

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas**

**"REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE UNA  
FÁBRICA DE INSUMOS PLÁSTICOS PARA EL  
SECTOR BANANERO MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS DE  
LOCALIZACIÓN Y TRANSBORDO"**

**TESIS DE GRADO**

Previo la obtención del Título de:

**MASTER EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE**

Presentado por:

Priscila Cecilia Terán Jaramillo

Guayaquil – Ecuador

2020

## RESUMEN

El presente proyecto se realizó en una empresa productora de insumos plásticos para los cultivos de banano. El estudio ha sido aplicado a la red de distribución de la empresa, el cual ha mantenido la misma configuración desde el inicio de operaciones de la empresa. Basados en antecedentes de altos costos de transporte, alrededor del 23% del costo del producto, se plantea reducir los costos de distribución mediante el estudio de la red de distribución que permita mantener los niveles de servicio ofertado a menor costo.

Se analizó las especificaciones del servicio que son más valorados por los clientes de la empresa y se definieron los lineamientos que debe tener la cadena de distribución.

La selección del tipo de red de entrega se hace mediante el análisis de una matriz de decisión que pondera los factores de calidad y costo y, que compara y cuantifica las fortalezas y debilidades de cada tipo de configuración de red.

Se determinó las localidades que serán consideradas como potenciales centro de distribución en el modelo de optimización de la red de distribución, para esto, se consideró las ciudades cercanas a una ubicación geográfica que optimiza los costos de transporte, obtenida mediante un modelo de centro de gravedad. Este paso previo a la modelización de la red, se aplicó debido a que permite seleccionar con un criterio objetivo las ciudades que pueden convertirse en nodos de transbordo en el diseño de la red.

Las ciudades definidas como potenciales ubicaciones para los centros de distribución son usadas en el modelo de transbordo como nodos de transbordo.

La red de distribución se modelizó como un problema de transbordo y se programó en GAMS, el resultado obtenido consta de la configuración de la red final, la ubicación del centro de distribución, la asignación de mercados a los puntos de distribución y el dimensionamiento del centro de distribución

Para determinar si la variación de la demanda genera un impacto en la configuración de red, se simuló el modelo considerando escenarios de demanda. Una vez obtenido los resultados de cada escenario, se analizaron para determinar el diseño final de la red de distribución y dimensionamiento del centro de distribución.

Finalmente se presenta un diseño de red de distribución acorde a los resultados obtenidos en la ejecución del modelo, también se dimensionará el centro de distribución.

# AGRADECIMIENTO

A mi director de tesis, por su valiosa guía en el desarrollo de este proyecto. A mis profesores quienes compartieron su conocimiento y valiosa experiencia.

A mi madre por su incondicional apoyo en mis proyectos de vida.

A mis hijas por ser mi principal razón de superación y a mi esposo por retarme con nuevos desafíos.

# DEDICATORIA

A Adri y Lizi

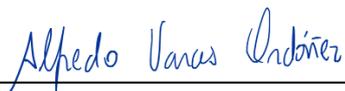
## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente tesis de grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

  
Priscila Cecilia Terán Jaramillo

# TRIBUNAL EVALUADOR



Mgtr. Alfredo Varas Ordoñez

PRESIDENTE



M.Sc. Victor Vega Chica

DIRECTOR



M.sc. David De Santis Bermeo

VOCAL PRINCIPAL



Mgtr. Carlos Ronquillo Franco

SEGUNDO VOCAL

## **ABREVIATURAS O SIGLAS**

CD	Centro de Distribución
MIP	Mix Integer Programming
AEBE	Asociación de Expotadores de Banano del Ecuador
GAMS	General Algebraic Modeling System
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y censos

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	I
<b>ABREVIATURAS O SIGLAS</b> .....	VI
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	VIII
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>1. EL PROBLEMA</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Formulación del problema .....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Alcance .....	4
1.6 Objetivos de la Investigación.....	5
1.6.1 Objetivo General .....	5
1.6.2 Objetivos específicos .....	5
1.7 Metodología .....	6
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	8
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	8
2.1 Definición de Redes de distribución.....	10
2.2 Diseño de una red de distribución.....	11
2.3 Clasificación de redes de distribución .....	18
2.4 Modelos para la ubicación de instalaciones y selección de la capacidad. ...	24
2.5 Modelos de Localización Continúa.....	27
2.6 Problemas de Transbordo .....	29
2.7 Análisis de sensibilidad .....	31
2.8 Diagrama de fases del diseño de redes de distribución .....	32
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	36
<b>3. ESTUDIO DE REDISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN</b> .....	36
<b>3.1 Alcance del proyecto</b> .....	36
3.2 Recolección de información .....	38
3.2.1 Descripción de procesos logísticos.....	38

3.2.1.1 Descripción de proceso de almacenamiento .....	38
3.2.1.2 Descripción del proceso de distribución .....	40
3.2.2 Capacidad de producción de la fábrica .....	41
3.2.3 Pronóstico de la demanda .....	43
3.2.3.1 Pronóstico de venta para el año 2019 agregado por ubicación .....	46
3.2.3.2 Inventario de seguridad .....	47
<b>3.2.4 Costos Logísticos</b> .....	51
3.2.4.1 Cálculo de costos de operación .....	51
3.2.4.2 Cálculo de costos de Instalación .....	54
3.2.4.3 Cálculos de costos de transporte.....	56
<b>3.3 Desarrollo de alternativas de red de distribución</b> .....	59
3.3.1 Selección de tipo de red de distribución .....	59
<b>3.4 Modelaje de la red de distribución</b> .....	60
3.4.1 Estudio de localización de zona de mayor densidad de ventas.....	60
3.4.1.1 Modelo de centro de gravedad.....	61
3.4.2 Datos de entrada .....	69
3.4.2.1 Nodos intermedios potenciales .....	69
3.4.2.2 Demanda .....	69
3.4.2.3 Oferta de Producción .....	71
3.4.2.4 Costos Logísticos .....	72
3.4.2.5 Factor de Área de almacenamiento .....	79
3.4.2.6 Áreas Fijas del CD .....	83
3.4.3 Modelo de trasbordo .....	84
3.4.4 Resumen de Resultados .....	90
3.4.5 Análisis de sensibilidad.....	92
3.4.6 Comparación con Línea base.....	93
<b>3.5 Red de distribución propuesta</b> .....	94
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	95
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	95
4.1 CONCLUSIONES .....	95
4.2 RECOMENDACIONES .....	96
<b>ANEXO A: Cálculo de sueldos y salarios</b> .....	97
<b>ANEXO B: Programa de Modelo de transbordo</b> .....	98
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	104

# **CAPÍTULO 1**

## **1. EL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

La empresa donde se realiza el presente trabajo desde hace diez años se dedica a la producción de láminas de espuma para el embalaje de banano en cajas, protectores de espuma de polietileno y fundas tratadas para racimos de banano en cultivo. Los clientes son empresas que administran haciendas donde se cultiva principalmente banano.

Actualmente, los despachos son realizados desde la fábrica, el transporte se contrata externamente y se paga cada viaje según la ubicación de los clientes y por ruta de despachos. Los clientes están ubicados básicamente en tres provincias de la costa: Guayas, Los Ríos y El Oro. Para lograr una ventaja competitiva sobre otros proveedores, la empresa optó por incluir el servicio de transporte de la mercadería en todas las ventas. Además, si el cliente lo requiere, se hacen entregas en haciendas en menos de 24 horas después de que se recibe el pedido. Debido a estas políticas de servicio, se ha logrado fomentar la lealtad de los clientes. Sin embargo, mantener este nivel de servicio implica que en ocasiones el costo de distribución se incrementa debido a la subutilización del transporte de carga cuando se hacen entregas no planificadas que impliquen contratación de transporte extra. Además, para

hacer las entregas se incurre en costos de horas extras del personal de bodega que realiza despachos fuera de los horarios hábiles, fines de semana y días feriados. El costo del transporte de productos vendidos constituye el 7% del costo del producto.

Los directivos de la empresa están interesados en mantener los niveles de servicio al cliente y reducir los costos para lograr ser más competitivos en el mercado donde ofertan sus productos y así mejorar su margen de ganancia y en consecuencia incrementar su mercado. Para lograr con estos objetivos se ha planteado abrir un centro de distribución más cercano a los clientes, para gestionar una parte o la totalidad de la distribución de los productos, con el fin de reducir los costos de transporte manteniendo el nivel de servicio actual.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Es común encontrar empresas en donde se presentan ineficiencias en la gestión de distintas áreas debido a que se administra bajo decisiones tomadas en escenarios que han cambiado con el tiempo. En la distribución, estas medidas son aquellas que tienen que ver con la configuración de la red logística y que se materializan a través de inversiones de activos de mediano y largo plazo como por ejemplo las compras de flotas de camiones o almacenes y decisiones de tercerizar parte o toda la operación de distribución.

Con estrategias de negocio cada vez más flexibles y cambiantes, las configuraciones adoptadas en el pasado tienden a desalinearse con el propósito principal de la empresa, el entorno competitivo y de los consumidores,

por lo cual se requiere realizar el diseño de una red de distribución, para así poder contrastar los resultados obtenidos en el estudio con la situación actual.

En la actualidad, la empresa en su gestión no cuenta con indicadores para conocer si se consiguen los objetivos en cuanto al sistema de distribución ni cómo se puede mejorar el mismo. Los problemas observables se pueden resumir en las siguientes líneas:

- En ocasiones no se aprovecha la capacidad total de los camiones. Por lo que el producto tiende a aumentar su costo.
- Existen muchos pedidos de última hora que requieren ser despachados fuera de los horarios de atención para que puedan llegar a su destino en el tiempo requerido por cliente.
- La programación de los despachos no se cumple por que se priorizan pedidos recientes a los más antiguos, según cambios de prioridad dada por el departamento comercial y restricciones de la capacidad de despacho.
- Existen proveedores del mismo producto cercanos a los clientes de la empresa por lo que la competencia puede tener mayor presencia en ciertas zonas de consumo.
- La compra del cliente está muy relacionada con la disponibilidad y el tiempo de entrega del producto. Por lo que retrasos o tiempos largos de entrega puede hacer que el cliente decida hacer sus compras con otro proveedor.

### **1.3 Formulación del problema**

Durante su operación, la empresa no ha realizado un estudio técnico de la red de distribución, los costos de transporte de distribución tienen una mayor tendencia al aumento que las utilidades generadas por las ventas.

### **1.4 Justificación**

En el 2018 la empresa logró un incremento en las ventas en un 28%, sin embargo las utilidades solo se incrementaron en un 8%, siendo la principal causa, un aumento del 11% en el costo de distribución.

La empresa se encuentra en la necesidad de mantener y aumentar su portafolio de clientes para la consecución de su solidez económica y lograr un mayor beneficio económico posible, para esto requiere optimizar su gestión mediante la aplicación de metodología técnica para este fin.

Un estudio de diseño de la red de distribución que minimice los costos permitirá evaluar la situación actual de la gestión de distribución y presentará un esquema de los requerimientos de la red de distribución alineados a los objetivos de la empresa.

### **1.5 Alcance**

En el presente estudio se aplica al rediseño de la red de distribución desde la fábrica hasta el cliente final en una empresa del sector de insumos plásticos para cultivos de banano, se considera demanda a nivel nacional para presupuesto de ventas del año 2019 y expansiones esperadas en los próximos 10 años.

## **1.6 Objetivos de la Investigación**

### **1.6.1 Objetivo General**

Rediseño de la red de distribución mediante el estudio de localización y capacidad de uno o más centros de distribución a través del desarrollo de modelos matemáticos que permitan minimizar costos logísticos y mantener los estándares de servicio actuales.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Definir presupuesto de demanda agregado por ubicación mediante el desarrollo un modelo de pronóstico de ventas del año 2019 y definir tasa de expansión del mercado futura.
- Definir los costos de instalación asociados al precio de compra de terreno y construcción del centro de distribución, los costos de operación y los costos de transporte entre los puntos de la red de distribución con las ubicaciones candidatas.
- Definir centro de gravedad de la red actual mediante un modelo matemático de localización continuo considerando las ubicaciones de los clientes y el aporte en términos de ventas de cada punto a distribuir.
- Seleccionar puntos de demanda cercanos al centro de gravedad para participar como ubicaciones potenciales en el modelo de transbordo.
- Diseñar modelo matemático de red de transbordo de tres niveles con ubicación determinística que minimice los costos logísticos totales sujeto a restricciones de capacidad de bodega, producción y ubicaciones potenciales.

## 1.7 Metodología

Se realizará un levantamiento y análisis de los procesos inherentes al almacenamiento y distribución en la empresa mediante la descripción de procesos, procedimientos, actividades y tareas y se documentará la forma en la que se llevan a cabo a través de diagramas de flujo.

Se definirá el presupuesto de venta del año 2019, para lo cual se realizará una modelización de las ventas usando información de los últimos 6 años, el pronóstico será obtenido mediante el uso de la herramienta informática R.

Para definir los costos fijos de instalación se usará precios referenciales de terrenos y construcción o compra de galpones en las ubicaciones candidatas para el análisis de localización.

El cálculo de los costos de almacenamiento se considerará costos de mano de obra, servicios básicos y gastos de mantenimiento del local y de los equipos de manipulación de inventario según costos referenciales de la gestión de almacenamiento actual de la empresa.

Se realizará el costeo de transporte primario y secundario por kilómetro recorrido y metro cúbico transportado. El cálculo constará de costos variables por kilómetro y costos fijos prorrateados entre el recorrido esperado al año.

En el estudio de localización, inicialmente se contemplará un modelo matemático que calcule la ubicación óptima para instalar un centro de distribución considerando las distancias entre los clientes y el volumen de la demanda por cada ubicación.

Se definirán las localidades cercanas al centro de gravedad para participar como potenciales ubicaciones en el modelo de transbordo. Este modelo tendrá como objetivo la minimización de los logísticos. Para resolver los modelos planteados se programarán y ejecutarán en el software GAMS con el motor de búsqueda CPLEX.

Luego, mediante análisis de los resultados obtenidos y la comparación de los modelos se definirá la nueva estructura de la red de distribución para la empresa en estudio.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO**

Según Chopra, Meindl (2013), la distribución se refiere a los pasos a seguir para mover y almacenar un producto desde la etapa de proveedor hasta la del cliente en la cadena de suministro. Una red de distribución adecuada se usa para lograr diferentes objetivos en la cadena de suministros, estos pueden ser la optimización de los costos u ofrecer una gran capacidad de respuesta.

Sin lugar a dudas WalMart es un ejemplo de éxito de todo su negocio mediante un diseño de distribución potenciado. La innovación de la cadena de suministro de Walmart comenzó cuando la compañía eliminó algunos eslabones en ella. En los ochentas, Walmart comenzó a aprovisionarse directamente de los fabricantes para bajar los costos, luego transfirió la responsabilidad de administrar inventarios a los proveedores de sus productos en los almacenes. En 1989 Walmart logró reducir sus costos de distribución a un 1.7% del costo de venta. (Jaramillo, Marín, 2016)

Para definir la configuración de una red de distribución se deben considerar las siguientes decisiones: Función de cada instalación, ubicación de las instalaciones, capacidad de cada instalación y que fuente y mercado que se debe asignar a cada instalación

Según Sandoya (2017), los problemas de transbordo se representan generalmente identificando un determinado número de fábricas que suministran a ciertos almacenes de una variedad de productos, estos productos serán entregados a diversos clientes en cantidades específicas según la demanda de los diferentes productos. Por lo que, puede ser representada en un esquema de flujos de inventarios desde la fábrica hasta el cliente. Es frecuente encontrar que la distribución de una empresa se realiza en más de un nivel por lo que el problema se convierte en un específico caso del problema de transporte conocido como transbordo, en el cual la distribución se da desde la fábrica hasta puntos intermedios y desde éstos a los clientes finales.

Cuando lo que se busca es plantear un nuevo esquema de distribución, los puntos intermedios de distribución se consideran como una opción, que deberá validarse por su contribución a los objetivos de la gestión logística. Un enfoque práctico, es evaluar las alternativas posibles por su ubicación, puesto que son directamente proporcionales al costo del transporte. Entonces el problema de transbordo se puede complementar con el problema de localización discreto, el cual da como resultado el o los nodos de distribución intermedio que deben estructurar la red de distribución y que permiten obtener el menor costo logístico posible. (Klose y Drexel, 2005).

Klose, A. (1998) formuló el problema de localización de dos etapas, cuya función objetivo a minimizar representa los costos de enviar los productos desde las fábricas hasta los almacenes y desde los almacenes hasta el cliente final y los costos de instalar y mantener el centro de distribución en las ubicaciones posibles. Por otro lado, las restricciones además de cumplir con la demanda consideran la

conservación de flujo entre los tres eslabones y las capacidades productivas y de distribución.

## **2.1 Definición de Redes de distribución**

Chopra y Meindl (2013) definen a la distribución como el conjunto de pasos que se deben seguir para mover y almacenar un producto desde la etapa de proveedor hasta el cliente en la cadena de suministro y ocurre entre cada par de etapas. Básicamente hay dos etapas de distribución en toda empresa, el primero es desde los proveedores de materias primas hasta el productor y desde este último hasta los clientes. La distribución afecta directamente a los costos de la cadena de suministro y al nivel de servicio percibido por el cliente. En el Ecuador los costos logísticos con relación al costo del producto superan el 10% mientras que en otros países de América Latina está en el rango de 7 a 10%. (Molina, 2018).

La selección de la adecuada red de distribución depende del objetivo que la cadena de suministro persiga, el objetivo puede ser desde alcanzar un bajo costo del producto hasta tener una gran capacidad de respuesta, tal es así, que en empresas de un mismo sector se pueden encontrar diferentes tipos de redes de distribución.

Una red no adecuada para una empresa puede tener un efecto negativo en el nivel de servicio percibido por el cliente e incrementar los costos, afectando la rentabilidad de la compañía. La mejor opción de una red de distribución es aquella que satisface las necesidades del cliente al menor costo posible.

## 2.2 Diseño de una red de distribución

Al diseñar una red de distribución se debe considerar los siguientes factores:

### 1. Estrategia del negocio.

Considerando que el diseño de la red de distribución tiene impacto a largo plazo en el negocio, es importante considerar los planes a futuro de la empresa que influenciarían el diseño de la red, como por ejemplo, si van a adquirir un nuevo negocio, diversificar productos, si se espera aumentar el mercado o el alcance geográfico.

### 2. Estrategía Go To Market.

Se debe considerar que la tendencia de diseño de redes está orientado al mercado por lo que el cumplimiento del nivel de servicio es un objetivo clave para el análisis de la red, puesto que define la frecuencia de atención, tamaños de entregas, tipo de transporte, entre otros.

El nivel de servicio al cliente se mide a través de muchos componentes, entre los componentes que pueden influenciar en las decisiones en la estructura de la red de distribución están:

Tiempo para llegar al mercado (Time to market): Intervalo de tiempo para llevar un nuevo producto al mercado.

Tiempo de respuesta: Es el intervalo de tiempo desde que el cliente hace el pedido hasta que se realiza la entrega.

Variedad de producto: Cantidad de ítems diferentes que puede ofrecer la red de distribución

Disponibilidad del producto: Mide la probabilidad de tener en inventario el producto que el cliente requiere al momento que este hace un pedido.

Retornabilidad: Considera la flexibilidad de la red de abastecimiento para facilitar el retorno de la mercadería que no satisface al cliente.

Experiencia del cliente: Considera la facilidad con la que el cliente puede hacer y recibir un pedido, también si el proceso de compra es personalizado.

Visibilidad del pedido: Es la facilidad que recibe el cliente para dar seguimiento del estado de su pedido desde que pone la orden hasta que recibe el pedido.

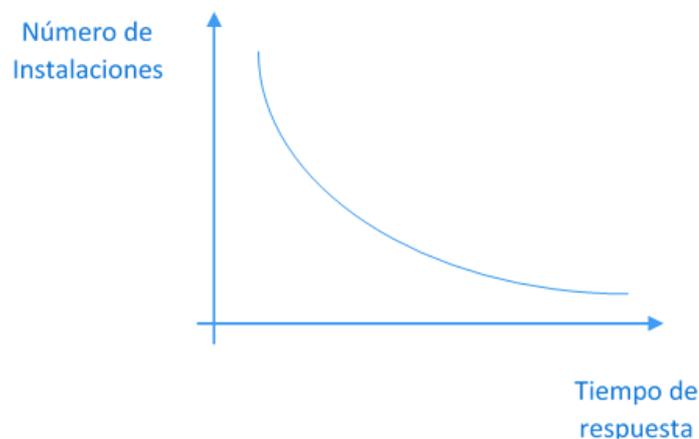
No necesariamente el cliente busca obtener un nivel alto de satisfacción en todas las medidas del nivel de servicio citadas. Chopra y Meindl (2013) afirman que “A primera vista pudiera parecer que el cliente siempre quiere el nivel más alto de desempeño a lo largo de todas las dimensiones. En la práctica, sin embargo, no es el caso.” (p.77). Los clientes pueden compensar una medida del servicio al cliente aceptando un nivel aceptable en otra.

