

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“MAGISTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA”**

**TEMA:**

**“MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPOS EN UNA  
EMPRESA DE SERVICIOS PETROLEROS CON ACTIVIDADES EN EL  
ORIENTE ECUATORIANO, A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE CROSS  
DOCKING.”**

**AUTORA:**

**ANDREA MARÍA PULUPA QUISHPE**

**Quito-Ecuador**

**AÑO**

**2014**

## DEDICATORIA

*A mi pequeño Juan Xavier, quien desde su llegada me ha enseñado que cada paso y cada sacrificio tienen una infinita recompensa.*

*A mi madre, que ha sido el mejor ejemplo de perseverancia y fortaleza durante toda mi vida.*

*A mi esposo, cuyo apoyo ha sido constante durante todos estos años en los que hemos caminado juntos de la mano.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco la bondad infinita con la que Dios me ha llenado de oportunidades para ser una mejor persona en mi vida profesional y también como ser humano.*

*A mi madre que es mi mejor amiga, gracias porque me ha apoyado en todo momento y lugar.*

*A mi esposo, a quien admiro y de quien tengo aún mucho que aprender.*

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

---

Andrea María Pulupa Quishpe

## ***TRIBUNAL DE GRADUACIÓN***

-----  
Msc. Santiago Nájera

**TUTOR**

-----  
Msc. Carlos Martín

**VOCAL**

-----  
Ing. Justo Huayamave

**PRESIDENTE**

## ***AUTOR DEL PROYECTO***

---

*Andrea María Pulupa Quishpe*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>1.2. ACTUALIDAD DE LA EMPRESA</b>	<b>3</b>
<b>1.3. SITUACIÓN DEL TRANSPORTE</b>	<b>4</b>
<b>1.4. METODOLOGÍA</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>9</b>
<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
<b>2.2. DEFINICIONES</b>	<b>9</b>
2.2.1. Logística:	9
2.2.2. Distribución Física:	9
2.2.3. Plataformas de cross docking	10
2.2.4. Almacenamiento	11
2.2.5. Transporte:	12
2.2.6. Supply Chain Management (SCM):	12
2.2.7. Optimización:	12
<b>2.3. APLICABILIDAD</b>	<b>13</b>
<b>2.4. RECURSOS PARA LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE CROSS DOCKING</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>18</b>
<b>3.1. ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>18</b>
<b>3.2. UBICACIÓN DE LA PLATAFORMA DE CROSS DOCKING</b>	<b>22</b>
<b>3.3. LOCALIZACIÓN DE UNA PLATAFORMA DE CROSS DOCKING POR EL MÉTODO DEL CENTRO DE GRAVEDAD</b>	<b>23</b>
<b>3.4. PROCESO DE MANEJO DE ABASTECIMIENTO A LA PLATAFORMA DE CROSS DOCKING PROPUESTA</b>	<b>26</b>
<b>3.5. MODELO DE OPTIMIZACIÓN</b>	<b>28</b>

<b>4.1. CONCLUSIONES</b>	<b>34</b>
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>38</b>



## CONTENIDO DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfica 1</b> Procedimiento de Abastecimiento actual.....	<b>4</b>
<b>Gráfica 2</b> Flujo de metodología de investigación.....	<b>8</b>
<b>Gráfica 3</b> Propuesta de abastecimiento con aplicación de Cross Docking.....	<b>13</b>
<b>Gráfica 4</b> Actores en la cadena de suministro.....	<b>14</b>
<b>Gráfica 5</b> Cadena de suministro.....	<b>15</b>
<b>Gráfica 6</b> Coordenadas de ubicación de una plataforma de Cross Docking.....	<b>25</b>

## CONTENIDO DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1</b> Rutas fluviales y terrestres entre bodegas.....	<b>19</b>
<b>Cuadro 2</b> Capacidad de carga por tipo de transporte.....	<b>19</b>
<b>Cuadro 3</b> Resultado Análisis de correlación con SPSS.....	<b>21</b>
<b>Cuadro 4</b> Resumen del modelo planteado.....	<b>22</b>
<b>Cuadro 5</b> Resumen de coordenadas donde se pueden instalar facilidades de bodegas.....	<b>24</b>

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Movilización de Equipos sobre gabarra.....	<b>6</b>
<b>Figura 2</b> Movilización de Personal en botes.....	<b>7</b>

# OBJETIVOS

## **Objetivo General:**

Implementar un sistema de cross docking en un área de la Región Amazónica para mejorar la distribución de materiales en campamentos de una empresa de servicios petroleros.

## **Objetivos Específicos:**

- Proponer un sistema de cross docking que mejore la cadena de abastecimiento en proyectos en la Región Amazónica
- Identificar los recursos necesarios para establecer un sistema de cross docking
- Establecer un procedimiento a seguir para un sistema de cross docking que mejore la cadena de abastecimiento de un proyecto.

# INTRODUCCIÓN

La tarea de abastecer en forma oportuna con materiales, equipos y/o servicios, es ardua para toda empresa del sector petrolero en el Ecuador. En la Región Amazónica especialmente, las condiciones geográficas en poco favorecen el llegar a determinados sitios de manera rápida y segura, pues en la mayoría de los casos, el transporte terrestre y fluvial, son los únicos medios posibles debido a las pocas facilidades existentes para poder utilizar un medio de transporte aéreo, que además resulta oneroso por los altos costos de operación.

Un sistema de cross docking adecuado a las condiciones operativas de una empresa de servicios petroleros, formaría parte de la cadena de abastecimiento necesaria para la buena ejecución de un proyecto en el cual se busca satisfacer necesidades de los clientes internos (usuarios) que requieren de materiales y/o equipos para su trabajo diario, insumos en ciertas cantidades y tiempos determinados, los mismos que no pueden ser menores, tampoco excesivos frente a lo estimado, dado que cualquier merma o sobrante, se traduce en incrementos de costos operativos (almacenaje y transporte) que la empresa debe controlar según lo presupuestado.

Con este estudio, se busca implementar un sistema de cross docking que brinde las facilidades para que tanto equipos y materiales necesarios para la ejecución de proyectos en el sector petrolero, se encuentren en el sitio adecuado y a tiempo en los frentes de trabajo de tal manera que minimicen el uso de espacios que resultan ser poco accesibles y en muchos casos poco seguros en determinadas zonas selváticas.

Con el fin de pormenorizar las condiciones de trabajo, se han establecido situaciones adaptadas a este estudio que afectan al proceso de la cadena de abastecimiento, las mismas que se traducirán en variables y restricciones para el planteamiento del sistema de cross docking.

## RESUMEN

El desarrollo de esta tesis se realiza en el sector de la industria petrolera en el Ecuador. Las operaciones de la empresa sobre la cual se desarrollan los análisis se realizan dentro de bloques petroleros en el oriente ecuatoriano, en la provincia de Orellana.

La investigación se desarrolla dentro del período en el cual la empresa de servicios petroleros realiza proyectos relacionados con construcción de plataformas de perforación e instalación de tuberías de producción de crudo, cuyo tiempo estimado de instalación se calcula en 14 meses de trabajo.

Los actores que intervienen en el desarrollo de esta investigación son: usuarios finales de los materiales y equipos, medios de transporte, bodegas y personal a cargo del manejo de la logística en una empresa de servicios petroleros.

Durante el desarrollo de la investigación se abordarán teorías relacionadas con la cadena de abastecimiento, almacenamiento y localización de bodegas, y transporte.

El problema que enfrenta la empresa es de ubicación de materiales y equipos en los proyectos que se ejecutan bloques petroleros y requiere identificar la localización de una plataforma de cross docking que permita el almacenamiento en el tiempo y espacios justos y que a su vez tenga la capacidad de abastecer a otros puntos (bodegas) que requieren materiales y/o equipos para la normal operación.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Cabe precisar, que una empresa que presta servicios para la ejecución de proyectos en el sector petrolero, en general no tiene como objetivo manejar inventarios con niveles de stock, mucho menos realizar adquisiciones para luego vender los productos y tener ganancias por ello. Una empresa de servicios petroleros busca abastecerse de lo necesario para ejecutar un proyecto de manera que todo lo adquirido sea parte de la obra realizada, cubriendo los rubros que la conforman, y no existan gastos adicionales a los calculados (mano de obra, uso de recursos). En ningún caso, se consideran quiebres de stock, ya que todo material necesario, es calculado en los procesos de ingeniería previos al inicio de cada proyecto tanto en cantidad y calidad. Por lo tanto un sistema de cross docking, sería la mejor opción para mantener abastecidos a los usuarios sin que ello represente costos de mantener inventarios por largos períodos, sino que se encuentren en el momento y sitio oportuno.

