evaluation of performances*, primera edición, Springer, UK, London.
- KABASHKIN, I. (2016), «Heuristic based decision support system for choice of alternative routes in the large-scale transportation system on the base of Petri net model», *Procedia engineering*, **134**, págs. 359–364.
- MAGEE, J. F. (1968), *Industrial logistics: analysis and management of physical supply and distribution systems*, segunda edición, McGraw-Hill, USA.

- MARTNER, C. y J. PÉREZ (2015), «Corredores multimodales internacionales articulados por los puertos mexicanos: límites y posibilidades», *Ciencia y mar*, **23**(55), págs. 29–50.
- MERLIN, P. (1992), *Geographie des transports, Que sais-je?*, segunda edición, Presses Universitaires de France, Paris.
- RAE (2014), «Diccionario de la lengua española», recurso libre, disponible en <https://dle.rae.es/?id=NZJWmiV>.
- RODRIGUE, J. P., C. COMTOIS y B. SLACK (2017), *The geography of transport systems*, cuarta edición, Routledge, USA, NY.
- SE, SCT y BID (2013), «Sistema nacional de plataformas logísticas», recurso libre, disponible en <http://http://logisticsportal.iadb.org/>.
- WOOD, D. F., A. BARONE, P. MURPHY y D. WARDLOW (2002), *International logistics*, segunda edición, AMACON, USA, NY.
- YU-CHUNG, T. y L. JYE-CHYI (2011), «A supply chain network design considering transportation cost discounts», *Transportation research part E: logistics and transportation*, **48**, págs. 401–414.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Enoch Luis Carlos Suriano De León

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE UNA RUTA INTERMODAL MEDIANTE
ANÁLISIS DE COSTOS Y TIEMPOS

Nacido en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el estado de Chiapas el 02 de octubre de 1986, tercer hijo de Enoch Suriano Guzman y Leticia De León Nucamendi. Realizó parte de sus estudios de licenciatura en Ciencias Marítimas en la Universidad del Mar campus Puerto Ángel en Oaxaca, posteriormente obtuvo el grado de licenciatura en Gestión Portuaria y Transporte Multimodal en el año 2015 por parte de la Universidad Iberoamericana de Panamá campus Panamá. Cuenta con un año de experiencia profesional y laboral en áreas de transporte y logística colaborando en el departamento de operaciones de la Administración Portuaria Integral de Mazatlán en Sinaloa, departamento de logística en Grupo ABB Centroamérica y Caribe en Panamá, y en el departamento de embarques en MAQ-REY en Monterrey Nuevo León.