Tal es el caso de Amazon con su servicio Amazon Prime, cuya aplicación está presente en el 55% de los hogares estadounidense, donde los clientes cuentan con encontrar una alta variedad de productos y prefieren esperar un tiempo de entrega razonable antes que acercarse a una tienda física, a

la que solo acudirán en los casos donde requieran una compra inmediata. (Rothaermel, 2013)

La estrategia de las empresas en donde sus clientes suelen tolerar tiempo de respuesta largos, requieren de pocas instalaciones que pueden estar alejadas de los clientes, de esta manera pueden potenciar la capacidad de cada ubicación. Por otro lado, si los clientes de un negocio requieren tiempos de espera cortos, se requerirán muchas instalaciones cercanas a ellos. Como se puede observar en la figura 2.1 para tiempos de respuesta cortos se requiere incrementar el número de instalaciones en la red.

**Figura 2.1: Número de Instalaciones vs. Tiempo de respuesta**



*Fuente: (Chopra y Meindl, 2013)*

### 3. Costos logísticos e inversiones de capital.

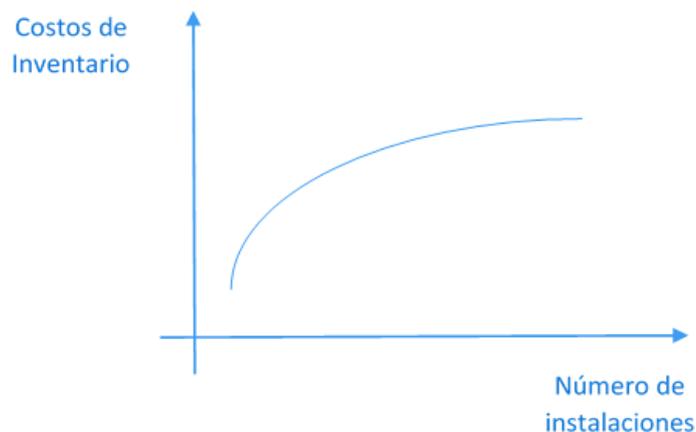
La selección de ubicaciones en la red y en qué nodos de la misma se debe invertir, requieren ser evaluadas desde el punto de vista de optimización de costos, para esto se requiere definir todos los elementos del costo logístico, como son los costos de transporte, almacenamiento e inversión en centros de distribución o ampliación de bodegas. Una red de distribución que

optimice costos se puede lograr mediante la formulación de modelos matemáticos que simulen las diferentes opciones de estructuras de una red y sus costos asociados.

Los costos asociados al diseño de la red son:

Costos de Inventario: Son los costos de mantener inventario almacenado, dependen de la cantidad de existencias que se ordenan y se mantienen en stock. Los altos niveles de inventario incrementan los costos y merman la eficiencia. Las empresas buscan limitar el número de instalaciones para incrementar la rotación y reducir los costos. La figura 2.2 ilustra el comportamiento de este costo.

**Figura 2.2: Número de Instalaciones vs. Costos de Inventario**

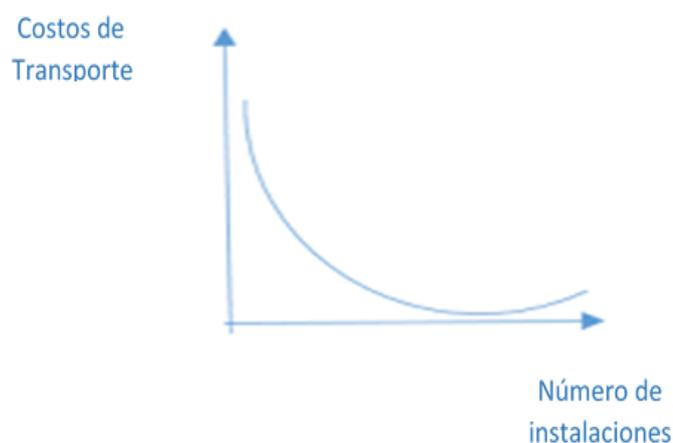


*Fuente: (Chopra y Meindl, 2013)*

Costos de Transporte: Es el costo de mover el inventario de un punto de la red a otro. El transporte entrante es aquel que se incurre cuando se moviliza el material a la instalación y el transporte saliente es el que se moviliza fuera de la instalación. Generalmente los costos unitarios de material entrante

son menores que el costo de transporte saliente debido a que se realizan en cantidades mayores, el material saliente se realizan envíos más pequeños a una mayor cantidad de destinos. Al aumentar el número de instalaciones intermedias se disminuye el costo de transporte saliente puesto que se reducen las distancias entre estos almacenes y los clientes. Por lo tanto, si el transporte entrante se mantiene a gran escala, el incremento de instalaciones reduciría el costo total de transporte. Con respecto a este comportamiento de los costos, Chopra y Meindl (2013) afirman que “Si el número de las instalaciones se incrementan hasta un punto donde el tamaño de los lotes entrantes también es muy pequeño y resulta en una pérdida significativa de las economías de escala en el transporte entrante, aumentar el número de instalaciones incrementa el costo total del transporte”. La figura 2.3 ilustra el comportamiento del costo con respecto al número de instalaciones.

**Figura 2.3: Número de Instalaciones vs. Costo de Transporte**

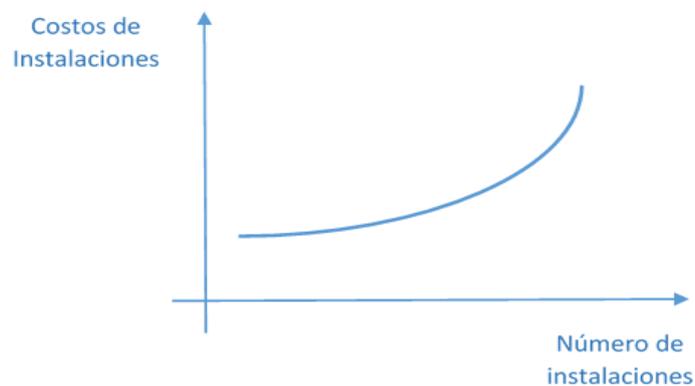


*Fuente: (Chopra y Meindl, 2008)*

Costo de Instalaciones y mantenimiento de materiales: Es el costo de mantener ubicaciones en la red para manejo de inventario. Conforme el número de instalaciones aumenta, los costos resultantes también se incrementan puesto que no permite potenciar las economías a gran escala, se lo puede observar en la figura 2.4.

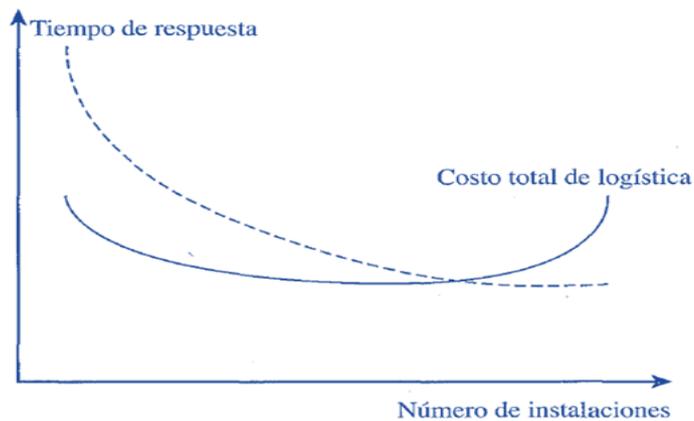
Los costos de inventario, transporte e instalaciones conforman los costos logísticos totales de la red. La Figura 2.5 muestra el comportamiento de los costos totales con respecto al número de instalaciones de la red.

**Figura 2.4: Número de Instalaciones vs Costos de Instalaciones**



*Fuente: (Chopra y Meindl, 2013)*

**Figura 2.5: Variación del costo logístico y Tiempo de respuesta con el número de instalaciones**



*Fuente: (Chopra y Meindl, 2013)*

Como se puede observar en la figura 2.5, los costos logísticos totales inicialmente disminuyen conforme el número de las instalaciones se incrementan hasta que llega a un punto de inflexión en donde los costos alcanzan su mínimo valor para luego aumentar a medida que el número de instalaciones se incrementa. Por lo tanto, cada empresa tiene cuando menos un número de instalaciones que minimizan los costos logísticos.

El tiempo de respuesta se disminuye cuando el número de instalaciones se incrementan. Para que el tiempo de respuesta se reduzca se deberá incrementar el número de instalaciones más allá del punto donde se minimizan los costos logísticos totales. Las empresas que toman la decisión de incrementar su tiempo de respuesta sacrificando sus costos justifican esta decisión bajo la premisa de que al mejorar el tiempo de respuesta se generarán más ingresos como consecuencia de un incremento de ventas al ofrecer un servicio de entrega diligente.

#### 4. Route to market

Este diseño se traduce en la definición de flujos de materiales (orígenes y destinos), centros de distribución requeridos, puntos de venta, modo de transporte y funciones de cada nodo de la red.

En particular, el modelo debe considerar la combinación de elementos de la red que permitan satisfacer los niveles de servicio establecidos en la estrategia go to market y que minimicen el costo de toda la red de distribución.

Existen criterios cualitativos que complementen las decisiones sobre la estructura de la red pero que no suelen ser considerados cuando se plantean los modelos cuantitativos, como por ejemplo, si las ubicaciones obtenidas en el modelo cumplen con aspectos deseables como seguridad de la zona o disponibilidad de vías de acceso o mano de obra calificada cercana.

### **2.3 Clasificación de redes de distribución**

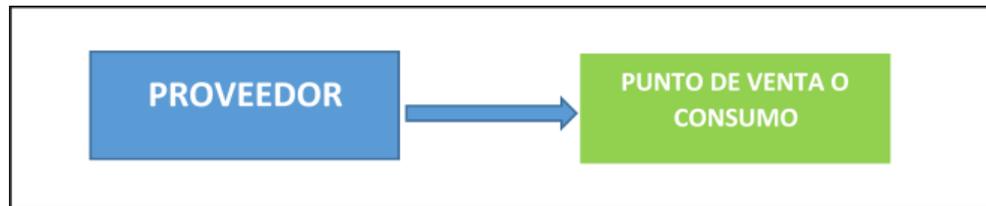
Hay varias opciones alternativas de redes de distribución. Cuatro de las redes más conocidas son:

#### **a) Suministro Directo.**

En este modelo, cada fábrica entrega directamente a sus clientes. Los inventarios se encuentran en las instalaciones de la fábrica. Es una solución simple y muy flexible, que evita mantener infraestructuras en formas de almacenes, inmovilizaciones en forma de stocks intermedios y permite tiempos aceptables de respuesta de los clientes. Es un método típico que

utilizan las empresas de fabricación sobre pedido, o de artículos muy profesionales y complejos o de alto valor.

**Figura 2.6: Suministro Directo**



*Fuente: (Friedli et al. 2013)*

Este modelo no permite un tiempo de respuesta muy corto debido a que para abaratar costos se requiere optimizar rutas de transporte lo que puede significar que aunque haya el producto en stock este no se envíe de manera inmediata. En el caso de la retornabilidad es difícil de implementar y costosa.

Los costos de inventario y costos de instalación suelen ser bajos debido a la agregación y permite el aprovechamiento de espacios y el control del inventario.

Los costos de transporte son altos con respecto a otros modelos debido a que el producto puede recorrer largas distancias para llegar hasta sus puntos de venta o consumo.

**b) Distribución directa con centro de distribución.**

Esta red incluye un almacén central entre la fábrica y los clientes. En este modelo las fábricas abastecen de productos primero al almacén y las ordenes de los clientes son consolidadas en el almacén central y

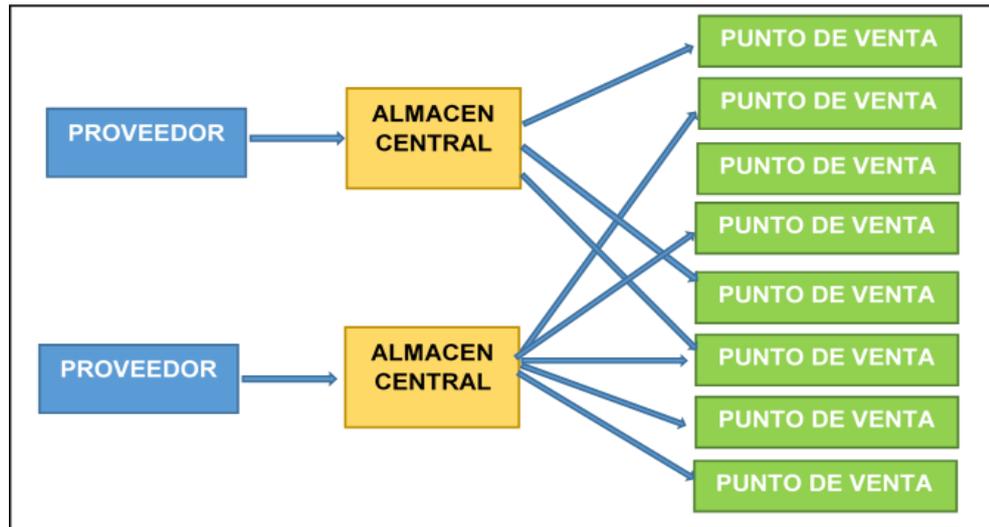
distribuidas desde ahí. Normalmente este tipo de distribución se usa cuando los productos son de demanda alta.

En ciertos casos el almacenamiento central requiere de una mayor capacidad de almacenamiento debido al incremento de la incertidumbre a la demanda. Sin embargo, para aumentar su eficacia requiere cierta capacidad de ensamblaje.

Los costos de transporte de la red con almacén central son un poco más bajos que los de redes con distribución directa debido a que pueden usarse medios de transportes más económicos y un mayor aprovechamiento de los mismos al realizar la distribución a los clientes, sin embargo, este modelo requiere que se mantenga el transporte a gran escala desde la fábrica al almacén para conservar un nivel bajo de costos.

Con respecto a los costos de instalación suelen ser mayores que en el modelo de suministro directo debido a la pérdida de agregación por lo que este modelo no es apropiado para productos de baja rotación.

### **Figura 2.7 Distribución Directa con Centro de Distribución**

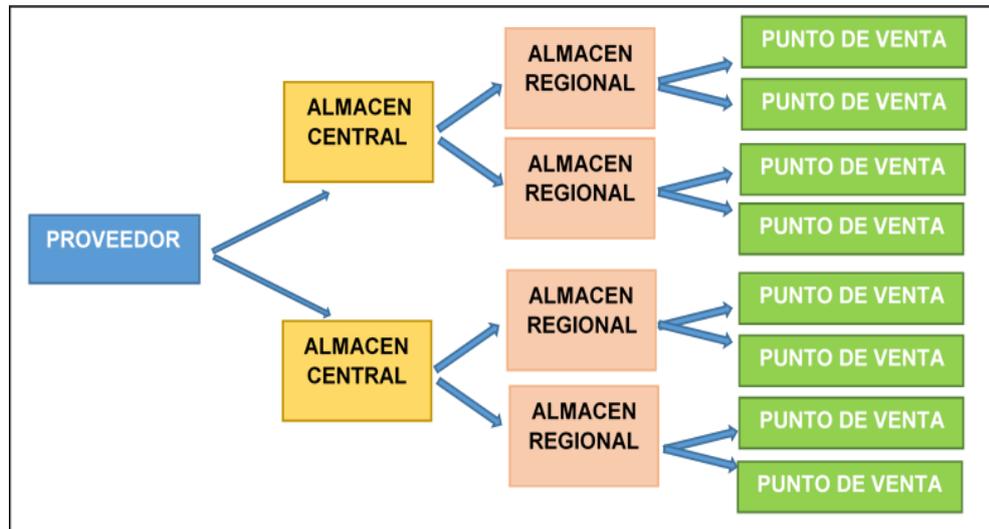


*Fuente: (Friedli et al. 2013)*

### c) Distribución escalonada.

En este modelo se incrementan los niveles de distribución puesto que además de almacenes centrales existen almacenes regionales que se encuentran más cercanos a los clientes y son aprovisionados por los almacenes centrales. Los pedidos de los clientes se reciben en los almacenes regionales, desde donde se prepara la entrega. Este modelo de red de distribución es adecuada en los casos en donde los puntos de producción están alejados de los puntos de venta y aprovechan la optimización de los transporte para realizar las entregas a los destinos finales. Los costos de instalación son altos debido al incremento de capacidades que supone este modelo, así mismo los inventarios se incrementan debido a la multiplicación de stocks de seguridad según las políticas de inventarios por cada almacén regular y cada almacén central de la red.

**Figura 2.8: Distribución escalonada**

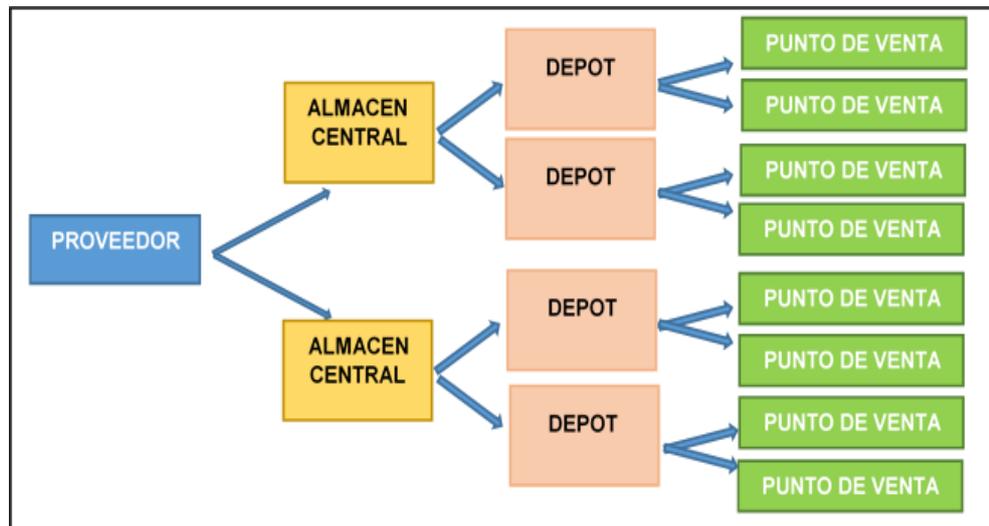


*Fuente: (Friedli et al. 2013)*

**d) Almacenaje central y Depots (Cross-docking).**

Este modelo reemplaza los almacenes regionales por plataformas de carga y descarga, en los cuales se reciben mercaderías listas para su destino en el punto de venta. Generalmente, el Depot no se considera un punto de almacenamiento, siendo su principal función agrupar productos que llegan de diferentes destinos para luego ser entregados a su destino final de manera que esta entrega sea rápida y permitiendo el uso eficiente de transporte.

**Figura 2.9: Distribución con Almacenaje Central y Depots**



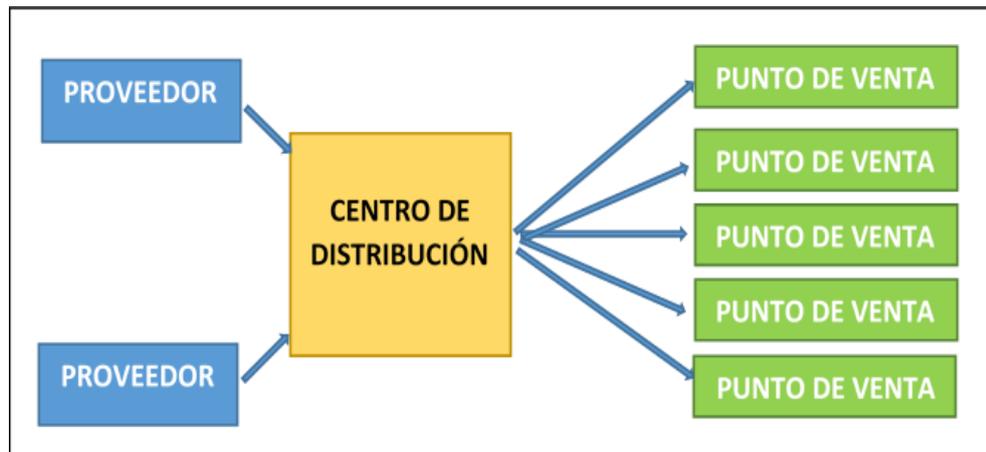
*Fuente: (Friedli et al. 2013)*

En ocasiones, el Depot se encargara de otras actividades como por ejemplo: etiquetaje, empaquetado final, montaje de componentes, e incluso recogida de devoluciones para facilitar el retorno agrupado de mercadería.

#### **e) Planta de distribución**

Este sistema requiere de un centro de distribución que recibe los pedidos de una amplia red de proveedores para, a su vez, distribuirlos directamente a los puntos de venta o entrega de la mercadería. Es usado generalmente en distribuidoras editoriales, servicios de paquetería o currier. Este modelo tiene como objetivo la distribución puntual de los productos y los productos no suelen permanecer muchos días almacenados.

**Figura 2.10: Planta de Distribución**



Fuente: (Friedli et al. 2013)

#### **2.4 Modelos para la ubicación de instalaciones y selección de la capacidad.**

El objetivo principal del diseño de redes es maximizar la rentabilidad general de la cadena de distribución al mismo tiempo que proporciona a los clientes la capacidad de respuesta adecuada. Para hallar la mejor opción de configuración de red se considera los ingresos que se obtendrán y los costos en los que se incurrirán para sustentar las operaciones de la red. Es necesario considerar muchas compensaciones durante el diseño de la red como por ejemplo, que la construcción de muchas instalaciones para servir los mercados locales reduce el costo de transporte y proporcionan un tiempo de respuesta rápido; sin embargo aumenta la instalación y los costos de inventario incurridos por la empresa.