En el sector petrolero, se incrementan las necesidades de mejorar el proceso de abastecimiento por varios motivos, entre ellos cabe mencionar a los siguientes:

- Los tipos de proyectos a ejecutar, exigen altos niveles de seguridad en el manejo y almacenamiento de materiales. Por ejemplo, cuando se trabaja en poliductos, gasoductos u oleoductos, toda bodega debe estar lo suficientemente equipada como para atender casos de derrames u otros casos de emergencia. Pero a la vez, debe estar lo suficientemente distante como para no interferir con el paso de maquinaria o personal que trabaja en la obra.

- En cierto tipo de proyectos relacionados con cambio de tubería de gran diámetro, en el sector donde se trabaja no existen amplias áreas planas adecuadas para la construcción de una bodega, aunque ésta sea temporal. Pues las condiciones geográficas obligan a tener bodegas móviles que se trasladen constantemente a medida que se avanza en el trabajo en el trayecto de la tubería.
- Los trabajos de una empresa de servicios petroleros, generalmente se realizan dentro de bloques petroleros. Muchos de estos bloques tienen regulaciones en cuanto a horarios de traslado de materiales, autorización para ingreso de equipos, restricciones respecto a medidas y peso de los medios de transporte, límites de velocidad permitidos (no mayores a 35 km/hora), y demás condiciones de seguridad en la operación terrestre o helitransportable dentro del bloque que obligan a maximizar la cantidad de materiales enviados en cada ingreso a un bloque cumpliendo las restricciones planteadas.
- Lo más importante, y a la vez lo más difícil dentro de la actividad, es tener que recorrer grandes distancias desde un punto a otro dentro de un bloque petrolero. Por este motivo, generalmente el tiempo de abastecimiento de materiales (lead time), considerando que existe el material en una bodega principal, oscila entre 2 y 3 días hasta el sitio de la obra. Con estos tiempos de llegada y condiciones logísticas que se deben cumplir, el no envío de cierto material puede desencadenar demoras en la obra, así como también sobrecostos por el uso de transporte adicional que deberá realizar un viaje largo, por poca cantidad de material.



## **1.2. ACTUALIDAD DE LA EMPRESA**

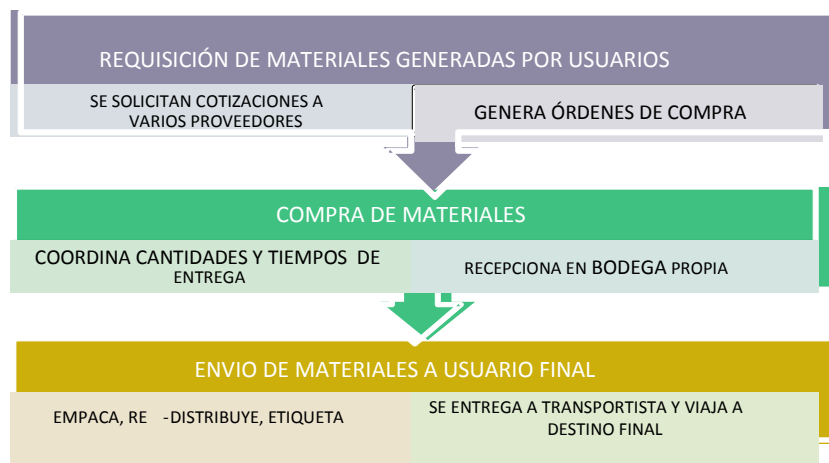
La empresa presta servicios en el sector hidrocarburífero y opera en el país por más de doce años desarrollando actividades de ingeniería y construcción en la industria.

Cuenta con una sede principal en la ciudad de Quito y con campamentos de maquinaria y equipos en la Provincia de Orellana, donde centra su actividad de operaciones en bloques petroleros.

Actualmente, la empresa cuenta con una infraestructura limitada para el desarrollo de las actividades relacionadas con la compra y la logística de materiales. Todas las compras se las realiza desde una oficina central ubicada en la ciudad Quito, donde se interrelacionan departamentos operativos como: Ingeniería (donde nacen las necesidades de materiales a través de los MR's o Material Report por sus siglas en inglés), el Departamento de Compras y Logística (donde se realizan las actividades de compra y/o alquiler de materiales y equipos) y el Departamento Financiero (donde se maneja un flujo de efectivo destinado al abastecimiento de necesidades de un proyecto).

La cadena de abastecimiento de la empresa, requiere la participación de los proveedores con un alto compromiso en el cumplimiento de entrega de materiales según las órdenes de compra tanto en cantidad, calidad y tiempos de despacho, para lo cual, el departamento de compras evalúa y califica a proveedores del sector al menos dos veces en el año mediante procedimientos internos que forman parte de un Sistema Integrado de Gestión basado en las normas de calidad ISO.

Una vez emitida la orden de compra, se hace seguimiento constante del cumplimiento de las entregas, para lo cual se debe coordinar despachos y entregas tanto con proveedores, como con transportistas durante el proceso de retiro de los materiales adquiridos. Este procedimiento se realiza a diario, dado el servicio permanente de retiro y envío de mercadería desde Quito hacia Coca y viceversa, lo cual es una práctica común en empresas que realizan el envío de encomiendas para las empresas del sector.



**Gráfica 1.** Procedimiento de Abastecimiento actual

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

### **1.3. SITUACIÓN DEL TRANSPORTE**

En el sector se cuenta con varias opciones de compañías de transporte dedicadas a la actividad de traslado de materiales y equipos dentro de bloques petroleros.

Estas compañías ofrecen transporte de carga vía terrestre, vía fluvial y vía aérea, dependiendo de las necesidades de un proyecto y de la ubicación de los mismos, el personal encargado de la logística combina los diferentes medios de transporte requeridos para procurar que los materiales sean trasladados con seguridad hacia el sitio de la obra, atravesando carreteras y ríos hasta llegar a su destino final.

Es necesario precisar que dichas compañías de transporte, requieren cumplir altos estándares de seguridad antes, durante y después del traslado de la carga hacia los puntos de destino de la misma.

Las empresas que prestan servicios de traslado de carga vía terrestre, cumplen con normativas y autorizaciones para ingreso a los diferentes bloques petroleros. Estos requisitos de ingreso, básicamente exigen el buen funcionamiento de los automotores que no presenten desperfectos mecánicos que provoquen contaminación y cuyos conductores cumplan con inducciones de manejo y tengan licencias profesionales para manejar automotores de gran tonelaje.

Las empresas que prestan servicio de transporte fluvial, pueden estar destinadas a transportar tanto pasajeros, como carga.

Dadas las condiciones de navegabilidad en el Río Napo, que es el afluente que mayor movimiento de carga recibe para las operaciones fluviales hacia bloques petroleros ecuatorianos y hacia puertos internacionales en Perú y Brasil, las empresas que prestan servicios de transporte de carga, lo hacen con naves conocidas como gabarras, las mismas que tienen calado de aproximadamente 70 centímetros como máximo que se adaptan a las condiciones de navegabilidad del Río Napo que tiene en su trayectoria bancos de arena, los mismos que causan inconvenientes de navegación cuando el río baja su nivel de caudal en las épocas de verano.

Por lo tanto, las gabarras que transportan carga, son construidas bajo los parámetros técnicos de navegación requeridos por la propia naturaleza del río.

Las gabarras tienen capacidad de carga desde 150 toneladas hasta 400 toneladas, con plataformas de área útil de hasta 70 m<sup>2</sup>. Son las ideales para traslado de materiales, maquinaria y equipos.



**Figura 1.** Movilización de Equipos sobre gabarra

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

Para el traslado de personal, se requiere el uso de botes o deslizadores, los mismos que tienen una capacidad desde 6 pasajeros hasta 20 pasajeros. Muchos de estos deslizadores, pertenecen a comunidades que habitan en la región que se han asociado para proveer estos servicios y que buscan beneficiar a su población integrándose a la cadena de abastecimiento y operaciones en el sector.



**Figura 2.** Movilización de Personal en bote

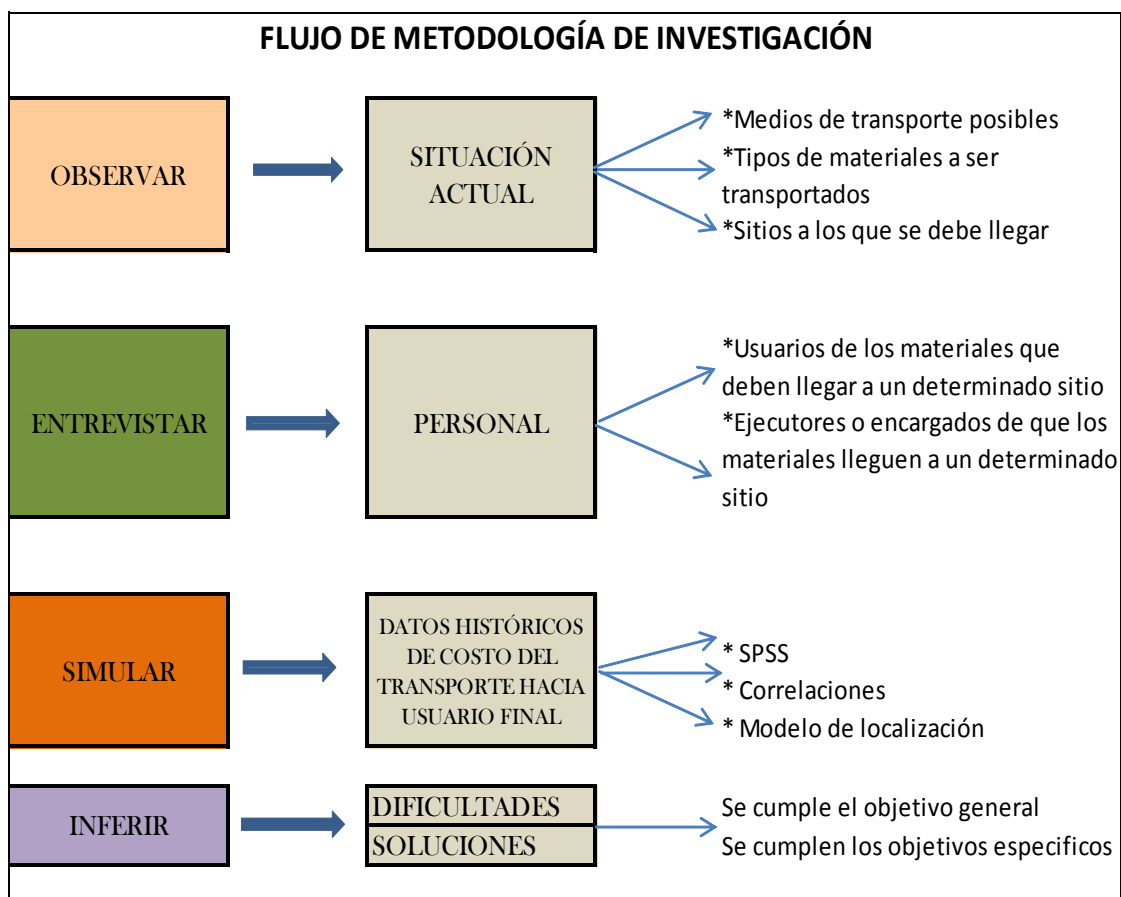
**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

Las empresas que prestan servicios de transporte aéreo, básicamente lo hacen a través de helicópteros, los mismos que pueden ser de carga, de pasajeros y mixta. Estas empresas cuentan con permisos de vuelo otorgadas por organismos y entes de control del país para llevar a cabo operaciones de movilización de carga en diferentes bloques petroleros, especialmente en el inicio de la explotación petrolera ya que los campos en sus inicios cuentan con plataformas alejadas y sin accesos, para lo cual se requiere que tanto personal como equipos sean movilizados por aire hasta que los bloques se desarrollen y cuenten con vías de acceso y campamentos que facilitan la habitabilidad y tránsito.

## 1.4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente tesis, se plantea utilizar los principios de la investigación cualitativa y cuantitativa, en la cual se utilizará la observación como método empírico de investigación y la identificación de variables que determinan el proceso de abastecimiento de materiales para luego ser analizados con métodos estadísticos.



**Gráfica 2.** Flujo de metodología de investigación

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

## **CAPÍTULO II**

### **2.1. MARCO TEÓRICO**

El presente trabajo plantea la aplicación de un sistema de cross docking adaptado a las condiciones de trabajo de la empresa de servicios petroleros, para lo cual se deben considerar definiciones relacionadas con la cadena de abastecimiento, compras, logística, almacenamiento, medios de transporte, costo de los medios de transporte entre otras.

### **2.2. DEFINICIONES**

Cadena de Suministro: es considerado como el flujo de bienes dentro de un proceso productivo, el mismo que se administra en base a una coordinación sistemática de actividades que giran en torno al giro del negocio. (Ballour, 2005, pág. 5)

**2.2.1. Logística:** Es una actividad que se basa en la planificación de una empresa a través del uso de herramientas tecnológicas que permitan tener un mejor control en el flujo físico de materiales. (Mora Garcia, Gestión Logística Integral, 2006, pág. 39)

**2.2.2. Distribución Física:** Se conoce como el flujo que tiene un material dentro de un determinado tiempo y espacio. Este flujo obedece a una demanda determinada y a un proceso de planificación de la misma. La planificación se basa en el dinamismo con el cual cierto material debe fluir entre diferentes procesos, sean estos de elaboración, empaque, almacenamiento, traslado y uso final.

En la planificación de distribución de materiales, se deben considerar elementos logísticos tales como: recepción de materiales (pedidos), administración de almacenes, inventario, despacho, transportes, manejo de materiales, monitoreo de llegada de materiales a los almacenes, entre las más importantes, adicionalmente toda planificación debe tener un control dentro de un horizonte de tiempo propuesto, con el fin de que se pueda verificar el cumplimiento de lo planificado o buscar mejoras en los procesos planteados. (Rushton, Croucher, & Piter, 2007, pp. 12 - 19)

**2.2.3. Plataformas de cross docking:** “son sitios de recepción, consolidación y re-expedición de mercancías de resurtido frecuente a los almacenes de una región.” (Mora Garcia, 2006, pág. 39) Lo que se pretende con el cross docking es mejorar los tiempos de manipulación y estancia de los materiales dentro de un centro de almacenamiento temporal, de manera que llegue a su destino final de una manera segura, tanto en cantidad como en tiempos de distribución. Es importante que la empresa que decide adoptar la modalidad de cross docking para distribución de sus mercancías tenga establecido un sistema de manejo de inventarios adecuado para registro de entradas y salidas de materiales que se mueven de manera rápida. Para ello, el proveedor prepara la entrega con la debida identificación sobre su destino, de manera que quien recibe el material, inmediatamente la direcciona hacia su destino final en cantidad y especificaciones indicadas. (Mora Garcia, 2006, pág. 141) El Cross Docking puede ser directo o indirecto.

El sistema Cross Docking directo tiene las siguientes características:

- El material que forma parte de un Pedido (Orden de Compra), parte desde las bodegas del proveedor con la cantidad y tipo de empaque acordados de manera que al llegar a una bodega o centro de almacenamiento temporal, sea inmediatamente direccionado hacia su destino final sin realizar cambios en cantidad o empaque.



- Ahorra costos de manejo de inventarios y de mano de obra de personal ya que no se realizan cambios sustanciales al material recibido.
- Tiene tiempos extremadamente cortos de almacenamiento, que son simplemente temporales hasta que cambien de medio de transporte hacia su destino final, lo que además significa que no existe mayor manipulación durante la transferencia.