Chopra y Meindl, (2013) identifica que la empresa necesita usar modelos de diseño de red en dos situaciones:

1. Para ubicación de las instalaciones y decisiones de asignación de capacidad: Estas decisiones deben tomar en cuenta un horizonte temporal sobre el cual las ubicaciones y capacidades no serán alteradas.
2. Para Identificar el flujo de mercaderías, asignando la demanda actual a instalaciones disponibles: Estas decisiones deben considerarse al menos en una base anual a medida que cambia la demanda, los precios y los tipos de cambio y las tarifas

Chopra y Meindl (2013) indican que “la siguiente información debe estar disponible al momento de desarrollar el diseño de la red:

- Ubicación de las fuentes de abastecimiento y mercados
- Ubicación de los sitios de las posibles instalaciones
- Pronóstico de la demanda por mercado
- Costos de instalación, mano de obra y material por sitio
- Costo de transporte entre cada par de sitios
- Costos de inventario por sitio y como una función de la cantidad
- Precio de venta del producto en diferentes regiones
- Impuestos y aranceles
- Tiempo de respuesta deseado y otros factores de servicio “

Picket (2013, pp.39) ha categorizado los diferentes modelos de la siguiente manera:

### **Modelo de centro de gravedad para la localización**

Estos modelos calculan el centro ponderado de la demanda del cliente mediante el uso de coordenadas del mapa y el volumen del cliente. (Picket, 2013, pp.39)

### **Modelos de Optimización**

Los modelos de optimización son programas lineales o enteros mixtos que determinan una red de distribución “óptima” , basada en los datos, supuestos y parámetros proporcionados. Los modelos de optimización dependen de la calidad de los datos y de la experiencia del individuo al realizar el análisis del modelo, porque cualquier cambio en los supuestos, datos o parámetros pueden hacer que el modelo produzca un resultado diferente. (Picket, 2013, pp. 39).

### **Modelos de Simulación.**

Son siempre más complejos que los modelos de optimización los cuales empiezan con la configuración de los datos y les da una simple respuesta. Un modelo de simulación en su lugar empieza con un escenario simple y examina el impacto en el escenario a través del tiempo, cambiando la configuración de un grupo de datos. Estos modelos son muy usados para entender el impacto en la oferta y variabilidad de la demanda, restricciones de la red y cuellos de botella en la eficiencia operacional de la red. (Picket, 2013, pp. 39)

## 2.5 Modelos de Localización Continúa

Para Klose, Drexl (2005), los modelos de localización continua se caracterizan por tener dos atributos esenciales:

1. La localización puede darse en cualquier punto del mapa.
2. La distancia se mide con una métrica adecuada. Las más usadas son la distancia rectangular y la distancia euclídea.

Un modelo muy conocido de esta clasificación es el de centro de gravedad, este modelo calcula coordenadas geográficas para una nueva instalación potencial que minimizará los costos. Es un modelo de ubicación de una instalación el cual tiene un enfoque en donde las principales entradas que considera son las siguientes:

- Mercados
- Volúmenes de bienes enviados
- Costos de envío

Este método es beneficioso porque es fácil de usar, considera las instalaciones existentes y minimiza los costos

Algunas de las limitaciones de estos modelos son:

1. Con frecuencia se asume que los volúmenes de demanda se concentran en un punto, cuando de hecho se generan desde varios puntos de clientes dispersos sobre un área amplia.
2. Los modelos de ubicación de una sola instalación por lo general localizan una ubicación en base a los costos variables. No consideran el costo de capital requerido para establecer un almacén en distintas ubicaciones, el

costo de mano de obra, costos de mantenimiento de inventario, servicios públicos entre otros.

3. Por lo general se asume que los costos totales de transportación se incrementan de forma proporcional con la distancia; sin embargo la mayoría de las tarifas de transporte están compuestas de un componente fijo y por un componente variable en función de la distancia.
4. Se asumen rutas en líneas rectas entre la instalación y otros puntos de la red. Esto muy rara vez resulta cierto pues el recorrido se realiza en una red de caminos definida, un sistema ferroviario o una red de calles de ciudad rectangulares.

El modelo considera los siguientes datos:

$X_i, Y_i$ : Coordenadas de localización de un mercado o de una fuente de suministro  $i$

$C_i$ : Costo de envío de una unidad por distancia entre la planta y el mercado o fuente de suministro  $i$

$D_i$ : Cantidad que se enviará entre la planta y el mercado o fuente de suministro  $i$

Si  $(x,y)$  es la ubicación seleccionada para la planta, la distancia  $d_i$ , entre la planta ubicada en  $(x,y)$  y la fuente de suministro o mercado  $i$  está dada por:

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Y el costo de transporte total (CTT) está dado por

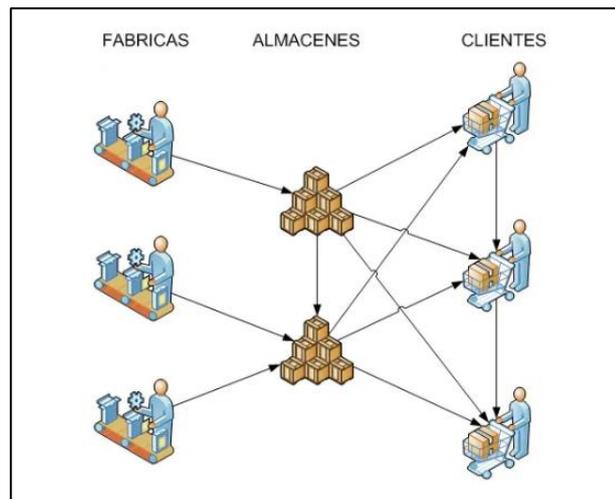
$$TCC = \sum_{i=1}^n d_i D_i C_i \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Entonces, la ubicación óptima será el punto (x,y) que minimice el costo de transporte total.

## 2.6 Problemas de Transbordo

Los modelos de transbordo es una variación del modelo de transporte, puesto que se plantea bajo dos partes inherentes y consecuentes a un modelo de transporte, que son: los orígenes y destinos, que particularmente en el modelo de transbordo se les llama nodos, ya que un punto de destino puede convertirse en origen y viceversa. Al igual que un modelo de transporte, requiere satisfacer la demanda de los destinos, cumpliendo con la capacidad de producción.

**Figura 2.11: Configuración básica del problema del transbordo**



Fuente: IngenieriaIndustrialOnline.com

Para poder resolver un problema de transbordo mediante programación lineal, se debe adicionar un conjunto de restricciones denominadas restricciones de balanceo. Los problemas de transbordo consideran 3 clases de nodos que son: nodos de oferta, de demanda e intermedios o de transbordo, el flujo de materiales a través de la red deben balancearse para que el sistema sea viable,

por lo tanto, la cantidad de material que ingrese a un nodo será igual a la cantidad de salida del mismo.

“El siguiente modelo de optimización de redes capacitado tiene como función objetivo la minimización de los costos de la demanda debe ser conocida, los impuestos sobre las ganancias son ignorados. El modelo requiere los siguientes parámetros”: (Chopra y Meindl 2013, pp.130)

$n$  = número de posibles localizaciones y capacidades de la planta (cada nivel de capacidad contará como una ubicación separada)

$m$  = número de mercados o puntos de demanda

$D_j$  = demanda anual del mercado  $j$

$K_i$  = capacidad potencial de la planta  $i$

$J_i$  = costo fijo anualizado de mantener la fábrica  $i$  abierta

$C_{ij}$  = costo de producir y enviar una unidad desde la fábrica  $i$  al mercado  $j$  (el costo incluye producción, inventario, transporte y aranceles).

Variables de decisión:

$Y_i$  = 1 si la planta  $i$  es abierta, o 0 si está cerrada

$X_{ij}$  = Cantidad enviada desde la planta  $i$  al mercado  $j$

El problema se formula como el modelo entero mixto siguiente:

Función objetivo:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n f_i Y_i + \sum_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} X_{ij} C_{ij} \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = D_j \quad \text{para } j=1, \dots, m \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq K_i y_i \quad \text{para } i=1, \dots, n \quad (2.5)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \text{para } i=1, \dots, n, X_{ij} \geq 0 \quad (2.6)$$

La función objetivo (2.3) minimiza el costo total de instalación y operación de la red de distribución. Esta está restringida con las ecuaciones (2.4), (2.5) y (2.6). La ecuación (2.4) obliga a que la cantidad enviada desde la o las plantas  $i$  satisfaga la demanda de cada punto  $j$ .

La ecuación (2.5) asegura que el producto que es transportado desde la planta  $i$  sea menor o igual a su capacidad. La ecuación (2.6) considera que  $y_i$  es una variable binaria que toma el valor de 1 cuando la instalación se abre y 0 cuando no. La cuarta ecuación también asegura que en la ecuación (3) no se asigne valor a la variable  $X_{ij}$  cuando la planta no se vaya a abrir. (Chopra y Meindl, 2013, pp. 126). Este modelo básicamente identifica las plantas que se deben mantener abiertas, sus capacidades y la asignación regional de la demanda.

## 2.7 Análisis de sensibilidad

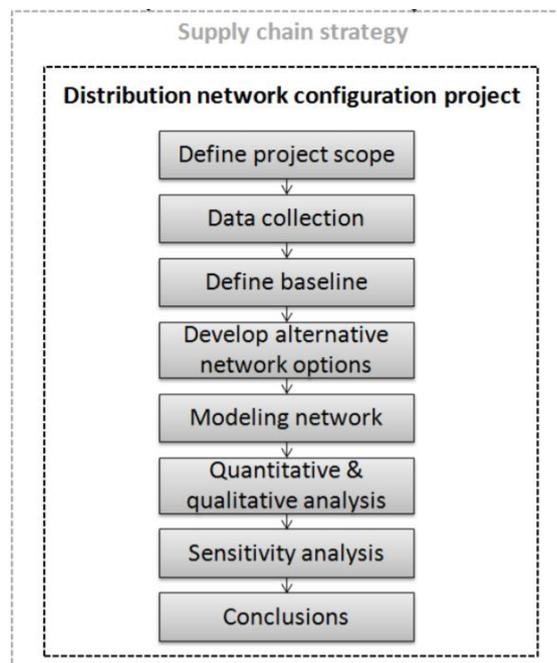
El análisis de sensibilidad es necesario para probar la robustez de la solución de la red obtenida con los modelos. Normalmente los modelos de diseño de redes pueden hacer suposiciones en áreas como la demanda futura, costo de transportación y costo de mano de obra. Probando los cambios en las variables claves un modelador se asegura que una suposición ingresada en el modelo

no cambia drásticamente los resultados ni recomendaciones de la red dentro de la solución. Watson (2012, pp 77-78) propuso que la mejor aproximación para hacer análisis de sensibilidad se lograba ejecutando diferentes escenarios hipotéticos. Por ejemplo es posible ejecutar el modelo cambiando los escenarios de demanda entre el 10% y el 30% menos de demanda en intervalos de 5% o hacer lo mismo con los costos de transportación y costos de mano de obra.

## 2.8 Diagrama de fases del diseño de redes de distribución

Kainulainen (2014) presenta un diagrama que define los pasos necesarios de un proyecto de diseño y la información que se necesita en cada fase. En la figura 2.12 se presenta el diagrama de diseño de una red de distribución

**Figura 2.12: Diagrama de proyectos de diseño de redes de distribución**



Fuente: (Kainulainen, Mika, 2014)

La principal meta en la configuración de un proyecto de construcción es encontrar la mejor solución que soporte la estrategia de la cadena de suministro

y la competitividad de la empresa. El proyecto consiste en siete diferentes etapas o pasos, los cuales son: la línea base, obtención de datos y el alcance del proyecto, red de trabajo alternativa, modelamiento de la red de trabajo, análisis cualitativo y cuantitativo, análisis de sensibilidad y conclusiones.

1. Alcance del proyecto.

El primer paso en el diseño de un proyecto de distribución es definir el alcance, Pickett (2013, pp. 34), establece claramente que antes de definir el alcance del proyecto, el equipo que lidera el proyecto debe concordar y estar de acuerdo en la dirección estratégica y del negocio.

2. Recopilación de datos y línea base del proyecto.

El segundo paso es la recopilación de datos. En esta fase el objetivo es recolectar todos los datos que se necesita para el proyecto y sus cálculos. Al menos se requiere la siguiente información para llevar acabo un cálculo apropiado.

Pronostico de ventas: El pronóstico debe ser agregado a un nivel donde pueda soportar el modelamiento de la red de trabajo. Como se ha descrito en los capítulos previos, los intervalos de tiempo para el análisis es en un año y los clientes son agrupados por código postal o por regiones.

Requerimientos de nivel de servicio. Por ejemplo, se necesita entregar órdenes entre días y para todos los clientes.

Dirección de las locales: Esto incluye localización de las instalaciones, costos fijos y costos variables y una capacidad disponible por cada instalación.

Transporte: Esto incluye diferentes modos de transporte que están disponible y sus limitantes, en general tiempo de tránsito y costos por cada línea.

La línea base del transporte debe ser sustentado sobre la configuración de la programación de la actual distribución, esto solo es posible recolectando la información necesaria desde el actual sistema de información (IT). Por ejemplo es posible estructurar una buena línea base por medio de las entregas del último año y el costo de las instalaciones con precios comparables.

### 3. Desarrollo y modelaje de diferentes opciones de la redes de trabajo.

Luego de tener un alcance y objetivos claros y los datos validos están listos, es momento de arrancar con el desarrollo del modelo de la cadena de suministro y diferentes escenarios de las redes de trabajo. Con el modelo de la cadena de suministro es posible probar diferentes ideas, configuraciones de datos y diferentes estrategias. Simulando diferentes escenarios es posible observar como los cambios de una parte de la cadena de suministro impacta a la otra. (Wharson et al. 2012, pp 224)

En resumen un modelos de aproximación debe contener los siguientes pasos (Pickett 2013, pp. 38)

- Validar la red de trabajo existe = línea base.
- Simular escenarios alternativos de las redes de trabajo.
- resumir costos y factores de servicio por medio de escenarios alternativos.

- Realizar un análisis de sensibilidad
- Determinar los costos de la inversión asociados a cada alternativa.

#### 4. Análisis y distribución de escenarios y conclusiones:

Analizar el resultado desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa. El análisis cuantitativo está relacionado al análisis económico que compara los beneficios del plan recomendado de la red de distribución con los costos de la implementación. Esto requiere, se determine todas las inversiones y ahorros asociados, en cada escenario alterativo. El análisis cualitativo debe contemplar el riesgo de los factores como el servicio al cliente, consideraciones culturales y políticas o también llamados factores ambientales en los proyectos, y finalmente la infraestructura. (Pickett 2013, pp. 38)

Para soportar las recomendaciones y conclusiones, una de las opciones es crear una matriz de decisión, esto es una herramienta bastante útil si es que existen muchos factores y alternativas a considerar.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. ESTUDIO DE REDISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN**

Actualmente la fábrica envía directamente sus productos hasta el consumidor final, los clientes son haciendas productores de banano que se encuentran en las zonas rurales de la costa ecuatoriana mayormente. Para facilitar la compra a los clientes, la empresa incluye el servicio de entrega a las ubicaciones donde se encuentran los clientes, esto implica incurrir en un costo transporte y por consiguiente la inclusión de ese costo en el precio que se negocia con el cliente.

Los productos ofertados por la empresa con insumos pocos diferenciados con bajo componente tecnológico, la estrategia de venta está basada en precios, aunque también se considera como condiciones mínimas de compra la flexibilidad en términos de volumen y plazos de entrega. Para poder mantener precios competitivos y mejorar las ganancias, se debe optimizar los costos de distribución al mismo tiempo que se mantiene el mismo servicio ofrecido al cliente. Este estudio pretende encontrar el diseño de red de distribución que pueda optimizar los costos logísticos bajo las restricciones de nivel de servicio.

#### **3.1 Alcance del proyecto**

Para iniciar el estudio se debe establecer la posición de la empresa con respecto a 4 puntos relevantes.

1. Estrategia de negocios

La estrategia del negocio esta direccionada a alcanzar segmentos de mercados que no son clientes de la empresa por medio de la expansión geográfica.

Según la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua del año 2018 elaborada y publicada por el INEC, las provincias de mayor cantidad de hectáreas cultivadas de banano son en primer lugar la provincia de los Ríos seguidas de la provincia de Machala y Guayas.

La metodología de selección de ubicación debe estar direccionada a encontrar un lugar que se acerque a los puntos de ventas actuales como a los potenciales mercados.

## 2. Estrategia Go To Market

El tiempo de respuesta y la disponibilidad del producto son factores claves para este negocio, puesto que tanto los tiempos de respuesta largos o falta de producto puede generar una anulación de pedido. La probabilidad de no llegar a una situación de falta de stock fue del 84% en el año 2018, mediante la aplicación de inventarios de seguridad se espera aumentar este nivel de servicio hasta un 95%. Costos logísticos en Inversión de capital

Para tiempos de respuesta mas cortos, la estrategia natural es incrementar el número de instalaciones. Según el comportamiento de los costos logísticos mostrados en la figura 2.5, se puede afirmar que existe al menos un número de instalaciones en donde se minimicen los costos logísticos totales (instalación, operación y transporte) al incrementar el número de instalaciones.

### 3. Route to market

El mercado de productos de espuma destinados a la protección de racimos de banano son las haciendas ubicadas en localidades rurales de provincias de la costa del Ecuador. Para los productores y exportadores de banano los protectores de racimos y láminas de espuma son productos de poco valor agregado y la diferenciación de calidad es mínima entre los diferentes productores o no es percibida por los clientes, por lo que, se considera que la estrategia de diferenciación comercial está basada en el costo y tiempo de respuesta.

La empresa no contempla la posibilidad de distribuir por medio de intermediarios debido a que espera controlar los precios de sus productos mediante ventas directas para mantenerse competitiva.

## **3.2 Recolección de información**

### **3.2.1 Descripción de procesos logísticos**

Inicialmente se describen los procesos de almacenamiento y distribución de la empresa así como los cálculos de costos y demanda pronosticada.

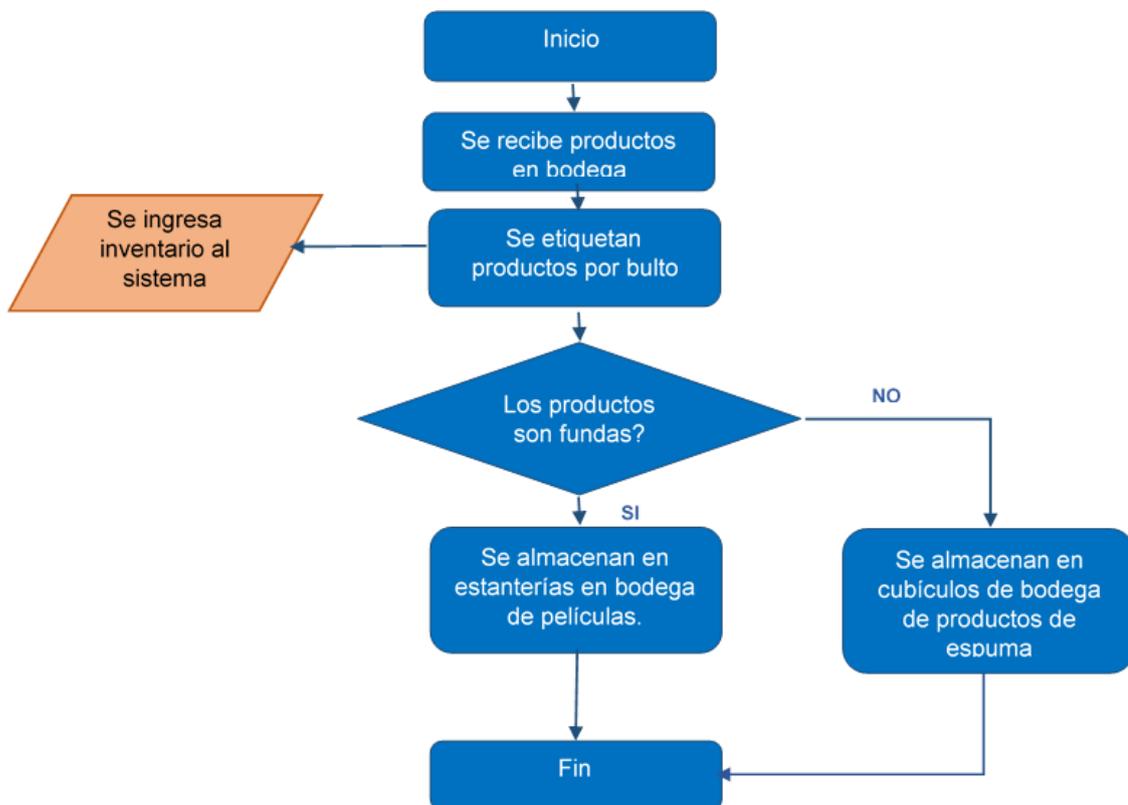
#### **3.2.1.1 Descripción de proceso de almacenamiento**

En esta empresa se reciben los productos en el almacén anexo al área de producción. Los productos terminados fabricados con rollos de espuma de polietileno son protectores para racimo y protectores de plato. El corte de los rollos para elaborar protectores se realiza de manera manual en mesas de corte, son embalados en fundas que contienen de 200 a 250 unidades, los

paquetes de protectores son etiquetados; la emisión de la etiqueta genera un ingreso automático del producto en el sistema informático. Finalmente los protectores son almacenados; los bultos de protectores son apilados en cubículos en la bodega de producto terminado. Las fundas por el contrario son almacenadas en estanterías en un cuarto específico de la bodega, separadas del resto de productos.

El proceso de almacenamiento se describe en el siguiente diagrama:

**Figura 3.1 Diagrama de Proceso de Almacenamiento**

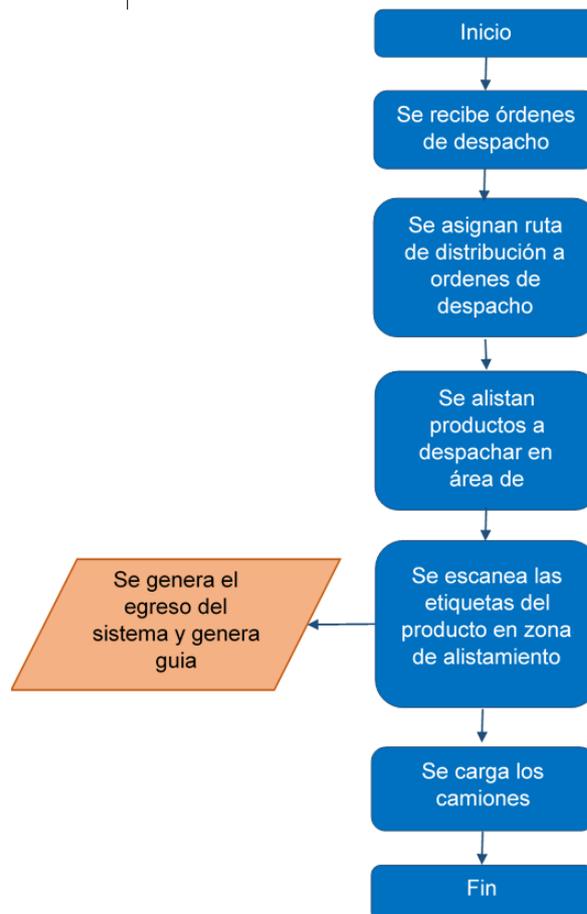


*Elaborado por: La Autora*

### 3.2.1.2 Descripción del proceso de distribución

Actualmente los despachos de los productos hacia los clientes se realizan desde la bodega de la empresa situada en Guayaquil. A partir de una lista de órdenes de despacho se realiza el programa de despacho del día, se asigna el transportista, número de camiones requeridos y rutas de distribución según prioridades emitidas por departamento comercial. El transporte del producto actualmente es ejecutado por transportistas externos. El proceso se lo puede visualizar mediante el siguiente diagrama:

**Figura 3.2: Diagrama de Proceso de Distribución**



Elaborado por: La Autora

El cubicaje en los camiones se realiza con personal de la empresa. La empresa cuenta con 8 auxiliares de bodega quienes se encargan de acomodar los productos producidos en la bodega y de cargar los camiones para despacho.

### **3.2.2 Capacidad de producción de la fábrica**

La fábrica trabaja se dedica a dos líneas de productos, protectores de espuma para racimos, laminas para embalaje de banano y fundas para racimos. Tanto los protectores como las láminas se producen a partir del proceso de corte de rollos de espuma de polietileno de baja densidad. Por otro lado, las fundas se obtienen al cortar rollos de película de polietileno de alta densidad.

La planta de producción de productos terminados consta de 3 secciones de corte: Corte de Protectores, corte de láminas y corte de fundas.

#### *Corte de Protectores.*

Los protectores se obtienen al cortar rollos de espuma de polietileno. Se realiza en un área que consta de 12 puestos de trabajo, cada puesto de trabajo corresponde a una mesa especial para corte en donde mediante el uso de moldes un par de trabajadores corta un rollo de espuma dando forma al protector con cuchillas, el trabajo de corte en este caso es manual, por lo que se considera que un trabajador no puede ejecutar esta labor por más de 10 horas seguidas por las misma persona. En caso de requerir una mayor producción se puede trabajar 7 días de la semana, aunque esto es muy poco frecuente.

### *Corte de Lámina.*

Al igual que los protectores de racimo, las láminas para empaque de fundas se obtienen al cortar rollos de espuma, que difieren en su composición a los rollos destinados al corte de protectores. El área de corte de lámina consta de 4 máquinas operadas por cuatro trabajadores cada una, los cuales reciben el producto cortado por la máquina y lo embalan en fundas. En este caso la jornada de trabajo es promedio de 8 horas diarias en promedio aunque puede variar según la demanda.

*Corte de fundas.* El corte de fundas se lo realiza por medio de una sola máquina que corta y perfora los rollos de película para formar las fundas para proteger los racimos. Esta máquina trabaja alrededor de 8 horas diarias con dos operadores.

Los protectores y las láminas se almacenan bajo las mismas condiciones de apilamiento y despacho por lo que se los agrupa en una sola familia de productos de espuma.

La capacidad productiva anual se obtuvo del registro de ingresos de producción, la capacidad de cada familia de productos se muestra en la tabla 3.1:

**Tabla 3.1 Capacidad de producción por tipo de producto**

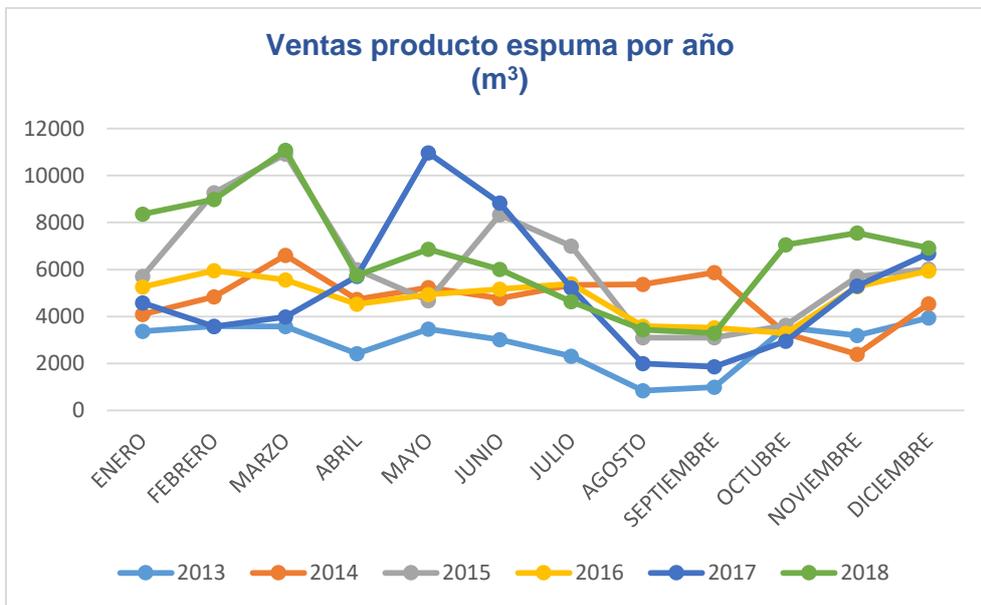
TIPO	CAPACIDAD ANUAL	
	UNIDADES	m <sup>3</sup>
ESPUMA	132,787,200	110,000
FUNDAS	124,800,000	15,003

*Elaborado por: La Autora*

### **3.2.3 Pronóstico de la demanda**

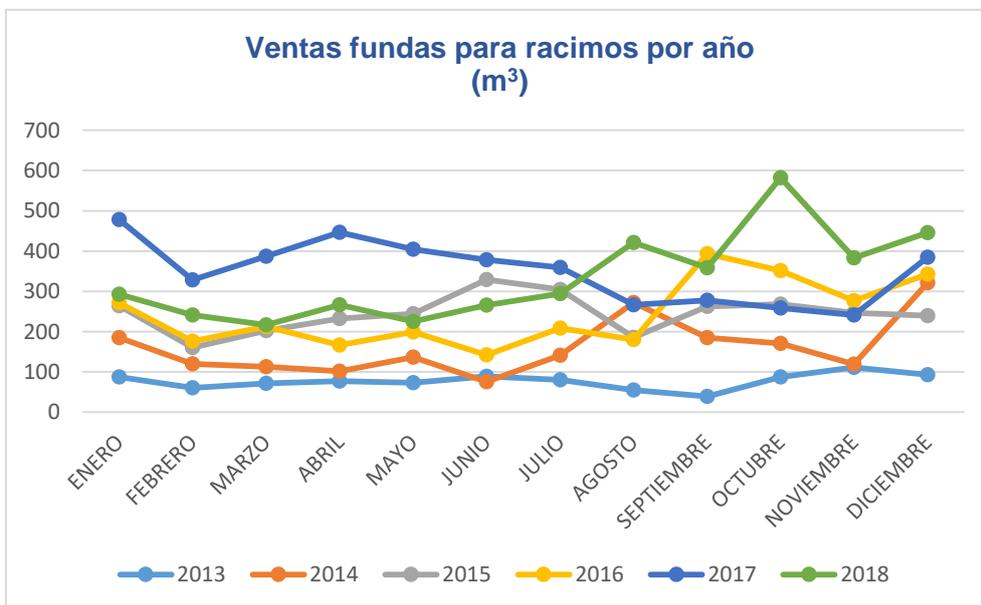
Se tomaron los registros de venta de productos de los últimos 6 años, se convirtió las ventas a m<sup>3</sup> debido a que es una medida común tanto para el transporte como para el almacenamiento. Como se puede observar en el figura 3.3, en el caso de los protectores las ventas decrecen desde el mes de junio cuando ha terminado la estación invernal y se incrementan a partir del mes de Septiembre, dado que la estación invernal empieza en Octubre. En el caso de las fundas existe una demanda más constante durante todo el año, como se puede observar en la figura 3.4. A diferencia de los protectores de racimos que pueden servir hasta por 2 años, las fundas son propensas a daños durante la manipulación de los racimos por lo que requieren ser sustituidas varias veces durante el periodo de cultivo.

**Figura 3.3: Ventas de productos de espuma por año**



*Elaborado por: La Autora*

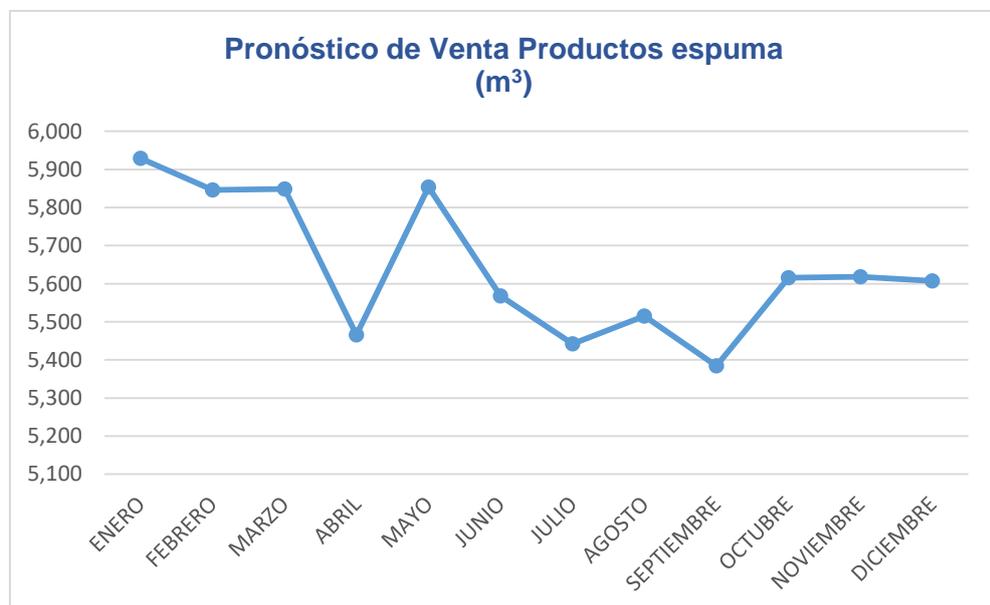
**Figura 3.4: Ventas de fundas de racimo por año**



*Elaborado por: La Autora*

Debido a que las ventas de productos de espuma se comportan de manera estacional, el cálculo del pronóstico se realizó mediante la función autoarima aplicada a 6 períodos, usando el sistema R Studio. El resultado del pronóstico de demanda por familia de productos de espuma se muestra en la figura 3.5.

**Figura 3.5: Pronóstico de Ventas mensual de productos de espuma  
año 2019**



*Elaborado por: La Autora*

El pronóstico de demanda de fundas para racimo se lo realizó mediante un modelo de pronóstico cuantitativo mediante el uso de R Studio, el resultado se presenta en la figura 3.6.

**Figura 3.6: Pronóstico de demanda de fundas para racimo 2019**



*Elaborado por: La Autora*

### **3.2.3.1 Pronóstico de venta para el año 2019 agregado por ubicación**

Para cumplir con el objeto del estudio, se agregó las ventas por ciudad, la siguiente tabla muestra los valores obtenidos del pronóstico para el año 2019.

**Tabla 3.2: Pronóstico de la demanda 2019**

CIUDAD	PRONÓSTICO DE VENTAS 2019 (m <sup>3</sup> )		
	ESPUMA	FUNDAS	TOTAL
BABA	6,171	378	6,549
BABAHOYO	2,982	171	3,153
BALAO	8,619	1300	9,919
BOLÍVAR	340	0	340
BUENA FÉ	99	0	99
DURAN	2,279	0	2,279
EL CARMEN	84	8	92
EL GUABO	1,450	3	1,452
EL TRIUNFO	1,514	30	1,544
GUAYAQUIL	4,077	7	4,084
LA MANA	467	0	467
LA TRONCAL	841	6	847
MACHALA	5,067	19	5,086
MARCELINO MARIDUEÑA	77	215	292
MILAGRO	1,372	17	1389
MOCACHE	142	74	216
NARANJAL	1,915	27	1,942
NARANJITO	1,584	1266	2,850
PASAJE	1,198	13	1,212
PUEBLOVIEJO	18,530	204	18,734
QUEVEDO	1,860	7	1,867
SANTAELENA	867	19	885
SANTAROSA	849	0	849
URDANETA	104	6	110
VENTANAS	3,239	66	3,305
VINCES	1,968	299	2,267

*Elaborado por: La Autora*

### **3.2.3.2 Inventario de seguridad**

Uno de los objetivos planteados en el rediseño de la red era el de aumentar el nivel de servicio, por lo que se determinará un inventario de seguridad basado en nivel de servicio, de esta

manera se amortigua las variaciones que pueda tener la demanda y se disminuye el impacto negativo de la falta de stock.

En el caso de los productos de la familia de espuma, se realizó un análisis de Pareto por cada ubicación, los productos que componen al 80% de las ventas se categorizan como tipo A. Como política de Inventario se considera el cálculo de un stock de seguridad para los productos A.

Los productos tipo A presentan distribución normal en los periodos de alta demanda (de enero a Mayo y de Octubre a Diciembre) a estos productos se les asigna un inventario de seguridad en base a la siguiente ecuación 3.1:

$$\text{Inventario de Seguridad} = Z * \sigma_D * \sqrt{L} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

En donde Z que es el factor de Nivel de servicio, corresponde al valor en la tabla de distribución normal para un nivel de servicio deseado de 95%.

$\sigma_D$  : Es la desviación estándar de las ventas de un producto en un período

L: es el tiempo de reabastecimiento promedio, el cuál es de 7 días

Los valores de inventario de seguridad de la familia de productos de espuma se muestran en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3: Inventario de seguridad productos de espuma**

CIUDAD	Inventario de Seguridad (m3)
BABA	929.65
BABAHOYO	389.48
BALAO	695.61
BOLÍVAR	-
BUENA FE	117.55
DURÁN	184.28
EL CARMEN	-
EL GUABO	220.56
EL TRIUNFO	331.67
GUAYAQUIL	651.94
LA MANA	43.52
LA TRONCAL	119.27
MACHALA	627.18
MARCELINO MARIDUEÑA	-
MILAGRO	105.10
MOCACHE	55.39
NARANJAL	525.47
NARANJITO	342.21
PASAJE	142.56
PUEBLOVIEJO	1,216.93
QUEVEDO	509.13
SANTA ELENA	295.51
SANTA ROSA	236.50
URDANETA	83.79
VENTANAS	774.01
VINCES	342.00
Total general	8,939.29

*Elaborado por: La Autora*

En el caso de la familia de fundas, un 40% de los ítems tienen una impresión con el nombre de la hacienda o del cliente, es decir que solo es posible vender las fundas impresa con el nombre de la hacienda a un solo cliente. Consecuentemente la política de producción es make to order para estos casos, es decir, no se

hará stock de seguridad para estos productos impresos con nombre de la hacienda o empresa. El Inventario de seguridad se lo aplica a los productos genéricos de mayor rotación, es decir, a los que no tienen impresión. El nivel de servicio deseado es del 95% y el tiempo de reabastecimiento es de 7 días. La tabla 3.4 muestra los inventarios de seguridad obtenidos para la familia de fundas.

**Tabla 3.4: Inventario de seguridad familia de fundas**

CIUDAD	Inventario de Seguridad (m3)
BABA	222.58
BABAHOYO	67.54
BALAO	555.03
BUENA FE	-
EL CARMEN	17.64
EL GUABO	3.67
EL TRIUNFO	40.98
GUAYAQUIL	-
LA MANA	-
LA TRONCAL	13.87
MACHALA	17.82
MILAGRO	7.49
MOCACHE	23.80
NARANJAL	8.69
NARANJITO	682.74
PASAJE	14.53
PUEBLOVIEJO	46.53
QUEVEDO	3.74
SANTA ELENA	5.27
URDANETA	3.48
VENTANAS	49.61
Total	1,785.02

*Elaborado por: La Autora*

### **3.2.4 Costos Logísticos**

Se clasificó los costos asociados a la red de distribución en: costos de instalación, costos de operación y en costos de transporte.

Los costos de operación constan de los gastos administrativos, consumo de agua, energía y seguridad.

Los costos de instalación se calculan a partir de las dimensiones que debe tener el centro como consecuencia de la asignación de demanda de cada centro o centros de distribución, en estos costos constan los de compra de terreno, construcción, impuestos y seguros de las instalaciones.

Los costos de transporte son los valores asociados al movimiento de los productos desde un nodo de la red hasta otro, los costos de transporte son: Costos de transporte primario y costo de transporte secundarios. Los cálculos de costos se establecieron en  $\$/\text{km}\cdot\text{m}^3$  para estandarizar en una misma medida.

#### **3.2.4.1 Cálculo de costos de operación**

Los costos de operación se categorizan en fijos y variables. Los costos fijos de operación se generan con la apertura de cada centro de distribución, en este caso son: el salario anual del Administrador y 3 auxiliares, en el cálculo del salario se incluyen el sueldo, pago de horas extras, aportes a la seguridad social, vacaciones, décimo tercer y cuarto sueldo, el detalle se puede ver en el Anexo A. Dentro de esta clasificación se incluyen además,

los gastos por uniformes, alimentación, sistemas informáticos, papelería y seguridad, los cuales son indiferentes a la cantidad de producto enviada al centro y no varían de manera significativa de ciudad a ciudad.

Los costos variables de operación son los costos que si están asociados a la cantidad asignada a un centro, en este caso, son los salarios, costos de uniforme, alimentación y consumo de agua de personal operativo de bodega debido a que la cantidad de auxiliares depende de la cantidad de material manipulado por cada centro si este es abierto.

Los costos de operación se dividen en costos fijos y costos variables. El desglose de costos fijos de operación se detalla en la tabla 3.5.

Los costos variables de operación están en función de la cantidad de producto que llega al centro de distribución y que luego es distribuido hacia el cliente. Son considerados en este rubro los costos de fumigación mensual y por consumo energía eléctrica y agua.

En la tabla 3.6 se detalla el cálculo del costo variable de operación.