El sistema de Cross Docking indirecto tiene las siguientes características:

- El material que forma parte de un Pedido (Orden de Compra), llega a las bodegas de destino, donde el usuario o encargado de almacenamiento, re-empaca, secciona o redistribuye las cantidades del material recibido para formar una nueva unidad de envío hacia su destino final.
- El pedido sufre una transformación durante el proceso de almacenaje y distribución.
- Existe mayor manipulación de los pedidos al prepararlos en su nuevo punto de salida. (EAN International, 2010, págs. 5 - 7)

**2.2.4. Almacenamiento:** El proceso de almacenamiento se desarrolla enfocado a la optimización de cantidad de materiales en stock, en espacios adecuados para el efecto, cuya manipulación sea mínima dentro del área destinada para su almacenamiento y que sea consumida a la brevedad posible con el fin de evitar costos de almacenaje y mano de obra que lo manipule. (Mora Garcia, 2006, pág. 101)

**2.2.5. Transporte:** es un elemento muy importante del proceso logístico de una empresa porque con una buena estrategia de transporte, la empresa agrega valor a los productos que moviliza, ya que los mismos podrán llegar a más lugares sean estos cercanos o lejanos con un bajo costo y en el menor tiempo. (Balllow, 2006, pág. 169)

**2.2.6. Supply Chain Management (SCM):** “es integrar y sincronizar las operaciones logísticas desde el abastecimiento del proveedor hasta la entrega efectiva a los consumidores integrando los procesos de manufactura y distribución, partiendo del pronóstico de la demanda y su impacto en las operaciones optimizadas a lo largo de las redes logísticas internas y externas.” (Mora Garcia, 2006, pág. 234)

**2.2.7. Optimización:** dentro de la investigación operativa, consiste en seleccionar la mejor alternativa de entre otras posibles que contiene una función objetivo, variables y restricciones. (Ramos, Sanchez, Ferrer, Barquin, & Linares, 2010, pág. 6)

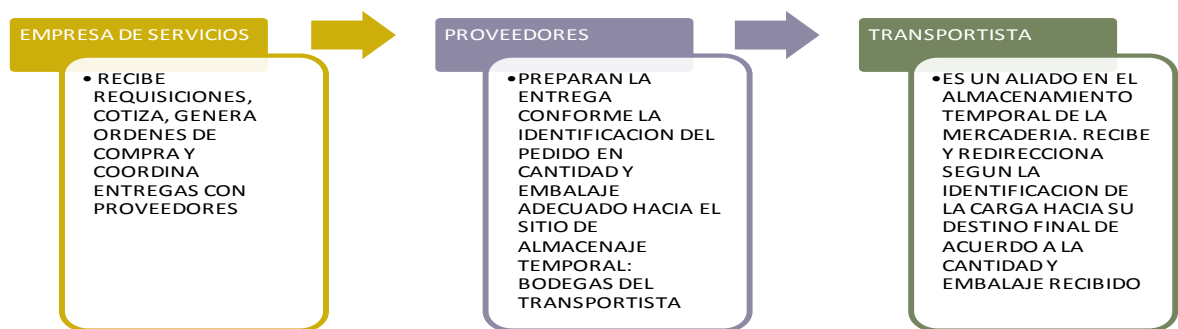
**2.2.8. Función Objetivo:** es el valor que se desea maximizar o minimizar. (Ramos, Sanchez, Ferrer, Barquin, & Linares, 2010)

**2.2.9. Variables:** son las posibles decisiones que se pueden tomar para optimizar o minimizar la función objetivo. Las variables pueden ser dependientes o independientes. (Ramos, Sanchez, Ferrer, Barquin, & Linares, 2010, p. 6)

**2.2.10. Restricciones:** son las condiciones que deben cumplir las variables. (Ramos, Sanchez, Ferrer, Barquin, & Linares, 2010)

## 2.3. APLICABILIDAD

Mediante la correcta aplicación del sistema de cross docking en el proceso de abastecimiento de una empresa de servicios petroleros, se espera tener mejoras a partir de una variación en el sistema actual de abastecimiento mencionado en el Capítulo 1 (Figura 1):



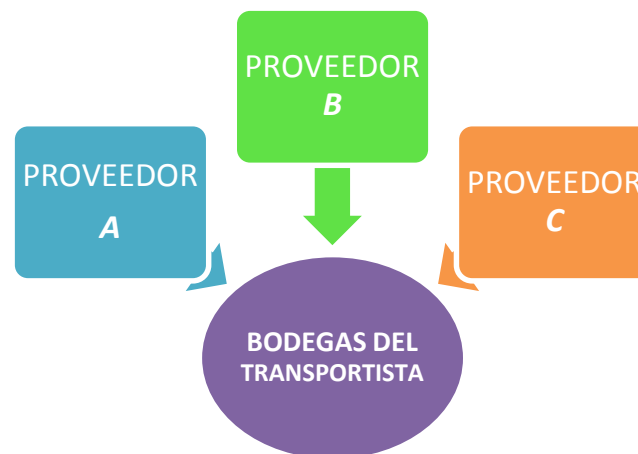
**Gráfica 3.** Sistema propuesto de abastecimiento con la aplicación de CROSS DOCKING

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

En donde el procedimiento de compra es el mismo, y la participación del proveedor es fundamental ya que se encarga de distribuir la carga conforme el pedido que realiza el comprador de la empresa. Así mismo otro actor importante es el transportista u operador logístico, quien en sus bodegas recibe la carga según la identificación previa del proveedor y la distribuye.

En este caso, para aplicar el sistema del cross docking se requiere mantener un flujo de información e identificación de pedidos que sea exacto y que no produzca confusiones entre otros pedidos. Adicionalmente con este sistema, se cuenta con los servicios de un transportista u operador logístico experimentado que posee instalaciones que permiten recibir la carga para el almacenamiento de corta duración mientras la carga es enviada al siguiente vehículo que transportará los materiales hacia el destino final.



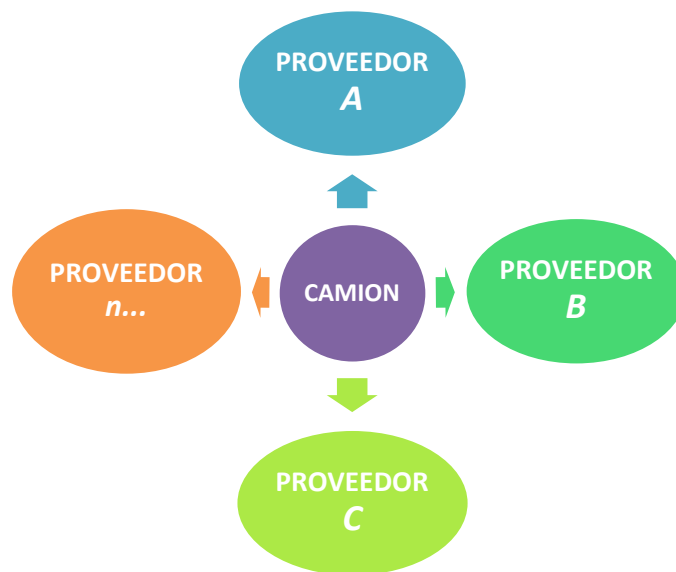
**Gráfica 4.** Actores en la cadena de suministro: Participación de los proveedores en los despachos hacia la bodega del transportista.

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

El transportista persigue una ruta de recolección de materiales desde las bodegas del proveedor que alimenta el medio de transporte, lo que se logra es un proceso de consolidación de carga, el cual al terminar la ruta planificada, viaja hacia el siguiente destino para realizar la entrega de los materiales. Para lograr cumplir este ruteo, debe existir sincronización y exactitud en la entrega por parte del proveedor, es decir que la Orden de Compra se complete en un 100%.

Operativamente, este sistema de recolección debe tener una planificación diaria de retiros, ya que en general no tienen un patrón determinado de entregas.



**Gráfica 5.** En la cadena de suministro el vehículo de carga como depósito luego de ruteo para recolección y consolidación de la carga.

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

En las gráficas 4 y 5, se muestran procedimientos de cómo la carga es recopilada en un centro de abastecimiento. En la gráfica 4, el centro de abastecimiento son las bodegas del transportista. En la gráfica 5, es el mismo vehículo el lugar de depósito. En ambos casos, se estima que el volumen de carga completa la capacidad de carga permitida del vehículo que luego transportará los materiales hacia un siguiente destino. El volumen de carga comúnmente utilizado, oscila entre las 7 y 10 toneladas por vehículo.

En una empresa de servicios petroleros, los materiales no se asemejan unos a otros, y las cantidades no son al por mayor, de aquí que en la mayoría de los casos los materiales se caracterizan por ser específicos, en la cantidad necesaria y suficiente. De preferencia deben ser comprados una sola vez durante todo el proyecto a ejecutarse, esto con el fin de que el proceso de compra y logística sea corto, de uso inmediato y al menor costo.

Así mismo, se requiere contar con un recurso humano capacitado para identificar los materiales, debe estar al tanto de las necesidades de la obra y saber de la programación de envíos hacia los frentes de trabajo de manera simultánea a lo largo de la obra. El personal encargado de la logística, debe conocer de los medios de transporte en cuanto a su capacidad y dimensiones, de manera que le permita calcular con eficiencia el tipo de vehículo requerido para cierto pedido de manera que se optimicen los espacios en cada envío.

Con lo anteriormente expuesto, el siguiente diagrama nos permite identificar el proceso a seguir en una empresa de servicios petroleros, en los cuales se ha considerado las fuentes de abastecimiento y medios de transporte requeridos (Anexo 1: Fuentes y Medios).

- Proveedores localizados en Quito
- Proveedores localizados en ciudad de Coca
- Stock de materiales existentes en Bodega Principal en ciudad de Coca
- Traslado de materiales vía aérea, terrestre o fluvial
- Usuarios en lugar de ejecución del proyecto

## **2.4. RECURSOS PARA LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE CROSS DOCKING**

El sistema de Cross Docking propuesto, requiere la intervención y participación del proveedor de los materiales y del transportista. El suministro se puede realizar con la ayuda del proveedor que despacha y entrega material en las bodegas del transportista según la orden de compra emitida; adicionalmente es muy importante dotar al proceso logístico de un sistema EDI (Electronic Data Interchange por sus siglas en inglés), que permita mantener identificados a los ítems que se envían en el medio de transporte adecuado a través de un código de barras y lectura mediante escáner, lo cual permite tener información respecto a los materiales que se han recolectado y el flujo que siguen cada uno de ellos de manera rápida y confiable. (Mora Garcia, 2006, p. 144)

Los materiales que en ciertos casos son de gran tamaño (herramientas, equipos y/o maquinaria) por lo cual su almacenamiento debe ser a la intemperie, la identificación etiquetada resulta inútil adherirla al cuerpo del bien. En este caso, el EDI ingresa los datos de este equipo y/o maquinaria a un sistema de inventario básico interconectado entre las bodegas satélites, de tal manera que quede registrada su existencia por el personal de control de equipos.

## **CAPÍTULO III**

### **3.1. ANÁLISIS DE DATOS**

En el transporte de materiales desde el origen hasta el destino final, se deben tomar decisiones de carácter logístico con el fin de conocer las variables que afectan en lo posterior al costo del movimiento de aquellos. Se puede mencionar que las distancias a recorrer en la mayoría de los casos son las mismas, pero hay factores de tipo climático y eventualidades tales como daños en las vías, accidentes de tránsito y otros, que hacen que la distancia varíe, lo cual hace que se incurra en costos adicionales.

Con el fin de analizar qué variables serán las que incidirán directamente en el transporte de materiales, se realizará una correlación de las siguientes variables que se han considerado para nuestro estudio:

- Distancia
- Capacidad de carga de Peso
- Tipo de Transporte
- Costo del Transporte
- Evento\*

La distancia que se ha considerado para el estudio, comprenden los diferentes puntos desde el sitio de abastecimiento de materiales y puntos hacia donde se moviliza:



RUTA FLUVIAL ENTRE PUERTOS		DISTANCIA	UNIDAD
PUERTO FLUVIAL DE DESPACHO - PUERTO DE FLUVIAL DE LLEGADA		91.1	Km
RUTAS TERRESTRES ENTRE PLATAFORMAS DE TRANSFERENCIA		DISTANCIA	UNIDAD
CENTRO DE ABASTECIMIENTO PRINCIPAL - BODEGA 1		413	Km
CENTRO DE ABASTECIMIENTO PRINCIPAL - PUERTO DE DESPACHO		360.0	Km
BODEGA PRINCIPAL - PUERTO DE DESPACHO		52.0	Km
PUERTO DE DESPACHO - BODEGA SATELITE 1		12.0	KM

**Cuadro 1.** Rutas fluviales y terrestres entre bodegas

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

La capacidad de carga que tiene cada tipo de transporte a ser utilizado durante el traslado de los materiales entre los centros de abastecimiento y las bodegas de recepción depende del tipo de carga que se va a trasladar:

TRANSPORTE FLUVIAL	CAPACIDAD	UNIDAD
GABARRA	350	TONELADAS
CANOA DE CARGA	150	TONELADAS
TRANSPORTE TERRESTRE		
CAMION 7 TON	7	TONELADAS
PLATAFORMA 12 TON	12	TONELADAS
CAMA ALTA 25 TON	25	TONELADAS
CAMA BAJA 27 TON	27	TONELADAS

**Cuadro 2.** Capacidad de carga por tipo de transporte

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

Cada medio de transporte tiene un precio que se maneja en el mercado del traslado de bienes en rutas hacia el Oriente Ecuatoriano, en el caso particular de este estudio se toman en cuenta precios de transporte que actualmente paga la empresa de servicios petroleros para el traslado de su carga hacia los diferentes puntos, sean de transferencia como los puertos fluviales o bodegas. Adicionalmente dentro del costo del transporte, también se ha considerado incluir un porcentaje adicional, que corresponde a cualquier costo extra que pueda incrementar el valor en caso de la ocurrencia de un evento no planificado, por ejemplo un cambio de ruta solicitada de último momento. (Ver Anexo 2: Rutas fluviales, terrestres, costos y medios de transporte).

Con estas variables se ha elaborado una base con datos históricos de lo que la empresa de servicios petroleros ha pagado por el traslado de materiales, en un determinado tipo de transporte, en una determinada ruta, con la ocurrencia o no de un evento. A partir de esta información se ha realizado una correlación de datos para evaluar cuál de estas variables incide al costo del traslado de los materiales. (Ver Anexo 3: Datos Históricos de precios pagados por movilización de materiales)

Los datos han sido analizados con la ayuda del software SSPS Statistics 21. El propósito del uso de este programa es analizar los datos con el fin de conocer cuánta incidencia en el costo tienen las variables de distancia, medio de transporte, capacidad de carga (peso) y eventos.

Para nuestro estudio, la variable dependiente es el Costo, y las variables independientes más influyentes son la distancia y el medio de transporte, por lo tanto no existe multicolinealidad.

**Análisis de Correlación de Variables**

		Costo	Peso	Distancia	M_transporte	Evento
Pearson Correlation	Costo	1,000	,229	,454	,123	,369
	Peso	,229	1,000	-,294	-,758	,168
	Distancia	,454	-,294	1,000	,212	,205
	M_transporte	,123	-,758	,212	1,000	-,154
	Evento	,369	,168	,205	-,154	1,000
Sig. (1-tailed)	Costo	.	,111	,006	,259	,022
	Peso	,111	.	,058	,000	,187
	Distancia	,006	,058	.	,130	,138
	M_transporte	,259	,000	,130	.	,208
	Evento	,022	,187	,138	,208	.
N	Costo	30	30	30	30	30
	Peso	30	30	30	30	30
	Distancia	30	30	30	30	30
	M_transporte	30	30	30	30	30
	Evento	30	30	30	30	30

**Cuadro 3.** Resultado Análisis de correlación con SPSS

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

Al analizar los datos, R2 ajustada se obtiene en 0,548, lo que indica que el coeficiente de relación entre las variables es medianamente confiable. En este caso, el modelo que se ha planteado está medianamente influenciado por las variables escogidas.

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,781 <sup>a</sup>	,610	,548	396,87996

a. Predictors: (Constant), Evento, M\_transporte, Distancia, Peso

b. Dependent Variable: Costo

**Cuadro 4.** Resumen del modelo planteado

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

(Ver anexo 4: Gráficos de Correlación de Variables con SPSS).

Este análisis se realiza con el fin de aclarar el panorama respecto a lo importante que es mantener una ruta adecuada de manera que cada viaje sea optimizado al máximo en su capacidad de envío de materiales entre las rutas fluviales y terrestres mencionadas anteriormente.

### **3.2. UBICACIÓN DE LA PLATAFORMA DE CROSS DOCKING**

“La localización de los recursos e instalaciones dentro de una red logística es una decisión estratégica que determina de forma sustancial la relación coste-servicio del sistema logístico global. En esta decisión se determinan el número, la localización, y el tamaño de los almacenes y/o fábricas por los que debe circular el flujo de mercancías”. (Francesc Robuste, 2007, pág. 23)

En el caso de la compañía de servicios petroleros de esta tesis, las condiciones tanto geográficas, como climáticas del sector donde se desarrollan los proyectos de la empresa de servicios petroleros, no permite la construcción de facilidades para la instalación de una bodega permanente, sino bodegas temporales y móviles.

Con el fin de que la plataforma de cross docking sea ubicada, se ha utilizado el método de localización llamado Centro de Gravedad, planteando como objetivo maximizar el nivel de servicio al usuario final al momento de distribuir y almacenar los materiales. (Francesc Robuste, 2007, pág. 23)

### **3.3. LOCALIZACIÓN DE UNA PLATAFORMA DE CROSS DOCKING POR EL MÉTODO DEL CENTRO DE GRAVEDAD**

El método de localización óptima, a través del centro de gravedad se basa en la premisa de que mientras exista una alta demanda o necesidad de un producto en un cierto punto, es más interesante ubicarse cerca de él. (Francesc Robuste, 2007, pág. 23)

Esta localización se expresa con la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum V_i \cdot R_i \cdot X_i}{\sum V_i \cdot R_i}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum V_i \cdot R_i \cdot Y_i}{\sum V_i \cdot R_i}$$






En donde:

$V_i$ : es la cantidad de toneladas que se transportan hacia el punto  $i$ .