**Tabla 3.5: Costos fijos de Operación**

<b>Nomina Fija de la Bodega</b>	<b>\$/año</b>	<b>49,566.42</b>
Jefe de Bodega	1096.70 \$/mes.	1,096.70
Auxiliar de bodega	1011.28 \$/mes.	3,033.84
<b>Manning Cost</b>		
	<b>\$/año</b>	<b>3,624.00</b>
Gastos de alimentación	\$ 3.00 /dia-pers	3,168.00
Uniformes	\$ 114.00 /pers.año	456.00
<b>IT</b>		
	<b>\$/año</b>	<b>1,199.98</b>
Licencias Informáticas	\$ 150.00 /año	150.00
Licencias Offices	\$ 319.99 /año	639.98
Conectividad	\$ 360.00 /año	360.00
Mantenimiento (4 puntos prom)	\$ 50.00 /año.punto	50.00
<b>Servicios de Seguridad</b>		
	<b>\$/año</b>	<b>12,135.34</b>
# de puestos de seguridad	numero	1.00
Costo por puesto de seguridad	\$ 1011/puesto	1,011.28
<b>Administración y Operaciones</b>		
	<b>\$/año</b>	<b>1,512.00</b>
Teléfonos	4.00 \$/pers.mes	4.00
Recolección de basura	20.00 \$/mes	20.00
Suministros de limpieza	0.008 \$/pers (000')	32.00
Papelería y utiles de oficina	0.015 \$/pers (000')	30.00
Permisos de funcionamiento	\$/año	480.00
<b>TOTAL COSTO FIJO</b>		<b>68037.74</b>
	<b>[\$/año]</b>	

*Elaborado por: La Autora*

**Tabla 3.6: Costos variables de Operación**

<b>Gastos Operacionales</b>	<b>Costo por unidad</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo anual</b>
Fumigación y control plagas	0.10 \$/m2	12 fumigaciones	1.20 \$/m2
Consumo de agua	0.50 \$/m3	0.15 m3/m2	2.10\$/m2
Consumo energía	0.09 \$/Kw-H	5.6 Kw-H/m2	6.48 \$/m2
<b>TOTAL</b>			<b>9.78 \$/m2</b>

*Elaborado por: La Autora*

### **3.2.4.2 Cálculo de costos de Instalación**

El costo de instalación del CD se considera variable puesto que dependerá de la cantidad de material que se manipulará en un centro abierto como consecuencia de la asignación de mercados o ciudades a cubrir por el centro de distribución; la capacidad requerida de almacenamiento volumétrico se dimensionará a partir de los inventarios promedios calculados para el centro. El costo de instalación está compuesto por el valor de compra de un metro cuadrado de terreno y de los costos de construcción calculados a partir de un promedio de valores ofertados por ciudad en la actualidad. También se consideran en estos costos el valor de los impuestos que varían según la localidad y los seguros a pagar según el tamaño de las instalaciones.

Tanto el costo de compra del terreno como la construcción del galpón están anualizados a 10 años con un interés del 10.28%.

El detalle de los costos para áreas con estructura techada se presenta en la tabla 3.7.

En la tabla 3.8 se presentan los costos para áreas no techadas.

**Tabla 3.7: Costos de Instalación por metro cuadrado techado**

COSTOS DE COMPRA Y CONSTRUCCIÓN DE BODEGA	\$/m <sup>2</sup>	BABA	BABAHoyo	BALAO	DURÁN	EL TRIUNFO	GUAYAQUIL	LA TRONCAL	MACHALA	MARCELINO MARIDUEÑA	MILAGRO	MOCACHE	NARANJITO	PUEBLOVIEJO	URDANETA	VENTANAS	VINCES
Costo Compra de terreno	\$/m <sup>2</sup>	16.67	29.99	1.90	109.63	64.33	341.42	15.59	33.84	15.66	150.34	4.06	68.75	14.24	16.63	21.57	25.73
\$/m2 techado	\$/m <sup>2</sup>	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56	380.56
Total costo de compra y construcción	\$/m <sup>2</sup>	397.23	410.55	382.46	490.19	444.89	721.98	396.15	414.40	396.22	530.90	384.62	449.31	394.80	397.19	402.13	406.29
Costo Total Compra y Construcción	\$/año	66.92	65.68	61.24	78.40	71.20	115.48	63.40	66.28	63.40	84.88	115.60	71.92	63.16	63.52	64.36	64.96
<b>Impuestos</b>	\$/Año/m2																
<b>Impuestos prediales</b>	\$/Año/m <sup>2</sup>	0.00	0.35	0.00	0.54	0.00	3.61	0.34	0.41	0.83	0.52	0.14	0.43	0.69	0.34	0.38	0.39
<b>Seguros</b>	\$/año																
Seguro sobre instalaciones	20.00% anual	13.38	13.14	12.25	15.68	14.24	23.10	12.68	13.26	12.68	16.98	23.12	14.38	12.63	12.70	12.87	12.99
<b>Costos de instalación variable por m<sup>2</sup></b>	\$/Año/m <sup>2</sup>	80.31	79.17	73.50	94.62	85.45	142.19	76.42	79.96	76.92	102.38	138.87	86.74	76.49	76.57	77.62	78.34

*Elaborado por La Autora*

**Tabla 3.8: Costos de Instalación por metro cuadrado techado**

COSTOS DE COMPRA Y CONSTRUCCIÓN DE CD	\$/m <sup>2</sup>	BABA	BABAHoyo	BALAO	DURÁN	EL TRIUNFO	GUAYAQUIL	LA TRONCAL	MACHALA	MARCELINO MARIDUEÑA	MILAGRO	MOCACHE	NARANJITO	PUEBLOVIEJO	URDANETA	VENTANAS	VINCES
Costo Compra de terreno	\$/m <sup>2</sup>	16.67	29.99	1.90	109.63	64.33	341.42	15.59	33.84	15.66	150.34	4.06	68.75	14.24	16.63	21.57	25.73
\$/m2 sin techar	\$/m <sup>2</sup>	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28
Costo Total Compra y Construcción	\$/año	37.95	51.27	23.18	130.91	85.61	362.70	36.87	55.12	36.94	171.62	25.34	90.03	35.52	37.91	42.85	47.01
Costo Total Compra y Construcción	\$/año	6.07	8.20	3.71	20.94	13.70	58.02	5.90	8.82	5.91	27.46	4.05	14.40	5.68	6.06	6.86	7.52
<b>Impuestos</b>	\$/Año/m2																
<b>Impuestos prediales</b>	\$/Año/m <sup>2</sup>	0.00	0.04	0.00	0.14	0.00	1.81	0.03	0.06	0.08	0.17	0.01	0.09	0.06	0.03	0.04	0.04
<b>Costos de instalación variable por m<sup>2</sup></b>	\$/Año/m <sup>2</sup>	6.07	8.25	3.71	21.09	13.70	59.84	5.93	8.87	5.99	27.62	4.06	14.49	5.75	6.10	6.90	7.57

*Elaborado por La Autora*

### **3.2.4.3 Cálculos de costos de transporte**

Según requerimientos de la administración de la empresa, en este estudio se considera la contratación del servicio de transporte tanto para realizar la distribución del producto a los clientes como para el transporte de producto desde la fábrica hasta el CD.

Con el objetivo de tener una referencia de los costos para negociar el costo del servicio de transporte, se calculó el costo promedio por kilómetro recorrido y metro cúbico transportado tanto para transporte secundario en camiones como para primario mediante transporte de carga pesada, a partir de este valor se podrá calcular el costo del transporte entre las ciudades de origen y destino por los kilómetros de distancia entre ellas.

#### **Costos de transporte primario**

El transporte primario son los automotores de carga pesada tipo cabezal de 1 eje, la capacidad de este transporte es menor a 20 toneladas. Este transporte está destinado a llevar productos desde la fábrica hasta los posibles centros de distribución. El cálculo de los costes secundario se consideró como un promedio de costes entre varias marcas de similares capacidades. En la tabla 3.9 se desglosa los valores considerados para el transporte primario

**Tabla 3.9: Costos de transporte primario**

COSTOS FIJOS		Promedio
<b>Costos anuales camión</b>	<b>\$/año</b>	<b>23,825.82</b>
Chasis	Compra	\$ 71,624.40
Furgón	Compra	\$ 7,750.00
(a) Chasis + Furgon	Al año [ V.U. 5 años]	\$ 23,825.82
<b>Costos operativos fijos</b>	<b>\$/año</b>	<b>\$ 46,224.41</b>
Matrícula	\$/año (2,8%)	\$ 2,005.48
Seguro	\$/año (4%)	\$ 3,174.98
Permisos de pesos y medidas	\$/año	\$ 193.03
Salarios	\$/año	\$ 37,372.51
Sueldo Gerente de Operaciones	20% Utilización	\$ 365.62
Sueldo Supervisor de rutas	Mensual	\$ 554.22
Número de supervisores		1.00
Sueldo Chofer	Mensual	\$ 1,362.67
Número de choferes		1.00
Sueldo Tripulante	Mensual	\$ 831.86
Número de choferes		1.00
Uniformes tripulación		\$ 34.64
Chaleco reflectivo, camiseta y pantalón	Anual	\$ 34.64
Mantenimiento anual		\$ 3,174.98
Mantenimiento preventivos	4% chasis + furgon	\$ 3,174.98
Baterías	2 [ V.U. 1 año]	\$ 268.80
<b>Costo Anual Fijo</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 70,050.23</b>
<b>Reccorido Esperado 2019</b>	<b>km</b>	<b>187,200.00</b>
<b>Costo Fijo</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.37</b>

COSTOS VARIABLES		Promedio
<b>Costo combustible</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.09</b>
Diesel/Gasolina	\$/gln	\$ 1.04
Combustible	km/gln	11.55
<b>Costo llantas</b>	<b>\$/km</b>	<b>0.05</b>
Llantas [6 llantas]	Compra	\$ 3,678.00
Rendimiento promedio llantas	km	80,000.00
<b>Costo aceite y filtro</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.03</b>
Aceite y Filtro	usd	\$ 150.62
Tiempo cambio	km	5,000.00
<b>Mantenimientos Correctivos</b>	<b>\$/km [ /120.000]</b>	<b>\$ 0.01</b>
Limpieza, cambio de luces, pintura, etc	0.8% Ch + Cm	635.00
<b>Peajes</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.02</b>
<b>Viáticos</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.05</b>
<b>Otros</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.01</b>
<b>Costo Variable</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.25</b>
<b>Costo Total por Km</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.63</b>
<b>Utilidad Esperada 15%</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.09</b>
<b>Tarifa</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.72</b>

Elaborado por: La Autora

**Tabla 3.10: Costos de Transporte Secundario**

COSTOS FIJOS		Costo Promedio
<b>Costos anuales camión</b>	<b>\$/año</b>	<b>\$ 23,655.42</b>
Chasis	Compra	\$ 72,306.75
Furgón	Compra	\$ 6,500.00
(a) Chasis + Furgon	al año [ V.U. 5 años]	\$ 23,655.42
<b>Costos operativos fijos</b>	<b>\$/año</b>	<b>52,873.79</b>
Matrícula	\$/año (2,8%)	\$ 2,024.59
Seguro	\$/año (4%)	\$ 3,152.27
Permisos de pesos y medidas	\$/año	\$ 190.52
Salarios	\$/año	\$45,222.43
Sueldo Gerente de Operaciones	30% Utilización	\$ 548.43
Sueldo Supervisor de rutas	Mensual	\$ 1,108.45
Número de supervisores		1.00
Sueldo Chofer	Mensual	\$ 1,279.79
Número de choferes		1.00
Sueldo Tripulante	Mensual	\$ 831.86
Número de tripulantes		1.00
Uniformes tripulación		\$ 34.64
Chaleco reflectivo, camiseta y pantalón	Anual	\$ 34.64
Mantenimiento anual		\$ 3,152.27
Mantenimiento preventivos	4% chasis + furgón	\$ 3,152.27
Baterías	2 [ V.U. 1 año]	\$ 268.80
<b>Costo Anual Fijo</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 76,529.21</b>
<b>Reccorido Esperado 2019</b>	<b>km</b>	<b>215,280.00</b>
<b>Costo Fijo [\$/Km]</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.36</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>		<b>Promedio</b>
Costo combustible	\$/km	\$ 0.07
Diesel/Gasolina	\$/gln	\$ 1.04
Combustible	km/gln	14.10
Costo llantas	\$/km	\$ 0.03
Llantas [6 llantas]	Compra	\$ 2,558.00
Rendimiento promedio llantas	km	80,000.00
Costo aceite y filtro	\$/km	\$ 0.02
Aceite y Filtro	\$	\$ 98.75
Tiempo cambio	km	5,000.00
Mantenimientos correctivos	\$/km [120.000]	\$ 0.01
Limpieza, cambio de luces, pintura, etc	0.8% Ch + Cm	630.45
Peajes	\$/km	\$ 0.02
Viáticos	\$/km	\$ 0.05
Otros	\$/km	\$ 0.01
<b>Costo Variable</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.21</b>
<b>Costo Total por Km</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.57</b>
<b>Utilidad Esperada 15%</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 0.09</b>
<b>Tarifa</b>	<b>\$/km</b>	<b>\$ 1.22</b>

Elaborado por: La Autora

### Costos de transporte secundario

El transporte secundario es realizado por camiones con capacidad de carga mayor a 5 Ton. Este tipo de transporte tiene un chasis para furgones de 6 a 8 metros de largo. En la tabla 3.10 se desglosa el cálculo del transporte secundario.

Los costos de compra del camión y furgón se anualizaron para 5 años a una tasa de interés del 11.83 % anual.

## **3.3 Desarrollo de alternativas de red de distribución**

Para empezar se debe seleccionar un tipo de red de distribución que se ajuste a los requerimientos de calidad de los clientes y a una política de reducción en los costos.

### **3.3.1 Selección de tipo de red de distribución**

Como se ha indicado, los factores de calidad principales son los de Tiempo de respuesta y disponibilidad del producto puesto que estos se consideran requisitos mínimos para concretar una venta.

La variedad del producto es un factor de poco valor para el cliente debido a que en el caso de los protectores de racimo, las diferencias entre items radican en el espesor del protector y en el material del mismo. Un producto de una medida puede ser reemplazado con otro de llegar a faltar stock.

La experiencia del cliente es un factor de importancia media porque la percepción del mismo se complementa con otros factores tales como el tiempo de entrega.

La visibilidad del pedido puede no ser siempre importante, puesto que los pedidos se entregan en periodos cortos de 1 a 5 días, por lo que el cliente no requiere dar seguimiento del pedido durante un largo tiempo.

La retornabilidad del inventario se considera de baja importancia puesto que existe una muy baja tasa de rechazo del producto por calidad, alrededor del 1,3%.

A pesar de que el desempeño del factor de disponibilidad del producto no es el mejor, una política de inventarios adecuada puede mejorar el rendimiento de este importante factor.

Los tipos de red que favorecen la optimización de costos de transporte y el tiempo de respuesta son las que incluyen centros de distribución o depots intermedios.

### **3.4 Modelaje de la red de distribución**

#### **3.4.1 Estudio de localización de zona de mayor densidad de ventas**

La red de distribución actual está compuesta por nodos de demanda y un nodo de oferta ubicado en la ciudad de Guayaquil. El diseño optimizado de la red de distribución se obtiene mediante la modelización de una nueva configuración de red con nodos intermedios o de transbordo cuya función objetivo es la minimización de costos logísticos. La solución de este modelo también determina la asignación de demanda a puntos de

distribución intermedios, aunque también permite asignar la distribución de producto desde la fábrica.

Para este estudio, la demanda fue agregada por ciudad, los costos logísticos totales consideran costos de instalación de centros de distribución, costos de operación y costos de transporte. Además, se consideran limitaciones de capacidad de la bodega actual y políticas de inventario con stock de seguridad.

Se ha optado por incluir una metodología que permita seleccionar de manera objetiva las potenciales ubicaciones a considerar en el modelo de transbordo. Esta metodología consiste en aplicar un modelo de centro de gravedad de la red actual, las coordenadas resultantes del modelo de centro de gravedad será una ubicación de referencia dado que se elegirán las ciudades más cercanas a este punto para participar como potenciales ubicaciones en el modelo de transbordo.

#### **3.4.1.1 Modelo de centro de gravedad**

El modelo de centro de gravedad se formula a continuación:

Función objetivo:

$$\text{Min } f(x) = \sum_{i=1}^n d_i D_i \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Siendo:

$x_i, y_i$ : Coordenadas de localización de un mercado o una fuente de oferta

$D_i$ : La demanda asociada a cada punto de venta.

$d_i$ : Distancia euclidiana entre cada punto de venta y la nueva instalación

La distancia euclidiana entre las coordenadas de centro de gravedad  $(x,y)$  y las fuentes de oferta o demanda  $i$ , está dada por la siguiente fórmula:

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Los datos de entrada del modelo se listan la tabla 3.12.

**Tabla 3.12: Demanda y ubicación de las fuentes de oferta y mercados**

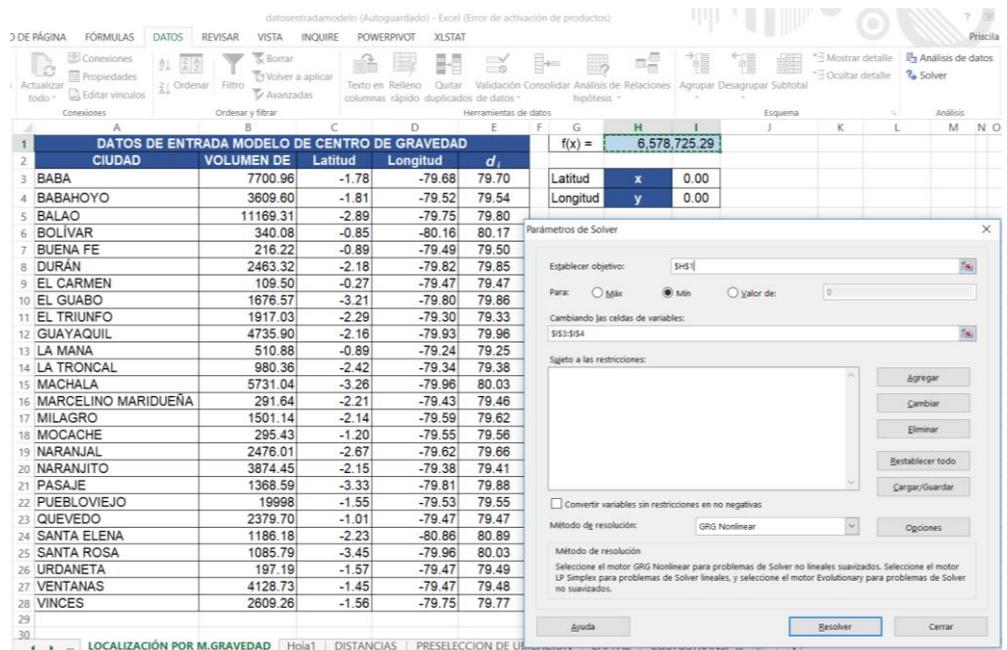
CIUDAD	VOLUMEN DE VENTAS m <sup>3</sup>	Latitud	Longitud
BABA	7700.96	-1.78	-79.68
BABAHOYO	3609.60	-1.81	-79.52
BALAO	11169.31	-2.89	-79.75
BOLÍVAR	340.08	-0.85	-80.16
BUENA FE	216.22	-0.89	-79.49
DURÁN	2463.32	-2.18	-79.82
EL CARMEN	109.50	-0.27	-79.47
EL GUABO	1676.57	-3.21	-79.80
EL TRIUNFO	1917.03	-2.29	-79.30
GUAYAQUIL	4735.90	-2.16	-79.93
LA MANA	510.88	-0.89	-79.24
LA TRONCAL	980.36	-2.42	-79.34
MACHALA	5731.04	-3.26	-79.96
MARCELINO MARIDUEÑA	291.64	-2.21	-79.43
MILAGRO	1501.14	-2.14	-79.59
MOCACHE	295.43	-1.20	-79.55
NARANJAL	2476.01	-2.67	-79.62
NARANJITO	3874.45	-2.15	-79.38
PASAJE	1368.59	-3.33	-79.81
PUEBLOVIEJO	19998	-1.55	-79.53
QUEVEDO	2379.70	-1.01	-79.47
SANTA ELENA	1186.18	-2.23	-80.86
SANTA ROSA	1085.79	-3.45	-79.96
URDANETA	197.19	-1.57	-79.47
VENTANAS	4128.73	-1.45	-79.47
VINCES	2609.26	-1.56	-79.75

*Elaborado por: La Autora*

Mediante la función de Solver de Excel se obtendrá las coordenadas del centro de distribución que minimice la función objetivo en base a las distancias euclidianas entre nodos y el aporte de la demanda. La figura 3.7 muestra el modelo en una hoja de cálculo de Excel.

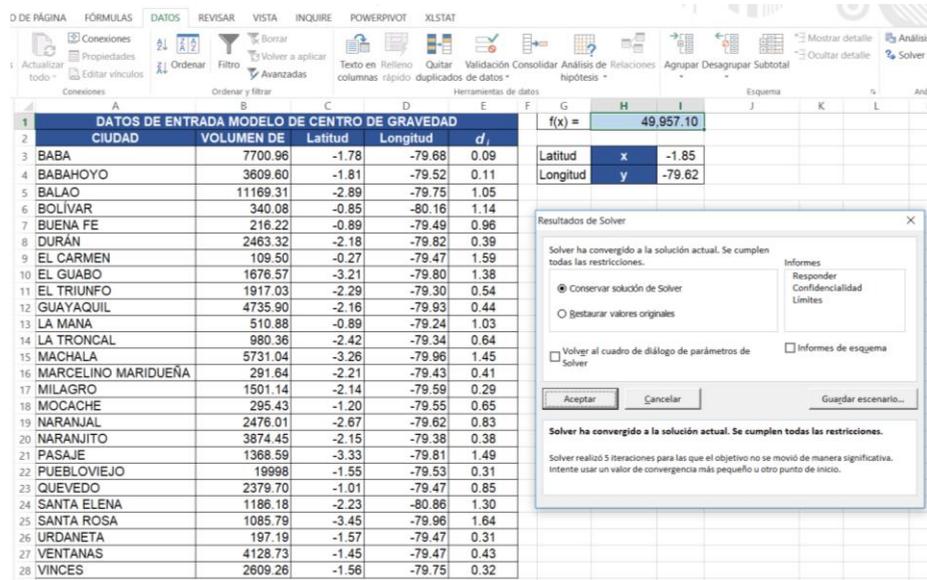
En la figura 3.9 se puede observar la ubicación obtenida en el mapa, la localidad corresponde a Pimocha una parroquia urbana del cantón Babahoyo en la provincia de Los Ríos.