$R_i$ : es el costo de transporte por unidad de carga hacia el punto  $i$

$\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  = son las coordenadas geográficas de ubicación de los puntos  $i$

En la siguiente tabla se resumen las coordenadas de los puntos donde se pueden construir facilidades para alojamiento y mantenimiento de bodegas temporales que se han considerado para este estudio. Luego de utilizar la fórmula de Centro de Gravedad, se establecen los nuevos puntos donde la ubicación es la óptima porque permite almacenar mayor volumen y, geográficamente facilita el recorrido de las distancias desde y hacia los otros puntos propuestos.

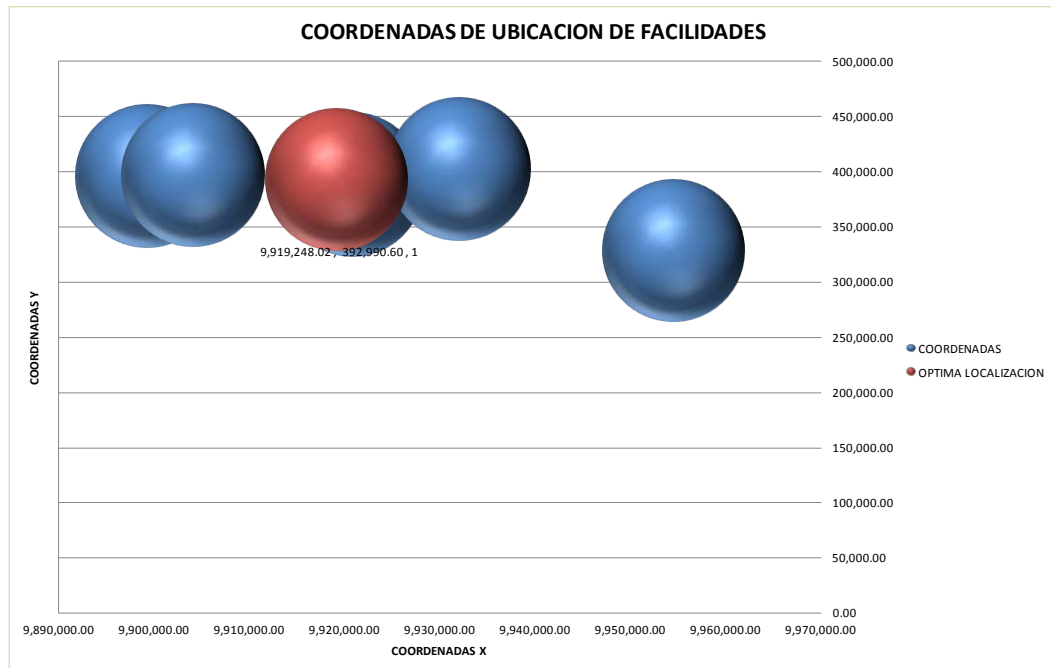
CAMPAMENTOS	FACILIDADES DISPONIBLES	COORDENADAS		PESO (Vi)	COSTO (Ci)
		Xi	Yi	(TONELADAS)	(US\$)
CAMPAMENTO 4	 BODEGA Y ALOJAMIENTO [4]	9,899,314.00	396,281.00	350	10
CAMPAMENTO 3	 BODEGA Y ALOJAMIENTO [3]	9,904,146.00	397,071.15	460	10
CAMPAMENTO 2	 BODEGA SATELITE [2]	9,920,878.73	388,142.41	150	10
CAMPAMENTO 1	 BODEGA Y ALOJAMIENTO [1]	9,932,061.18	402,499.31	689	10
PUERTO ITAYA	 PUERTO DE CARGA (ORIGEN)	9,954,584.35	328,502.25	480	2.86
	<b>COORDENADAS RESULTANTES</b>	<b>9,919,248.02</b>	<b>392,990.60</b>		

**Cuadro 5.** Resumen de coordenadas donde se pueden instalar facilidades de bodegas.

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

El resultado de este modelo indica que la localización óptima se encuentra entre las siguientes coordenadas:



**Grafica 6.** Coordenadas de ubicación de una plataforma de Cross Docking

**Fuente:** Investigación propia

**Elaboración:** Andrea Pulupa

La nueva coordenada, según el método del Centro de Gravedad, indica que la Localización Óptima de una plataforma de cross docking es justo entre donde se encuentran las Facilidades de Bodega y Alojamiento 3 y Bodega Satélite (2). Con este resultado, se puede inferir que la mejor decisión es unificar las bodegas en esta nueva coordenada, con el fin de que los equipos y materiales lleguen a un solo punto y desde este nuevo punto se coordine la movilización hacia las otras bodegas satélites que se encuentran más alejadas.

Con este análisis, la empresa tiene en sus manos la toma de decisión respecto al establecimiento la nueva bodega temporal sea lo suficientemente grande como para que albergue la mayor cantidad de material, equipos y maquinaria que requiere un cierto proyecto en un período determinado de tiempo, la misma que se traduzca en la mejora de la recepción y despacho de carga hacia

las bodegas satélite, así como la inversión en tecnología que se aplique para la toma física de inventarios en períodos cortos o de tránsito.

### **3.4. PROCESO DE MANEJO DE ABASTECIMIENTO A LA PLATAFORMA DE CROSS DOCKING PROPUESTA**

El manejo de carga hacia la plataforma propuesta, requiere de recursos humanos, medios de transporte y facilidades de almacenamiento adecuados al tamaño del centro propuesto luego del análisis con el Método del Centro de Gravedad.

#### **Recurso Humano**

El recurso humano propuesto es:

- Bodeguero y ayudante de bodega
- Supervisor Logístico Fluvial
- Coordinador Logístico entre plataforma de cross docking y bodegas satélite

#### **Medios de Transporte**

Los medios de transporte propuestos son:

- Fluvial (entre puertos de envío y recepción de carga)
- Terrestre (entre puertos de recepción de carga y plataforma de cross docking hacia bodegas satélite)



## **Facilidades y Tecnología**

Las facilidades de almacenamiento propuestas son:

- Área de almacenamiento delimitada con cerramiento de malla para proteger el acceso de personal. Techos de zinc y campers bodega para almacenamiento de insumos de pequeño tamaño.
- Oficina dotada con equipos de cómputo y programas de manejo de inventarios que permita llevar el control de ingreso/salida de carga hacia las bodegas satélite.
- ERP interconectado con las fuentes desde donde inicia el flujo de materiales (Quito-Coca).

El procedimiento se basa en la coordinación de carga desde y hacia los puertos a través de una planificación en la cual se indique cantidades, pesos y volúmenes a movilizarse desde cierto punto, indicando las coordenadas de destino final a través de comunicación cruzada entre los puntos de despacho y abastecimiento.

En primer lugar, se deben identificar equipos y materiales que requieren ser movilizadas desde y hacia los diferentes puntos de trabajo en un bloque petrolero, esto facilitará al Coordinador Logístico el cálculo de peso que cada gabarra o canoa disponible puede llevar hacia el siguiente punto.

Una vez identificados, se prioriza su movilización, como por ejemplo: alimentos, medicinas y agua, estableciendo frecuencias de rotación de este tipo de carga desde y hacia los diferentes puntos de consumo.

La movilización se hace con comunicación constante desde y hacia los puntos a través de comunicación por radio y luego a través de medios informáticos.

Dado que la movilización de la carga vía fluvial toma al menos 6 horas de viaje, toda planificación se hace considerando tiempos de viaje y retorno de gabarra y canoa (medios de transporte) en frecuencias cada 3 días.

### **3.5. MODELO DE OPTIMIZACIÓN**

Una de las actividades logísticas que requiere de coordinación constante para optimizar uso de espacios y ahorro de costos, es el traslado de material pétreo en gabarras, el mismo que se utiliza en lugares donde se construyen vías de acceso hacia pozos de extracción de petróleo.

La movilización del material pétreo se realiza sobre volquetas que luego descargan el material sobre el piso de la gabarra, considerando el espacio y el peso que ello significa para este medio de transporte y su capacidad, así como también el precio de cada envío de material a su punto de destino.

Realizando un modelo de optimización lineal de transporte, se analizan las variables tales como costo de envío de material pétreo en gabarra, cantidad de material que se desea enviar y se establecen las restricciones de capacidad del medio de transporte tanto en peso como en volumen.

El modelo matemático que se utiliza para la resolución de minimización de costos, puede ser expresado en un lenguaje matemático GAMS utilizando el modelo de programación lineal entera mixta, en donde:

**$i$  = gabarras que trasladan material pétreo (GC01, GC02)**  
 **$j$  = frentes de trabajo que requieren material pétreo (FT1, FT2)**

Cada gabarra tiene una capacidad máxima de carga de:

**$A_i$  = toneladas de material pétreo (en m<sup>3</sup>)**

Cada frente de trabajo una necesidad de:

**$B_j$  = cantidad de material pétreo (en m<sup>3</sup>)**

En nuestro estudio, la necesidad de material pétreo que requiere cada frente de trabajo es superior a la capacidad de carga de la gabarra.

El costo de transportar el material pétreo en cada viaje de gabarra desde el punto de origen hasta cada frente de trabajo es:

**$C_{ij}$  = Costo de transporte**

Lo que se requiere es satisfacer la demanda de material pétreo en cada frente de trabajo al mínimo costo, lo cual es la función objetivo.

Variables: Cantidad de material pétreo que se carga en cada gabarra  $i$ , a cada frente de trabajo  $j$ .

Límite de carga (capacidad máxima) de cada gabarra:

$$\sum_j X_{ij} \leq a \quad \text{para cada gabarra}$$

### **Modelando en Gams**

**Costo:**  $CT = E = \text{Sum} [(ij), C(i,j) x(i,j)]$

**Capacidad (i):**  $\text{Sum} [j, x(i,j)] = L = A(i)$

$$\text{Demanda (j): } \sum [(i, x(i,j))] = G = B(j)$$

\$TITLE MODELO OPTIMIZACION TRANSPORTE

SETS

I gabarras /GC01, GC02/  
 J frentes de trabajo /FT1, FT2/

PARAMETERS

A (i) capacidad de carga de gabarras [m3]  
 /GC01 350  
 GC02 250/  
 B (j) necesidad de material [m3]  
 /FT1 550  
 FT2 1300/

TABLE

C(i,j) costo por m3 de transporte de material en gabarra [dolares]

	FT1	FT2
GC01	31.36	50.96
GC02	28.42	31.40

VARIABLES

X(i,j) cantidad de material transportados en gabarra i hasta frente j [m3]  
 CT costo de transporte [dolares]

POSITIVE VARIABLE X

EQUATIONS

COSTO costo total de transporte [dolares]  
 CAPACIDAD capacidad maxima de cada gabarra i [m3]  
 DEMANDA cumplimiento de necesidad de material [m3];

COSTO .. CT =e= SUM[(i,j), C(i,j)\* X(i,j)];  
 CAPACIDAD (i) .. SUM[j, X(i,j)] =l= A(i);  
 DEMANDA (j).. SUM [i, X(i,j)]=g=B(j);

MODEL TRANSPORTE /COSTO,CAPACIDAD,DEMANDA/

SOLVE TRANSPORTE USING LP MINIMIZING CT

## Resultado

### SOLVE SUMMARY

MODEL TRANSPORTE      OBJECTIVE CT

TYPE LP                  DIRECTION MINIMIZE

SOLVER CPLEX            FROM LINE 40

\*\*\*\* SOLVER STATUS    1 Normal Completion

\*\*\*\* MODEL STATUS    4 Infeasible

\*\*\*\* **OBJECTIVE VALUE            1250.0000** Es el mejor costo al cual se puede trasladar la cantidad de material pétreo que requiere cada frente de trabajo con el uso de las gabarras que actualmente posee la empresa.

RESOURCE USAGE, LIMIT    0.038    1000.000

ITERATION COUNT, LIMIT    4    2000000000

IBM ILOG CPLEX    May 24, 2010 23.4.3 WIN 17710.17719 VS8 x86/MS Windows

Cplex 12.1.0, GAMS Link 34

LP status(4): unbounded or infeasible

Presolve found the problem infeasible or unbounded.

Rerunning with presolve turned off.

LP status(3): infeasible

Dual infeasible or unbounded. Switching to primal to aid diagnosis.

LP status(3): infeasible

Model has been proven infeasible.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU COSTO	.	.	.	1.000
COSTO costo total de transporte [dolares]				
---- EQU CAPACIDAD	capacidad maxima de cada gabarra i [m3]			
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
GC01	-INF	1600.000	350.000	-1.000 INFES
GC02	-INF	250.000	250.000	-1.000
---- EQU DEMANDA	cumplimiento de necesidad de material [m3]			
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
FT1	550.000	550.000	+INF	1.000
FT2	1300.000	1300.000	+INF	1.000
---- VAR X	cantidad de material transportados en gabarra i hasta frente j [m3]			
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
GC01.FT1	.	550.000	+INF	.
GC01.FT2	.	1050.000	+INF	.
GC02.FT1	.	.	+INF	EPS
GC02.FT2	.	250.000	+INF	.

Este resultado permite conocer que la gabarra CG01 es la que se utiliza para abastecer a los 2 frentes de trabajo.

Por otro lado, la gabarra CG02, se sugiere sea utilizada para el frente de trabajo FT02 exclusivamente

```
          LOWER  LEVEL  UPPER  MARGINAL
---- VAR CT      -INF 1250.000  +INF  .

CT costo de transporte [dolares]

**** REPORT SUMMARY :    0  NONOPT

          1 INFEASIBLE (INFES)

          SUM 1250.000

          MAX 1250.000

          MEAN 1250.000

          0 UNBOUNDED

EXECUTION TIME   =   0.000 SECONDS   2 Mb WIN234-234 May 21, 2010

USER: GAMS Development Corporation, Washington, DC G871201/0000CA-ANY

Free Demo, 202-342-0180, sales@gams.com, www.gams.com DC0000
```

## **CAPÍTULO IV**

### **4.1. CONCLUSIONES**

1. La ubicación de la plataforma de cross docking propuesta se ajusta a la necesidad y facilidades de espacio con las que cuenta el campamento localizado en el Oriente Ecuatoriano, puesto que, a través del análisis con el Método del Centro de Gravedad, las coordenadas de ubicación proponen una ubicación cercana a las actuales bodegas satélites que se abastecerán en un futuro de la Plataforma de cross docking, permitiendo así eliminar bodegas satélite de menor capacidad para abrir una opción de mejor alcance entre los puntos de trabajo que permitirán mejorar el tiempo de manejo y recepción de carga.
2. También se optimiza el recurso humano que se requiere para el manejo de la carga y se ubica personal necesario en el nuevo punto estratégico ubicado.
3. Así mismo, se optimiza el recurso tecnológico necesario: radios portátiles y equipos informáticos con sistema para manejo de inventarios; así como también vehículos que establecen rutas y horarios específicos para el traslado de materiales, que facilitan la ubicación constante de los materiales.
4. El procedimiento para manejo de materiales en una plataforma de cross docking, abarca las necesidades reales en recurso humano y tecnológico básicos necesarios para que su operación sea oportuna conforme a capacidad e infraestructura de la empresa.
5. Luego de aplicar el modelo de optimización con programación lineal, se puede concluir que cada frente de trabajo que requiere material pétreo, puede satisfacer su necesidad con los recursos de actualmente posee.



## **4.2. RECOMENDACIONES**

1. El análisis de la ubicación de la plataforma de cross docking utilizado en este estudio puede ser usado y adaptado para otros proyectos que ejecute compañía de servicios petroleros en sectores adyacentes, así como también su procedimiento podrá ser ampliado a las necesidades del manejo de materiales, por su tipo y prioridad con los medios de transporte ya descritos en todo el desarrollo de esta tesis.
2. El modelo de optimización satisface la necesidad de establecer el mejor costo para traslado de materiales a granel, como en el caso del material pétreo expuesto en el presente estudio, por lo cual puede ser aplicado a otro tipo de actividades propias de la empresa, como por ejemplo, movilización de tubería de diferentes diámetros, bobinas de cable de poder, contenedores para armar campamentos móviles, entre otros.