**Figura 3.7: Uso de solver para optimizar la ubicación de un punto intermedio de transbordo.**



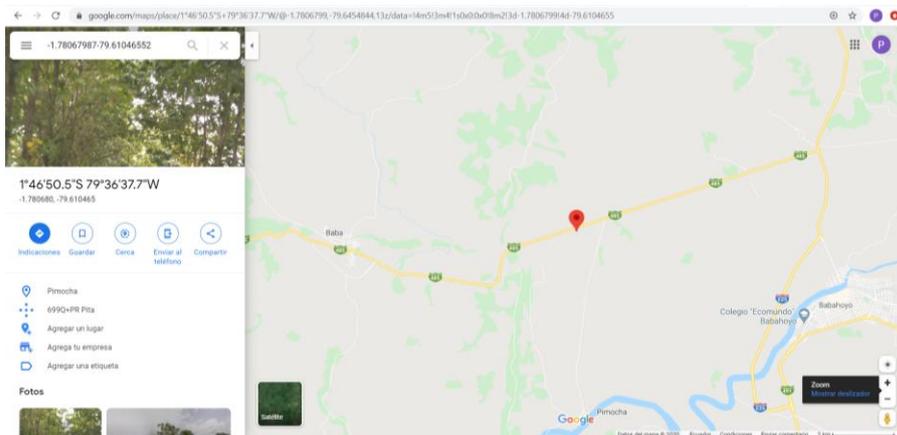
*Elaborado por: La Autora*

**Figura 3.8: Solución del modelo de centro de gravedad**



*Elaborado por: La Autora*

**Figura 3.9: Ubicación geográfica de coordenadas del centro de gravedad**



*Fuente: Google Maps*

Las distancias entre los nodos de demanda y Pimocha se presentan en la tabla 3.13.

Las distancias entre los nodos de demanda y Pimocha (Babahoyo) son obtenidas a partir de un software de desarrollo

con Bing Map. Para continuar con la metodología definida, se selecciona las ciudades cercanas a Pimocha para usarlas en el modelo de transbordo. El promedio de distancias entre Pimocha y cada punto de demanda es de 86 Km, el criterio de selección se aplica los nodos de demanda cuya distancia hasta Pimocha sea menor a 86 Km.

**Tabla 3.13: Tabla distancias al centro de gravedad –  
Mercados**

Desde	Hasta	Distancia	DEMANDA (m <sup>3</sup> )	% DEMANDA	% DEMANDA ACUMULAD A
PIMOCHA	PUEBLOVIEJO	35.52	19997.6946	24%	24%
PIMOCHA	BALAO	115.44	11169.3066	14%	38%
PIMOCHA	BABA	10.26	7700.96132	9%	47%
PIMOCHA	MACHALA	161.00	5731.04456	7%	54%
PIMOCHA	GUAYAQUIL	48.24	4735.90288	6%	60%
PIMOCHA	VENTANAS	48.16	4128.72803	5%	65%
PIMOCHA	NARANJITO	41.87	3874.45477	5%	69%
PIMOCHA	BABAHoyo	12.58	3609.6013	4%	74%
PIMOCHA	VINCES	36.47	2609.25592	3%	77%
PIMOCHA	NARANJAL	90.95	2476.00972	3%	80%
PIMOCHA	DURÁN	42.56	2463.31866	3%	83%
PIMOCHA	QUEVEDO	95.17	2379.69863	3%	86%
PIMOCHA	EL TRIUNFO	59.61	1917.03012	2%	88%
PIMOCHA	EL GUABO	152.39	1676.56938	2%	90%
PIMOCHA	MILAGRO	31.67	1501.13827	2%	92%
PIMOCHA	PASAJE	165.10	1368.58556	2%	94%
PIMOCHA	SANTA ELENA	143.85	1186.18239	1%	95%
PIMOCHA	SANTA ROSA	181.54	1085.79408	1%	96%
PIMOCHA	LA TRONCAL	70.32	980.363681	1%	98%
PIMOCHA	LA MANA	115.40	510.876187	1%	98%
PIMOCHA	BOLÍVAR	127.41	340.08401	0%	99%
PIMOCHA	MOCACHE	73.58	295.42725	0%	99%
PIMOCHA	MARCELINO M	44.39	291.639722	0%	99%
PIMOCHA	BUENA FE	107.96	216.223023	0%	100%
PIMOCHA	URDANETA	35.69	197.188256	0%	100%
PIMOCHA	EL CARMEN	177.44	109.496036	0%	100%

*Elaborado por: La Autora*

La lista de ubicaciones que cumplen con este criterio se muestra en la tabla 3.14.

**Tabla 3.14: Nodos de transbordo potenciales**

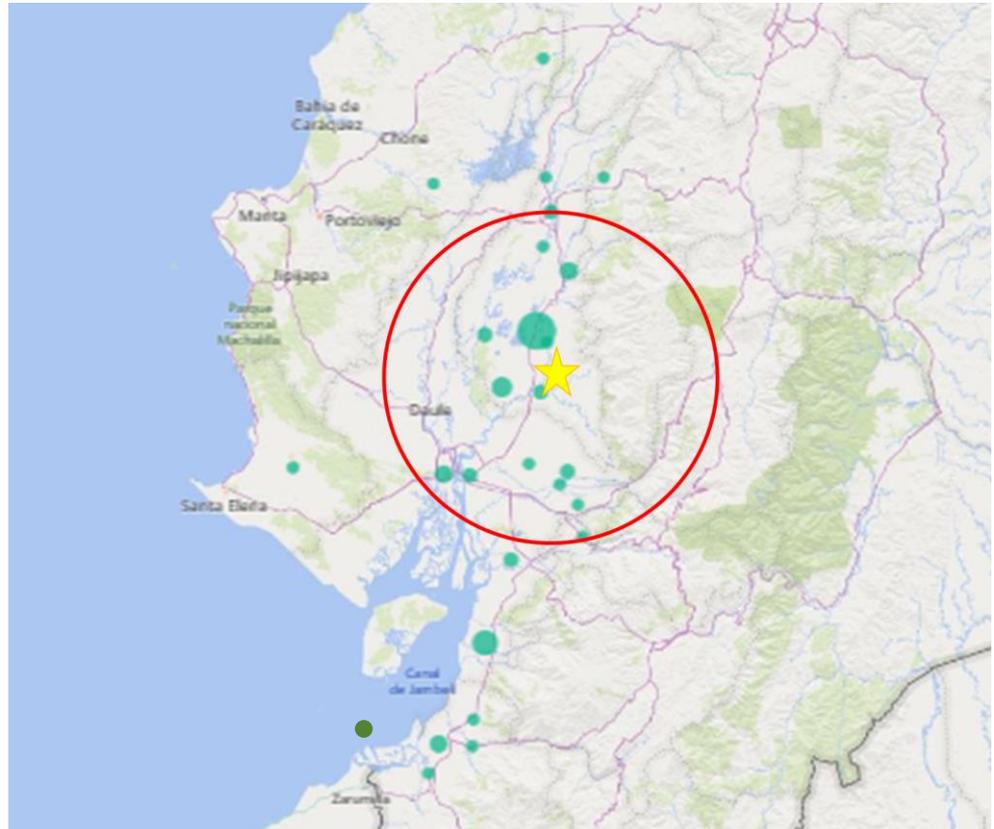
DESDE	HASTA	DISTANCIA	DEMANDA (m3)	% DEMANDA	% DEMANDA ACUMULADA
PIMOCHA	PUEBLOVIEJO	35.52	19998	24%	24%
PIMOCHA	BABA	10.26	7701	9%	34%
PIMOCHA	GUAYAQUIL	48.24	4736	6%	39%
PIMOCHA	VENTANAS	48.16	4129	5%	44%
PIMOCHA	NARANJITO	41.87	3874	5%	49%
PIMOCHA	BABAHOYO	12.58	3610	4%	53%
PIMOCHA	VINCES	36.47	2609	3%	57%
PIMOCHA	DURÁN	42.56	2463	3%	60%
PIMOCHA	EL TRIUNFO	59.61	1917	2%	62%
PIMOCHA	MILAGRO	31.67	1501	2%	64%
PIMOCHA	LA TRONCAL	70.32	980	1%	65%
PIMOCHA	MOCACHE	73.58	295	0%	65%
PIMOCHA	MARCELINO MARIDUEÑA	44.39	292	0%	66%
PIMOCHA	URDANETA	35.69	197	0%	66%

*Elaborada por: Autora*

Como se puede observar en la tabla 3.14, las ubicaciones seleccionadas agrupan el 66% de la demanda, lo que es consistente con el objetivo del método.

Como podemos observar en la figura se muestra la densidad de la demanda por ubicación y el radio de selección aplicado. Se puede observar que el modelo seleccionó ciudades ubicadas en las provincias del Guayas y Los Ríos.

**Figura 3.10: Radio de selección de ubicaciones de puntos de transbordo**



*Fuente: Bing Maps*

Analizando estos resultados encontramos que existen 3 nodos de alta y media demanda que no serían considerados bajo el criterio de cercanía definido, Balao con el 14% de demanda, Machala con el 7% y Naranjal con el 3% de la demanda.

**Tabla 3.15 Ciudades excluidas como nodos de transbordo**

Desde	Hasta	Distancia	DEMANDA (m <sup>3</sup> )	% DEMANDA
PIMOCHA	BALAO	115.44	11,169	14%
PIMOCHA	MACHALA	161	5,731	7%
PIMOCHA	NARANJAL	90.95	2,476	3%

*Elaborado por: La Autora*

En el mapa se puede observar que la ciudad de Balao, Machala y Naranjal se encuentran al sur del radio de selección, visualmente se encuentran como puntos dispersos de la zona donde se concentra la demanda. La función objetivo  $f(x)$  es proporcional al costo de transporte, para calcular el impacto de colocar el centro de distribución en las ciudades excluidas, se calculó la  $f(x)$  con las coordenadas de Balao, Machala y Naranjal. Los resultados se presentan en la tabla 3.16:

**Tabla 3.16: Comparación del impacto en la función de costo ciudades excluidas**

CIUDAD	$f(x)$	% DE VARIACIÓN $f(x)$ CON RESPECTO A CENTRO DE GRAVEDAD
BABAHOYO	49,957	
BALAO	75,143	150%
MACHALA	101,073	202%
NARANJAL	67,163	134%

*Elaborado por: La Autora*

Como se puede observar, existen diferencias de al menos 34% sobre los costos de transporte con respecto al centro de gravedad encontrado. En el caso de Balao que es el cantón de mayor demanda de los 3 cantones excluidos, existe un impacto en el costo de transporte del 50% por lo que se lo excluye del modelo.

Colocar el CD en el cantón Machala duplicaría el costo de transporte por su ubicación, su participación del mercado del 7% es baja y los costos de instalación son 20% mayor a la media. En consecuencia, se lo excluye del modelo de transbordo. En el caso de Naranjal, el impacto en el costo es del 34% y su bajo porcentaje de participación de mercado lo descalifica como potencial centro de distribución.

### **3.4.2 Datos de entrada**

#### **3.4.2.1 Nodos intermedios potenciales**

Acorde al resultado obtenido en el 3.4.1.1, los nodos intermedios de transbordo se podrían ubicar en las siguientes ciudades: Baba, Babahoyo, Durán, El Triunfo, Guayaquil, La Troncal, Marcelino Maridueña, Milagro, Mocache, Naranjito, Pueblo Viejo, Urdaneta, Ventanas y Vinces.

#### **3.4.2.2 Demanda**

La demanda total corresponde al pronóstico de venta y el inventario de seguridad.

**Tabla 3.17: Demanda 2019 Agregada por Ciudad**

<b>CIUDAD</b>	<b>DEMANDA (m<sup>3</sup>)</b>
BABA	7,636
BABAHOYO	3,609
BALAO	10,898
BOLÍVAR	340
BUENA FE	216
DURÁN	2,463
EL CARMEN	107
EL GUABO	1,677
EL TRIUNFO	1,904
GUAYAQUIL	4,736
LA MANA	511
LA TRONCAL	980
MACHALA	5,724
MARCELINO MARIDUEÑA	292
MILAGRO	1,501
MOCACHE	295
NARANJAL	2,473
NARANJITO	3,617
PASAJE	1,369
PUEBLOVIEJO	19,974
QUEVEDO	2,380
SANTA ELENA	1,186
SANTA ROSA	1,086
URDANETA	197
VENTANAS	4,122
VINCES	2,609
<b>TOTAL</b>	<b>81902</b>

Dado que las necesidades de espacio son diferentes para los productos de espuma y fundas, se separan las demandas de cada ubicación con el fin de definir el área requerida para cada familia de producto. Los porcentajes de la demanda de cada ubicación se muestran en la tabla 3.18.

**Tabla 3.18: % de Demanda por familia de productos**

CIUDAD	DEMANDA (m <sup>3</sup> )	DEMANDA ESPUMA (m <sup>3</sup> )	% DEMANDA ESPUMA	DEMANDA FUNDA (m <sup>3</sup> )	% DEMANDA FUNDA
BABA	7,636	7,101	93%	535	7%
BABAHOYO	3,609	3,371	93%	238	7%
BALAO	10,898	9,314	85%	1,584	15%
BOLÍVAR	340	340	100%	-	0%
BUENA FE	216	216	100%	-	0%
DURÁN	2,463	2,463	100%	-	0%
EL CARMEN	107	84	79%	23	21%
EL GUABO	1,677	1,670	100%	6	0%
EL TRIUNFO	1,904	1,846	97%	57	3%
GUAYAQUIL	4,736	4,729	100%	7	0%
LA MANA	511	511	100%	-	0%
LA TRONCAL	980	961	98%	20	2%
MACHALA	5,724	5,694	99%	30	1%
MARCELINO MARIDUEÑA	292	77	26%	215	74%
MILAGRO	1,501	1,477	98%	24	2%
MOCACHE	295	198	67%	98	33%
NARANJAL	2,473	2,440	99%	33	1%
NARANJITO	3,617	1,926	53%	1,691	47%
PASAJE	1,369	1,341	98%	28	2%
PUEBLOVIEJO	19,974	19,747	99%	227	1%
QUEVEDO	2,380	2,369	100%	11	0%
SANTA ELENA	1,186	1,162	98%	24	2%
SANTA ROSA	1,086	1,086	100%	-	0%
URDANETA	197	188	95%	9	5%
VENTANAS	4,122	4,013	97%	109	3%
VINCES	2,609	2,310	89%	299	11%
<b>TOTAL</b>	<b>81902</b>	<b>76,633</b>		<b>5,269</b>	

*Elaborado por: La Autora*

### 3.4.2.3 Oferta de Producción

La oferta de productos por familia se tabula en la tabla 3.19.

**Tabla 3.19: Oferta de Producción**

TIPO	CAPACIDAD ANUAL	
	UNIDADES	m <sup>3</sup>
ESPUMA	132,787,200	110,000
FUNDAS	124,800,000	15,003

*Elaborado por: La Autora*

### 3.4.2.4 Costos Logísticos

#### Costos de Instalación

Los costos de instalación fueron calculados considerando la compra de terreno y costos de construcción. El valor total de la inversión se lo anualizó con un interés del 11% dado que se considera una compra por medio de un préstamo hipotecario a 5 años plazo.

El costo está dado en dólares por metro cúbico, el costo total de instalación se calcula multiplicando el costo correspondiente a la ciudad asignada como nodo de transbordo por los metros cúbicos requeridos para el almacenamiento y distribución del centro de distribución.

**Tabla 3.20: Costos de Instalación por ubicación**

CIUDAD	COSTO INST.	COSTO INST. NO
BABA	80.31	6.07
BABAHOYO	79.17	8.20
DURAN	94.62	20.94
ELTRIUNFO	85.45	13.70
GUAYAQUIL	142.19	58.02
LATRONCAL	76.42	5.90
MARCELINOMARIDUENA	76.92	5.91
MILAGRO	102.38	27.46
MOCACHE	138.87	4.05
NARANJITO	86.74	14.40
PUEBLOVIEJO	76.49	5.68
URDANETA	76.57	6.06
VENTANAS	77.62	6.86
VINCES	78.34	7.52

*Elaborado por: La Autora*

El dimensionamiento del centro se lo calcula en base al inventario promedio que manejará el centro. El inventario promedio es proporcional al volumen de demanda asignada al centro, se considera que el centro de distribución será abastecido desde la fábrica 4 veces por mes.

#### Costos de Operación

El costo fijo de operación considera los costos asociados a los salarios de un Administrador más 3 auxiliares y los gastos administrativos. Como se indicó en la sección 3.2.4.1, las diferencias de los costos de esta clasificación no se diferencian significativamente de ciudad en ciudad, por lo que el costo fijo de operación se considera igual en cualquier ubicación.

**Tabla 3.21: Costo fijo de Operación**

CIUDAD	COSTO (\$)
BABA	68,038
BABAHOYO	68,038
DURÁN	68,038
EL TRIUNFO	68,038
GUAYAQUIL	68,038
LA TRONCAL	68,038
MARCELINO MARIDUEÑA	68,038
MILAGRO	68,038
MOCACHE	68,038
NARANJITO	68,038
PUEBLOVIEJO	68,038
URDANETA	68,038
VENTANAS	68,038
VINCES	68,038

*Elaborado por: La Autora*

### Costo variable de Operación

El costo variable de Operación se muestra en la tabla 3.22.

**Tabla 3.22: Costo variable de Operación por metro cúbico**

Gastos Operacionales	Costo por unidad	Consumo	Costo anual
Fumigación y control plagas	0.10 \$/m <sup>2</sup>	1 / m <sup>2</sup>	1.20 \$/m <sup>2</sup>
Consumo de agua	0.50 \$/m <sup>3</sup>	0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	2.10\$/m <sup>2</sup>
Consumo energía	0.09 \$/Kw-H	5.6 Kw-H/m <sup>2</sup>	6.48 \$/m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>			<b>9.78 \$/m<sup>2</sup></b>

*Elaborado por: La Autora*

### Costos de Transporte

Los costos de transporte primario desde la fábrica hasta los potenciales centros de distribución se muestran en la tabla 3.23.

**Tabla 3.23: Costos de transporte primario Fábrica – Centro de distribución potenciales**

CIUDAD	Tarifa variable (\$/km)	Tarifa Fija (\$)	Capacidad de Transporte por cabezal m <sup>3</sup>	Distancia Fábrica-CD (km)	Costo (\$/m <sup>3</sup> )
BABA	0.72	30	76.4	50	0.86
BABAHOYO	0.72	30	76.4	60	0.96
DURÁN	0.72	30	76.4	26	0.64
EL TRIUNFO	0.72	30	76.4	71	1.06
GUAYAQUIL	0.72	30	76.4	29	0.67
LA TRONCAL	0.72	30	76.4	72	1.07
MARCELINO MARIDUEÑA	0.72	30	76.4	55	0.91
MILAGRO	0.72	30	76.4	37	0.75
MOCACHE	0.72	30	76.4	115	1.48
NARANJITO	0.72	30	76.4	60	0.96
PUEBLOVIEJO	0.72	30	76.4	81	1.16
URDANETA	0.72	30	76.4	83	1.17
VENTANAS	0.72	30	76.4	94	1.28
VINCES	0.72	30	76.4	70	1.05

Los costos de transporte secundario

La tarifa de transporte secundario indicada en la tabla 3.10 de la sección 3.2.4.3 es de \$1.22. Para calcular el factor de costo por unidades volumétricas se divide esta tarifa para la capacidad del camión.

**Tabla 3.24: Cálculo de factor de costo de transporte**

CONVERSIÓN DE UNIDADES DE COSTO	
Tarifa transporte \$/Km	1.22
Capacidad de Camión (m <sup>3</sup> )	32
Factor de costo de transporte (\$/km.m <sup>3</sup> )	0.04

*Elaborado por: La Autora*

El factor de costo se multiplica por las distancias entre dos nodos de la red para obtener el costo de transporte de un metro cúbico de producto. Las distancias en kilómetros entre los nodos considerados en la red se muestran en la tabla 3.25.

**Tabla 3.25: Tabla de distancias entre nodos**

CIUDAD	BABA	BABAHOYO	DURÁN	EL TRIUNFO	GUAYAQUIL	LA TRONCAL	MARCELINO MARIDUEÑA	MILAGRO	MOCACHE	NARANJITO	PUEBLOVIEJO
BABA	0	18	47	70	79	80	54	41	67	52	31
BABAHOYO	18	0	53	58	72	71	45	38	68	41	29
BALAO	123	123	78	83	128	69	83	85	189	91	151
BOLIVAR	117	129	153	187	148	198	172	157	79	169	105
BUENAFE	101	102	148	156	199	171	146	139	34	140	73
DURAN	47	53	0	59	26	59	43	26	114	48	77
ELCARMEN	170	171	217	225	314	240	216	209	104	210	143
ELGUABO	160	159	115	117	168	102	119	122	226	127	188
ELTRIUNFO	70	58	59	0	71	16	17	36	124	18	86
GUAYAQUIL	50	60	13	71	10	72	55	37	115	60	81
LAMANA	111	107	157	156	208	171	148	144	48	141	80
LATRONCAL	80	71	59	16	82	0	26	42	138	31	100
MACHALA	167	169	121	131	183	116	131	131	234	139	196
MARCELINOMARIDUENA	54	45	43	17	60	26	0	19	113	8	74
MILAGRO	41	38	26	36	37	42	19	0	105	23	66
MOCACHE	67	68	114	124	115	138	113	105	0	108	39
NARANJAL	99	97	59	56	67	42	56	59	164	64	125
NARANJITO	52	41	48	18	60	31	8	23	108	0	69
PASAJE	172	172	127	129	131	113	131	134	239	139	200
PUEBLOVIEJO	31	29	77	86	107	100	74	66	39	69	0
QUEVEDO	89	89	136	143	137	157	133	126	22	127	60
SANTAELENA	140	156	116	173	104	170	159	141	185	164	166
SANTAROSA	188	189	142	149	144	134	150	152	255	158	217
URDANETA	33	27	78	82	83	96	71	65	42	65	7
VENTANAS	44	40	90	95	94	109	84	78	30	78	13
VINCES	27	38	70	96	70	107	81	67	46	78	25

*Elaborado por: La Autora*

**Tabla 3.26: Costos de transporte Secundario Fábrica –  
Cliente**

<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>COSTOS DE TRANSPORTE FÁBRICA - CLIENTE (\$/m<sup>3</sup>)</b>
GUAYAQUIL	BABA	3.00
GUAYAQUIL	BABAHOYO	2.73
GUAYAQUIL	BALAO	4.86
GUAYAQUIL	BOLÍVAR	5.63
GUAYAQUIL	BUENAFÉ	7.56
GUAYAQUIL	DURÁN	0.99
GUAYAQUIL	EL CARMEN	11.92
GUAYAQUIL	EL GUABO	6.38
GUAYAQUIL	EL TRIUNFO	2.71
GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	0.38
GUAYAQUIL	LA MANA	7.90
GUAYAQUIL	LA TRONCAL	3.11
GUAYAQUIL	MACHALA	6.95
GUAYAQUIL	MARCELINOMARIDU	2.28
GUAYAQUIL	MILAGRO	1.42
GUAYAQUIL	MOCACHE	4.37
GUAYAQUIL	NARANJAL	2.53
GUAYAQUIL	NARANJITO	2.29
GUAYAQUIL	PASAJE	4.96
GUAYAQUIL	PUEBLOVIEJO	4.06
GUAYAQUIL	QUEVEDO	5.22
GUAYAQUIL	SANTA ELENA	3.94
GUAYAQUIL	SANTA ROSA	5.46
GUAYAQUIL	URDANETA	3.15
GUAYAQUIL	VENTANAS	3.57
GUAYAQUIL	VINCES	2.65

*Elaborado por: La Autora*

En la tabla 3.27 se muestran los costos entre los centros de distribución posibles y los clientes.

**Tabla 3.27: Costos de transporte secundario entre potenciales CD – Clientes**

DESTINO/ORIGEN	BABA	BABAHOYO	DURÁN	EL TRIUNFO	GUAYAQUIL	LA TRONCAL	MARCELINO MARIDUEÑA	MILAGRO	MOCACHE	NARANJITO	PUEBLOVIEJO	URDANETA	VENTANAS	VINCES
BABA	0.00	0.69	1.78	2.65	3.00	3.05	2.07	1.54	2.54	1.98	1.63	1.26	1.67	1.02
BABAHOYO	0.69	0.00	2.03	2.22	2.73	2.70	1.73	1.43	2.58	1.55	1.10	1.02	1.53	1.46
BALAO	4.66	4.65	2.98	3.16	4.86	2.61	3.16	3.22	7.18	3.46	5.72	5.68	6.18	5.61
BOLÍVAR	4.46	4.89	5.82	7.09	5.63	7.51	6.52	5.96	2.98	6.41	3.99	4.23	3.89	3.46
BUENAFÉ	3.85	3.87	5.62	5.94	7.56	6.49	5.56	5.28	1.31	5.33	2.77	2.86	2.35	3.01
DURÁN	1.78	2.03	0.00	2.23	0.99	2.26	1.63	0.97	4.31	1.83	2.94	2.97	3.43	2.66
EL CARMEN	6.47	6.51	8.22	8.56	11.92	9.12	8.20	7.92	3.94	7.96	5.42	5.50	4.99	5.57
EL GUABO	6.06	6.06	4.36	4.45	6.38	3.86	4.52	4.62	8.58	4.82	7.12	7.08	7.58	7.00
EL TRIUNFO	2.65	2.22	2.23	0.00	2.71	0.60	0.65	1.38	4.72	0.68	3.27	3.11	3.60	3.63
GUAYAQUIL	1.90	2.29	0.48	2.71	0.38	2.72	2.10	1.42	4.37	2.29	3.08	3.15	3.57	2.65
LA MANA	4.21	4.05	5.98	5.91	7.90	6.50	5.63	5.48	1.84	5.37	3.04	3.04	2.55	3.54
LA TRONCAL	3.05	2.70	2.26	0.60	3.11	0.00	0.99	1.60	5.25	1.17	3.78	3.64	4.15	4.05
MACHALA	6.35	6.42	4.60	4.98	6.95	4.41	4.98	4.99	8.89	5.29	7.46	7.44	7.93	7.26
MARCELINO MARIDUEÑA	2.07	1.73	1.63	0.65	2.28	0.99	0.00	0.74	4.30	0.32	2.82	2.70	3.21	3.07
MILAGRO	1.54	1.43	0.97	1.38	1.42	1.60	0.74	0.00	3.98	0.88	2.51	2.45	2.96	2.55
MOCACHE	2.54	2.58	4.31	4.72	4.37	5.25	4.30	3.98	0.00	4.09	1.48	1.61	1.12	1.74
NARANJAL	3.76	3.68	2.24	2.12	2.53	1.58	2.11	2.26	6.24	2.42	4.77	4.70	5.21	4.75
NARANJITO	1.98	1.55	1.83	0.68	2.29	1.17	0.32	0.88	4.09	0.00	2.62	2.48	2.98	2.95
PASAJE	6.54	6.53	4.84	4.89	4.96	4.30	4.98	5.10	9.06	5.28	7.61	7.56	8.06	7.49
PUEBLOVIEJO	1.18	1.10	2.94	3.27	4.06	3.78	2.82	2.51	1.48	2.62	0.00	0.27	0.50	0.93
QUEVEDO	3.38	3.36	5.15	5.42	5.22	5.98	5.05	4.78	0.85	4.82	2.28	2.35	1.84	2.59
SANTA ELENA	5.32	5.94	4.40	6.58	3.94	6.46	6.02	5.36	7.03	6.23	6.29	6.48	6.73	5.46
SANTA ROSA	7.14	7.19	5.39	5.66	5.46	5.07	5.70	5.76	9.68	6.01	8.24	8.21	8.71	8.05
URDANETA	1.26	1.02	2.97	3.11	3.15	3.64	2.70	2.45	1.61	2.48	0.27	0.00	0.51	1.19
VENTANAS	1.67	1.53	3.43	3.60	3.57	4.15	3.21	2.96	1.12	2.98	0.50	0.51	0.00	1.28
VINCES	1.02	1.46	2.66	3.63	2.65	4.05	3.07	2.55	1.74	2.95	0.93	1.19	1.28	0.00

*Elaborado por: La Autora*

### 3.4.2.5 Factor de Área de almacenamiento

El cálculo del factor del área de almacenamiento requerido se hace por medio de la formulación de Saldarriaga:

$$\text{Necesidad de área} = \left( \frac{D}{F_e} \right) * A_e * F_p \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

Siendo:

$D$ : Cantidad a almacenar (unidades)

$F_e$ : Factor de estiba (unidades/pallet)

$F_h$ : Factor de altura (adimensional)

$A_e$ : Área de estiba (m<sup>2</sup>/pallet)

$F_p$ : Factor de Pasillo (%)

Factor de estiba  $F_e$ : Cantidad de producto que se pueden colocar en una unidad de estiba (pallet generalmente)

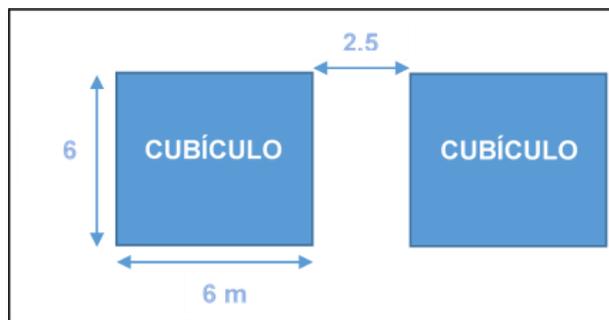
Factor de altura  $F_h$ : Es el número de niveles que tiene la estantería.

Factor de pasillo  $F_p$ : Este factor hace referencia a la cantidad del área adicional que se debe reservar para cubrir las necesidades de pasillo. Este factor está en función del sistema de estanterías o al sistema de manejo de mercancías que se esté utilizando. El factor de pasillo se calcula por medio del siguiente cálculo

$$F_p = 1 + \frac{\text{Ancho de pasillo}}{\text{Número de estanterías} \times \text{ancho de estanterías} + \text{ancho de pasillo}} \quad \text{Ecuación (3.5)}$$

La figura 3.10 muestra las dimensiones de los cubículos y del pasillo que tendría el área de almacenamiento de productos de espuma, esta distribución se usa en la bodega actual.

**Figura 3.11: Dimensiones de cubículos y pasillo de bodega de espuma**



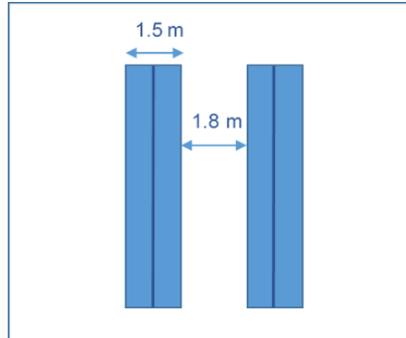
*Elaborado por: La Autora*

Aplicando a la fórmula de factor de pasillo para factor de pasillo:

$$F_p = 1 + \frac{2.5 \text{ m}}{2 \times 6 + 2.5} = 1.17 \%$$

En el caso de las fundas el almacenamiento es en estanterías con la siguiente disposición:

**Figura 3.12: Dimensiones de estanterías y pasillo de bodega de fundas**



*Elaborado por: La Autora*

$$F_p = 1 + \frac{1.8 \text{ m}}{4 \cdot 0.6 + 1.8} = 1.43 \%$$

La necesidad de área está dada en función de la cantidad de unidades que se requiere almacenar  $D$ . En consecuencia, la necesidad de área quedará expresada de la siguiente manera:

Necesidad de área =  $D$  \* Factor de área de almacenamiento

El valor de  $D$  es el inventario promedio asignado al centro, este se obtiene al resolver el modelo.

Para el cálculo del factor de área de almacenamiento se considera sistema de almacenamiento en bloques para productos espuma y en estanterías para las fundas.

Los productos de espuma se almacenan en cubículos de 6 m x 6 m y son apilados en columnas de 13 unidades. Un paquete de

producto de espuma tiene un volumen de  $0.375 \text{ m}^3$  y ocupa un área de  $0.75 \text{ m}^2$ .

Aplicando la fórmula (3.4) de Necesidad de área:

$$\text{Necesidad de área espuma} = \left( \frac{D}{\frac{0.375}{13}} \right) * 0.75 * 1.17 =$$

$$\mathbf{0.18 * D}$$

El factor de área es  $0.18 \text{ m}^2/\text{unidad de demanda}$ .

En el caso de las fundas, estas se almacenan en estanterías de doble profundidad de  $0.75 \text{ m}$  de ancho, en una bodega cuyos pasillos son de  $1.8 \text{ m}$  de ancho. Los paquetes de fundas, cada paquete ocupa un área de un área de  $0.26$ , en las estanterías se pueden colocar 2 paquetes de fundas  $0.04 \text{ m}^3$  sobre el área de  $0.26$ .

La estanterías tienen tres niveles, la distancia entrepaño es de  $0.5 \text{ m}$ .

$$F_e = 2 * 0.04 \text{ m}^3 = 0.08 \text{ m}^3$$

$$F_h = 3 \text{ niveles}$$

$$A_e = 0.26 \text{ m}^2$$

$$F_p = 1.43$$

$$\text{Necesidad de área} = \left( \frac{D}{\frac{0.08}{3}} \right) * 0.26 * 1.43 = 1.55 * D$$

El factor de área para fundas será: 1.55 m<sup>2</sup>/unidad de demanda.

### 3.4.2.6 Áreas Fijas del CD

Adicionales a las áreas de almacenamiento, se deben considerar las áreas para las operaciones normales del CD como son la recepción y despacho de mercaderías, alistamiento de pedidos y una oficina administrativa. Además se debe considerar los costos por adecuación de pisos para patio de maniobras.

Los costos de infraestructura techada difieren en costo de adecuación de las áreas a la intemperie.

**Tabla 3.28: Áreas adicionales del CD**

ÁREAS FIJAS DEL CD	ÁREA m <sup>2</sup>
CUBIERTO	57
OFICINA DE JEFE DE BODEGA	9
ALISTAMIENTO DE PEDIDOS	16
ARRIBO	16
DESPACHO	16
NO CUBIERTO	195
PATIO DE MANIOBRAS	195
TOTAL AREA DE CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	252

*Elaborado por: La Autora*

### 3.4.3 Modelo de trasbordo

La solución del modelo matemático propuesto determina la estructura de la red de distribución, para esto, se adaptó el modelo de trasbordo discreto no capacitado que consta de 3 niveles: fábrica, centros de distribución y puntos de venta.

#### Características del modelo

- El modelo de la red de distribución considera la fábrica como nodo de oferta, los nodos intermedios candidatos a pertenecer a la red son las localidades seleccionadas en la sección 3.4.1.1 y los nodos de demanda son los mercados a abastecer.
- El modelo asignará cada mercado a una sola fuente de abastecimiento, esta puede ser, la fábrica o un centro de distribución abierto
- La función objetivo minimiza el costo logístico total de la red. El costo logístico total son los costos de instalación, operación y transporte.
- El área de almacenaje varía en función de la demanda de los mercados asignados al centro. El factor de necesidad de área es 0.00034.
- El inventario promedio se calcula considerando una rotación anual de 24.

## Formulación matemática del modelo de transbordo

### Índices:

$i$ : Fábrica (1,2...n)

$j$ : Almacenes (1,2...m)

$k$ : Clientes (1,2...l)

### Datos:

DEMANDA $_k$  = Demanda del cliente  $k$

DE $_k$  = % De demanda de productos de espuma del cliente  $k$

DF $_k$  = % De demanda de fundas del cliente  $k$

COSTOFLETE1 $_{ij}$  = Costo de enviar producto de la fábrica  $i$  hasta el almacén  $j$

COSTOFLETE2 $_{jk}$  = Costo de enviar producto del almacén  $j$  al cliente  $k$

COSTOFLETE3 $_{ik}$  = Costo de transporte de enviar producto de la fábrica  $i$  hasta el cliente  $k$

COSTOINST $_j$  = Costo de instalación en almacén  $j$

COSTOINSTNT $_j$  = Costos de instalación para áreas no techadas en  $j$

COSTOOPERACION $_j$  = Costos Fijos de Operación de almacén  $j$

CAPFAB $_i$  = Capacidad de producción de la fábrica  $i$

CAPBOD = Capacidad de almacén actual

FAE = Factor de necesidades de área productos de espuma

FAF = Factor de necesidades de área para fundas

AC = Áreas cubiertas fijas

ANC = Áreas no cubiertas fijas

CVOP = Costo variable de operación

**Variables:**

$X_{ij}$  = Cantidad de producto a enviar desde fábrica  $i$  hasta almacén  $j$  en período  $p$

$Y_{jk}$  = Cantidad de producto a enviar desde almacén  $j$  hasta cliente  $k$  en período  $p$

$W_{ik}$  = Cantidad de producto a enviar desde fábrica  $i$  hasta cliente  $k$  en período  $p$

$B_j$  = Variable binaria  $B_j$

$\begin{cases} 1 & \text{Si se abre centro de distribución en ubicación } j \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$

AREACDE = Área necesaria para almacenar productos de espuma

AREACDF = Área necesaria para almacenar productos de espuma

AREAALM = Área de almacenaje total

AREACD = Área total del CD

PDE = Demanda de productos de espuma asignados a CD

PDF = Demanda de productos de funda asignados a CD

*Función Objetivo*

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z = & \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^m \text{COSTOFLETE1}_{ij} * X_{ij} + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \text{COSTOFLETE2}_{jk} * Y_{jk} \\
 & + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^l \text{COSTOFLETE3}_{ik} * W_{ik} \\
 & + \sum_{j=1}^m \text{COSTOOPERACION}_j * B_j + \text{CVOP} * \text{AREAALM} \\
 & + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m Y_{jk} * DE_k * \text{COSTOINST}_j * \text{FAE} * \frac{1}{48} \\
 & + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m Y_{jk} * DF_k * \text{COSTOINST}_j * \text{FAF} * \frac{1}{48} + \sum_{j=1}^m B_j * AC \\
 & * \text{COSTOINST}_j + \sum_{j=1}^m B_j * \text{ANC} * \text{COSTOINSTNT}_j
 \end{aligned}$$

*Sujeto a:*

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} - \sum_{k=1}^l Y_{jk} > 0 \quad \forall j=1, \dots, m \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n W_{ik} + \sum_{j=1}^m Y_{jk} = DEMANDA_k \quad \forall k=1, \dots, l \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^l W_{ik} + \sum_{j=1}^m X_{ij} < CAPFAB_i \quad \forall i=1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} < MB_j \quad \forall j=1, \dots, m \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n W_{ik} * \frac{1}{48} < CAPBOD \quad \forall i=1, \dots, n; \forall k=1, \dots, l \quad (5)$$

$$AREACDF = \frac{1}{48} * FAF * \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m Y_{jk} * DF_k \quad \forall j=1, \dots, m; \forall k=1, \dots, l \quad (6)$$

$$AREACDE = \frac{1}{48} * FAE * \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m Y_{jk} * DE_k \quad \forall j=1, \dots, m; \forall k=1, \dots, l \quad (7)$$

$$AREAALM = AREACDF + AREACDE \quad (8)$$

$$AREACD = AREAALM + AC + ANC \quad (9)$$

$$X_{ij}, Y_{jk}, W_{ik} \geq 0 \quad (10)$$

$$B_j \in \{0,1\} \quad (11)$$

La restricción (1) es de balance de cantidades y establece que la cantidad enviada desde un almacén no puede ser mayor a la recibida desde la fábrica.

La restricción (2) establece que las cantidades que son enviadas a un cliente, ya sea desde la fábrica como desde los centros de distribución, deben satisfacer la demanda.

La restricción (3) especifica que la cantidad que es enviada a los clientes y al centro de distribución, no debe exceder la capacidad de la fábrica.

La restricción (4) establece que solo se puede enviar material a un almacén en una ubicación seleccionada.

La restricción (5) establece que el inventario promedio asignado al almacén ubicado anexo a la fábrica no debe exceder la capacidad existente. Se considera que el inventario que se enviara a los centros de distribución no permanecerá por mucho tiempo en fábrica.

La restricción (6) calcula el área necesaria para almacenamiento de fundas en función de las cantidades asignadas al CD, rotación y factor de necesidad de área (FAF).

La restricción (7) calcula el área necesaria para almacenamiento de productos de espuma en función de las cantidades asignadas al CD, rotación y factor de necesidad de área (FAE).

La restricción (8) calcula el área de almacenamiento total requerido del CD.

La restricción (9) calcula el área total requerida del CD. Adiciona al área de almacenamiento, las áreas de oficina, recepción, despacho y alistamiento de pedidos.

La restricción (10) establece las variables X, Y y Z deben ser positivas

La restricción (11) establece que la variable  $B_j$  es binaria.

## Ejecución del modelo

La estructura de programación utilizada es MIP puesto que además de las variables reales, el modelo cuenta con una variable binaria para indicar si un CD se abre o no en una determinada ubicación. El modelo matemático de optimización fue programado en GAMS, el programa se lo puede ver en el anexo B. El solver utilizado para resolver es el CPLEX.

### 3.4.4 Resumen de Resultados

En primera instancia, se define la estructura de la red de distribución que constará de un centro de distribución para cubrir parte de la demanda, este centro deberá estar ubicado en la ciudad de Pueblo Viejo y desde este punto se debe abastecer a las ciudades de Babahoyo, Mocache, Pueblo Viejo, Urdaneta, Ventanas, Vinces, Bolíva, Buena Fé, El Carmen, La Maná y Quevedo. El figura 3.13 muestra el detalle de la configuración de la red.

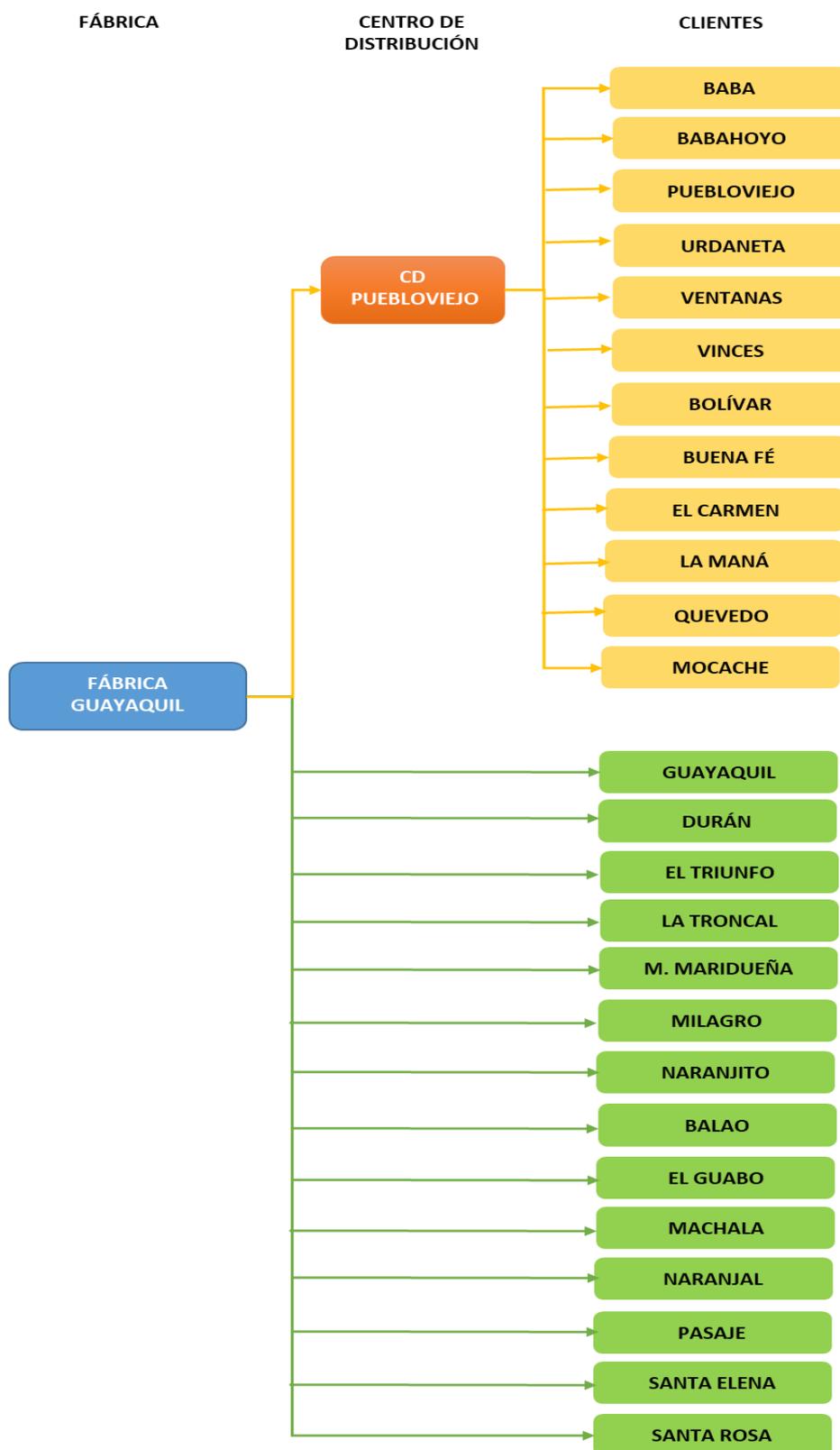
Los costos resultantes del modelo se presente en la tabla 3.29.

**Tabla 3.29: Costos de modelo de red**

<b>COSTOS</b>	<b>VALOR</b>
Costos de Instalación	\$16,293
Costos de transporte	\$231,983
Costos de Operación	\$69549
<b>TOTAL DE COSTOS</b>	<b>\$320290</b>

*Elaborado por: La Autora*

Figura 3.13: Configuración de la distribución de la demanda

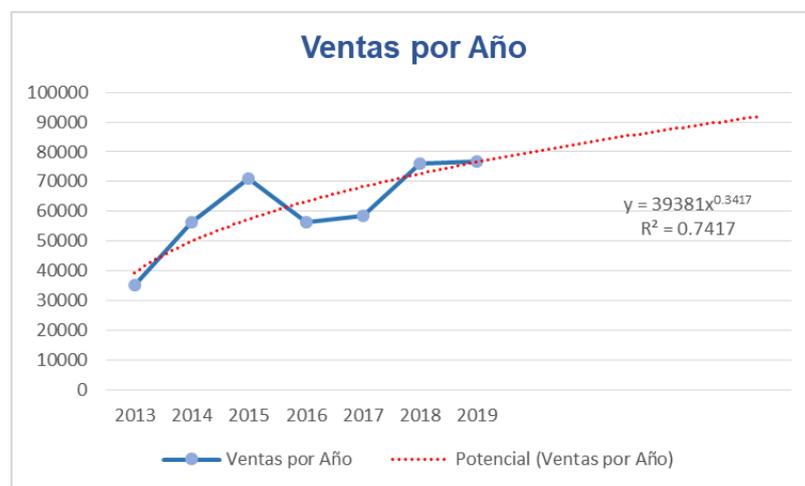


Elaborado por: Autora

### 3.4.5 Análisis de sensibilidad

Se plantearon escenarios de hasta un incremento del 20% de demanda pronosticada, según proyecciones a 5 años se espera un incremento del 16%. Bajo escenarios pesimistas y optimistas, se plantean incrementos del 10%, 16% y 20% en la demanda.

**Figura 3.14: Proyección de Ventas**



*Elaborado por: Autora*

Los resultados de las diferentes variables evaluadas se muestran en la tabla 3.30.

**Tabla 3.30: Resultados del modelo por escenario**

Ubicación	Demanda 2019	Demanda 2019 + 10%	Demanda 2019 + 16%	Demanda 2019 + 20%
Ubicación	Puebloviejo	Puebloviejo	Puebloviejo	Puebloviejo
Demanda Asignada al CD	33,902	42,092	47,006	50,282
Área del CD	407	450	476	493
Costos de Instalación	16,293	19,636	21,615	22,934
Costos de Operación	69,549	69,977	70,230	70,399
Costos de Transporte	231,983	253,960	267,241	276,095
Costo Total	317,825	343,573	359,086	369,428
Costos Operativos	301,532	323,937	337,471	346,494

*Elaborado por: La Autora*

Según se puede observar en la tabla, la ubicación no cambia al variar la demanda por lo que podemos decir que no se espera considerar un cambio de ubicación o incrementos de instalaciones a otras ubicaciones por al menos 5 años.

### 3.4.6 Comparación con Línea base

Ejecutando la optimización de la red existente, los resultados se muestran en la tabla 3.31.

**Tabla 3.31: Línea Base vs Red Propuesta**

MODELO	COSTOS TOTALES
MODELO EXISTENTE OPTIMIZADO	309,404
MODELO PROPUESTO DE RED	301,532
DIFERENCIA EN COSTO	-7872
% REDUCCIÓN DE COSTOS	-2.5%

*Elaborado por: La Autora*

Para la comparación no se considera los costos de instalación pues estos representan una inversión, en base a los resultados se encuentra una reducción de costos del 2.5%. Además, dado que las operaciones de distribución, no se llevara a cabo en su totalidad en las instalaciones de la fábrica, existiría personal operativo en exceso, que podría ser removido o trasladado, lo que supondría un ahorro de los costos.

### **3.5 Red de distribución propuesta**

La red de distribución propuesta consta de las siguientes características:

1. Apertura de Centro de distribución en la ciudad de Pueblo Viejo, el cual abastecerá a las siguientes ciudades de Baba, Babahoyo, Mocache, Pueblo Viejo, Urdaneta, Ventanas, Vinces, Bolívar, Buena Fé, El Carmen, La Mana y Quevedo.
2. La bodega anexa a la fábrica distribuirá a las ciudades que no se abastezcan desde Pueblo Viejo.
3. Inicialmente el Centro de Distribución podrá operar con 3 auxiliares
4. El centro de distribución debe tener un área mínima de almacenamiento de 407 m<sup>2</sup>.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

Los resultados determinan que estableciendo un centro de distribución en la ciudad de Pueblo Viejo se minimizan los costos logísticos.

A pesar del incremento de requerimientos de demanda, la mejor opción para la localización de planta sigue siendo Pueblo Viejo.

El costo logístico de la red de distribución propuesta es menor en un 2.5% a la red actual optimizada (baseline) por lo que se concluye que el nuevo diseño de la red cumple con el objetivo de reducir los costos.

El nivel de servicio registrado en el año 2018 fue de 84%. En el presente estudio se planteó el objetivo de incrementar el nivel de servicio a 95%, por lo que se consideraron stocks de seguridad que mitiguen los efectos de las variaciones de demanda, reduciendo en un 11% la probabilidad de quiebres de inventarios o consecuentes pérdidas de ventas.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Dada una tasa de expansión optimista del 20%, en 5 años se podría requerir una ampliación del 21% en la superficie del centro de distribución para la gestión del CD. Se recomienda la compra de un terreno que considere la proyección de demanda de al menos 5 años.

Se podría usar el mismo modelo, considerando en el valor de la demanda, el cálculo de volumen de venta de captación de mercado nuevo, en este se podrían incluir ciudades a las que actualmente no se venden pero que tienen haciendas productoras de banano.

## ANEXO A: Cálculo de sueldos y salarios

Cálculo de salarios de personal para costeo de transporte y costos operacionales

Componentes del salario	Conductor Primario	Conductor Secundario	Tripulante	Supervisor de ruta transporte primario	Supervisor de ruta transporte secundario	Gerente de Operaciones Secundario (30%)	Gerente de Operaciones Primario (20%)
Salario Base	1000	593	394	690	690	1350	1350
Horas Jornada nocturna							
Horas Suplementaria por mes		44	44				
Horas Extraordinarias		37	30	21	21		
Horas normales	240	240	240	240	240	240	240
\$/hora normal	4	2	2	3	3	6	6
\$/hora nocturna	1	1	0	1	1	1	1
\$/hora suplementaria	6	4	2	4	4	8	8
\$/hora extraordinaria	8	5	3	6	6	11	11
\$ normal	1000	593	394	690	690	1350	1350
\$ jornada nocturna	0	0	0	0	0	0	0
\$ suplementaria	0	163	108	0	0	0	0
\$ extra ordinarias	0	182	99	119	119	0	0
Subtotal	1000	938	601	809	809	1350	1350
Aporte Patronal	112	105	67	90	90	151	151
IECE	5	5	3	4	4	7	7
SECAP	5	5	3	4	4	7	7
13ro	83	78	50	67	67	113	113
14to	33	33	33	33	33	33	33
F. de Reserva	83	78	50	67	67	113	113
Vacaciones	42	39	25	34	34	56	56
Beneficios Sociales	363	342	231	300	300	478	478
Costo Empresa por mes	1363	1280	832	554	1108	548	366

## ANEXO B: Programa de Modelo de transbordo

set

I FABRICA /GUAYAQUIL/

J

ALMACENES/BABA,BABAHOYO,DURAN,ELTRIUNFO,GUAYAQUIL,LATRONCAL,  
MARCELINOMARIDUENA

,MILAGRO,MOCACHE,NARANJITO,PUEBLOVIEJO,URDANETA,VENTANAS,VINCES/

K CLIENTES

/BABA,BABAHOYO,BALAO,BOLIVAR,BUENAFE,DURAN,ELCARMEN,ELGUABO,  
ELTRIUNFO

,GUAYAQUIL,LAMANA,LATRONCAL,  
MACHALA,MARCELINOMARIDUENA,MILAGRO,

MOCACHE,NARANJAL,NARANJITO,PASAJE,PUEBLOVIEJO,QUEVEDO,SANTAE  
LENA,

SANTAROSA,URDANETA,VENTANAS,VINCES/

PARAMETERS

DEMANDA (K) DEMANDA CLIENTE K

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=DEMANDA RNG=DEMANDA!B2:C27  
DIM=1 RDIM=1 CDIM=0

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD DEMANDA

DF (K) PORCENTAJE DE DEMANDA DE FUNDAS CLIENTE K

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=DF RNG=DEMANDA!J2:K27 DIM=1  
RDIM=1 CDIM=0

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD DF

DE (K) PORCENTAJE DE DEMANDA DE FAMILIA DE ESPUMA CLIENTE K

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=DE RNG=DEMANDA!H2:I27 DIM=1  
RDIM=1 CDIM=0

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD DE

COSTOFLETE1(I,J) COSTO DE FLETE DE PROVEEDOR EN I A ALMACÉN EN J

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=COSTOFLETE1  
RNG=COSTOSTRANSPORTE!A13:O14 DIM=2 RDIM=1 CDIM=1

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD COSTOFLETE1

COSTOFLETE2(J,K) COSTO DE FLETE DE BODEGA EN J A CLIENTE EN K

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=COSTOFLETE2  
RNG=COSTOSTRANSPORTE!A39:AA53 DIM=2 RDIM=1 CDIM=1

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD COSTOFLETE2

COSTOFLETE3(I,K) COSTO DE FLETE DE PLANTA EN I A CLIENTE EN K

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=COSTOFLETE3  
RNG=COSTOSTRANSPORTE!A64:AA65 DIM=2 RDIM=1 CDIM=1

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD COSTOFLETE3

COSTOINST(J) COSTO DE INSTALACIÓN EN UBICACIÓN J

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=COSTOINST  
RNG=COSTOSINSTALACION!F3:G18 DIM=1 RDIM=1 CDIM=0

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD COSTOINST

COSTOINSTNT(J) COSTO DE INSTALACIÓN FIJA EN UBICACIÓN J

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=COSTOINSTNT  
RNG=COSTOSINSTALACION!H3:I18 DIM=1 RDIM=1 CDIM=0

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD COSTOINSTNT

COSTOFIJOPERACION(J) COSTO DE OPERACIÓN EN UBICACIÓN J

\$call gdxrw datosentradamodelo.XLSX par=COSTOFIJOPERACION  
RNG=COSTOSFIJOSOPERACION!B2:C17 DIM=1 RDIM=1 CDIM=0

\$gdxin datosentradamodelo.GDX

\$LOAD COSTOFIJOPERACION

SCALARS

CAPFAB CAPACIDAD DE PLANTA EN M3 /110000/

CAPBOD CAPACIDAD DE BODEGA EN M3 /1000/

FAE FACTOR DE NECESIDAD DE ÁREA PRODUCTOS ESPUMA /0.18/

FAF FACTOR DE NECESIDAD DE ÁREA PARA FUNDAS /1.55/

CVOP COSTO VARIABLE DE OPERACION /9.78/

AC ÁREAS CUBIERTAS FIJAS /57/

ANC AREAS NO CUBIERTAS FIJAS /195/

VARIABLE

Z COSTO TOTAL

INVPR

CI

CO

CT

POSITIVE VARIABLE

X(I,J) CANTIDAD DE PRODUCTO TRANSPORTADO DE FABRICA I A ALMACEN J

Y(J,K) CANTIDAD DE PRODUCTO TRANSPORTADO DE ALMACEN J A CLIENTE K

W(I,K) CANTIDAD DE PRODUCTO ENVIADA DE FÁBRICA I A CLIENTE K

AREACDF

AREACDE

AREACD

AREAALM

CTF1(I,J)

CTF2(J,K)

CTF3(I,K)

PDF(K)

PDE(K)

BINARY VARIABLE

B(J) SE ABRE ALMACEN 1 SINO 0

EQUATIONS

COSTO,BALANCE(J),DEM(K),ASIGNACION(J),CAPACIDADACTUAL,RESTPRODUCCION(I),

CINSTALACION,COPERACION,CTRANSPORTE,INVPRMEDIO,AREAFUNDA,AREAESPUMA,AREAALMACEN,AREATOTAL,DEME(K),DEMF(K),CTF1V(I,J),CTF2V(J,K),CTF3V(I,K);

COSTO..Z=E=SUM[(I,J),COSTOFLETE1(I,J)\*X(I,J)]+SUM[(J,K),COSTOFLETE2(J,K)\*Y(J,K)]

+SUM[(I,K),COSTOFLETE3(I,K)\*W(I,K)]+SUM[(J),COSTOFIOPERACION(J)\*B(J)]+CVOP\*AREAALM+(SUM[K,SUM[J,Y(J,K)\*DE(K)\*COSTOINST(J)])/48\*FAE+SUM{K,SUM[J,Y(J,K)\*DF(K)\*COSTOINST(J)])/48\*FAF)+SUM[J,B(J)\*AC\*COSTOINST(J)]+SUM[J,B(J)\*ANC\*COSTOINSTNT(J)];

BALANCE(J)..SUM[I,X(I,J)]-SUM[K,Y(J,K)]=G=0;

DEM(K)..SUM[J,Y(J,K)]+SUM[I,W(I,K)]=E= DEMANDA(K);

ASIGNACION(J)..SUM[I,X(I,J)]=L=500000000000\*B(J);

INVPROMEDIO..INVPR=E=SUM[(I,K),W(I,K)]/12;

CAPACIDADACTUAL..SUM[(I,K),W(I,K)]/48=L=CAPBOD;

RESTPRODUCCION(I)..SUM[J,X(I,J)]+SUM[K,W(I,K)]=L=CAPFAB;

CINSTALACION..CI=E=(SUM[K,SUM[J,Y(J,K)\*DE(K)\*COSTOINST(J)]]/48\*FAE+S  
UM{K,SUM[J,Y(J,K)\*DF(K)\*COSTOINST(J)]]/48\*FAF)+SUM[J,B(J)\*AC\*COSTOIN  
ST(J)]+SUM[J,B(J)\*ANC\*COSTOINSTNT(J)];

COPERACION..CO=E=SUM[(J),COSTOFIOPERACION(J)\*B(J)]+CVOP\*AREAALM  
;

CTRANSPORTE..CT=E=  
SUM[(I,J),COSTOFLETE1(I,J)\*X(I,J)]+SUM[(J,K),COSTOFLETE2(J,K)\*Y(J,K)]+SUM  
[(I,K),COSTOFLETE3(I,K)\*W(I,K)];

AREAFUNDA..AREACDF=E=SUM[K,PDF(K)]/48\*FAF;

AREAESPUMA..AREACDE=E=SUM[K,PDE(K)]/48\*FAE;

AREAALMACEN..AREAALM=E=AREACDF+AREACDE;

AREATOTAL..AREACD=E=AREAALM+AC+ANC;

DEMF(K)..PDF(K)=E=SUM[(J),Y(J,K)\*DF(K)];

DEME(K)..PDE(K)=E=SUM[(J),Y(J,K)\*DE(K)];

CTF1V(I,J)..CTF1(I,J)=E=COSTOFLETE1(I,J);

CTF2V(J,K)..CTF2(J,K)=E=COSTOFLETE2(J,K);

CTF3V(I,K)..CTF3(I,K)=E=COSTOFLETE3(I,K);

MODEL MODELOTRASBORDO/ALL/

SOLVE MODELOTRASBORDO MIN Z USING MIP

DISPLAY

X.L,Y.L,W.L,CI.L,CO.L,CT.L,Z.L,INVPR.L,AREACDF.L,AREACDE.L,AREAALM.L,  
AREACD.L,PDF.L,PDE.L,TTJ.L,CTF1.L,CTF2.L,CTF3.L

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Saldarriaga L. (2012). *Diseño, optimización y gerencia de centros de distribución, almacenar menos, distribuir más*. Medellín: Impresos Begon Ltda.

Klose A. (1998). Obtaining Sharp lower and upper bounds for two-stage capacitated facility Location problems.

Chopra S. Meindl P. (2013). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Educación

Castillo E. Conejo A. Pedregal P., García R. Alguacil N. (2002). *Formulación y resolución de modelos de programación matemática en Ingeniería y ciencia*. Ciudad Real. Recuperado de <http://www.dia.fi.upm.es/~jafernan/teaching/operational-research/LibroCompleto.pdf>

Niño-Vargas J., Lamos Diaz H., (2014). *Modelo matemático para determinar la ubicación de centros de distribución en un contexto real*. Bucarmanga. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4974566.pdf>

Rothaermel F.(2014). *Strategic Manganament: Concepts and cases*, United States: Mcgraw-Hill Incorporated

Sandoya, F. (2017). Modelos de Tansbordo [Material de aula]. Texto creativo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador

Sierra J., Gutierrez E. (2015). *Modelo de trasbordo multimodal multiperíodo*. Guadalajara. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/282947974\\_Modelo\\_de\\_transbordo\\_multimodal\\_multiperiodo\\_Solucion\\_a\\_empresas\\_con\\_robustez\\_logistica](https://www.researchgate.net/publication/282947974_Modelo_de_transbordo_multimodal_multiperiodo_Solucion_a_empresas_con_robustez_logistica)

Friedli, T., Mundt, A. & Thomas, S. 2013. Strategic Management of Global Manufacturing Network – Aligning Strategy, Configuration and Coordination. Heidelberg: Springer.

Pickett, D. 2013. Un plan para la cadena de suministro. Recuperado de: [https://www.supplychain247.com/article/a\\_blueprint\\_for\\_supply\\_chain\\_optimization](https://www.supplychain247.com/article/a_blueprint_for_supply_chain_optimization)