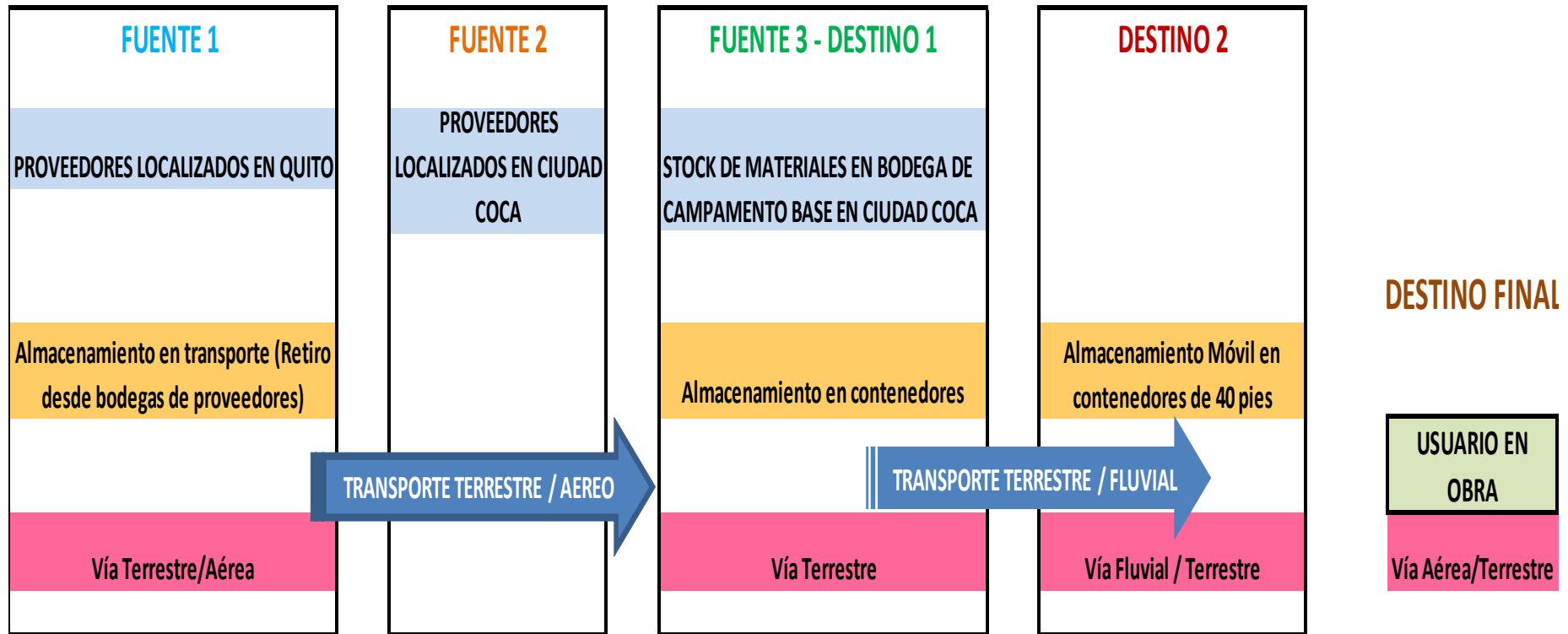
## **BIBLIOGRAFÍA**

- **BALLOU, RONALD H.** Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición. México: Pearson Educación, 2004. 816p. ISBN 970-26-0540-7.
- **EAN INTERNATIONAL.** Cross Docking. Cómo utilizar los estándares de la EAN. UCC. [en línea]. Versión 1. Enero 2000 [11 de noviembre de 2012]. Disponible en: <http://www.gs2.org.ar>.
- **LOCALIZACIÓN DE UNA PLATAFORMA DE CROSS DOCKING EN EL CONTEXTO DE LOGÍSTICA FOCALIZADA** [en línea]. Bogotá, Colombia: Ing. Luz Elena Santaella Valencia Ph.D. Universidad Militar Nueva Granada. Junio 2008 [citado Mayo de 2012]. Publicación semestral. Disponible en internet: [www.umng.edu.co/documents/63968/74786/18n1art2/pdf](http://www.umng.edu.co/documents/63968/74786/18n1art2/pdf). ISSN 0124-8170.
- **FRANCESC ROBUSTÉ, ANTÓN.** Logística del transporte. 1ª ed. 1ª reimpr. Barcelona, España. EDICIONS DE LA UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA, SL, 2005, 207p. ISBN:84-8301-773-3.
- **MORA GARCIA, LUIS A.** Gestión Logística Integral, 1ª ed. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones, 2008, 380p. ISBN 978-958-648-572-2.
- **MORA GARCÍA, LUIS A.** Indicadores de la gestión logística. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones, 2007, 121p. ISBN 9586-485-633.

- HUGOS, MICHAEL. Essentials of Supply Chain Management [en línea]. John Wiley & Sons Inc, 2003. New Jersey, USA. 254 p. ISBN 0-471-23517-2.
- **MAULEÓN TORRES, MIKEL.** Logística y Costos. Ediciones Díaz de Santos, 2006. Madrid-Buenos Aires. 513p. ISBN 84-7978-741-4.
- **RUSHTON, ALAN; CROUCHER, PHIL; BAKER, PETER;** The handbook of Logistics and Distribution Management. 3° Edition. Kogan Page Limited, 2006. Great Britain, UK. 612p. ISBN 0-7494-4669-2.
- **MAULEON TORRES, MIKEL.** Sistemas de Almacenaje y Picking. Díaz de Santos, 2003. Madrid-Buenos Aires. 388p. ISBN 978-84-7978-559-8.
- **BOWERSOX, DONALD; CLOSS DAVID J.; COOPER M. BIXBY.** Supply Chain Logistics Management. Mc. Graw Hill, 2002. New York, USA. 656p. ISBN 0-07-235100-4.
- **SUPPLY CHAIN AND OPERATIONS MANAGEMENT GLOSSARY.** [en línea], disponible en internet: <http://lindo.com> . LINDO systems 2003.
- **RAMOS, SANCHEZ, FERRER, BARQUIN, LINARES,** Modelos matemáticos de optimización. [en línea], p.5. Madrid, Universidad Pontificia Comillas. Disponible en :  
[http://www.gams.com/docs/contributed/modelado\\_en\\_gams.pdf](http://www.gams.com/docs/contributed/modelado_en_gams.pdf)

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: FLUJO DE FUENTES Y MEDIOS



## ANEXO 2: RUTAS FLUVIALES Y TERRESTRES, COSTOS, MEDIOS DE TRANSPORTE Y CAPACIDADES DE CARGA

RUTA FLUVIAL ENTRE PUERTOS	DISTANCIA	COSTO US\$	M. TRANSPORTE	PESO									
PUERTO FLUVIAL DE DESPACHO - PUERTO DE FLUVIAL DE LLEGADA	91.1	1,000.00	1	350									
PUERTO FLUVIAL DE DESPACHO - PUERTO DE FLUVIAL DE LLEGADA	91.1	980.00	2	150									
RUTAS TERRESTRES ENTRE PLATAFORMAS DE TRANSFERENCIA	DISTANCIA	COSTO US\$	M. TRANSPORTE	PESO	COSTO US\$	M. TRANSPORTE *	PESO	COSTO US\$	M. TRANSPORTE*	PESO	COSTO US\$	M. TRANSPORTE*	PESO
CENTRO DE ABASTECIMIENTO PRINCIPAL - BODEGA 1	413	380.00	3	7	500.00	4	12	1,200.00	5	25	2,300.00	6	27
CENTRO DE ABASTECIMIENTO PRINCIPAL - PUERTO DE DESPACHO	360.0	480.00	3	7	850.00	4	12	1,350.00	5	25	2,450.00	6	27
BODEGA PRINCIPAL - PUERTO DE DESPACHO	52.0	200.00	3	7	350.00	4	12	800.00	5	25	900.00	6	27
PUERTO DE DESPACHO - BODEGA SATELITE 1	12.0	100.00	3	7	100.00	4	12	200.00	5	25	200.00	6	27

- CADA MEDIO DE TRANSPORTE SE HA IDENTIFICADO CON UN NÚMERO SEGÚN EL SIGUIENTE DETALLE:

TRANSPORTE FLUVIAL	IDENTIFICACIÓN	TRANSPORTE TERRESTRE	IDENTIFICACIÓN
GABARRA	1	CAMION 7 TON	3
CANOA DE CARGA	2	PLATAFORMA 12 TON	4
		CAMA ALTA 25 TON	5
		CAMA BAJA 27 TON	6

- **Eventos:**

EVENTOS POSIBLES:	ID.	COSTO
CON EVENTO	1	5% COSTO
SIN EVENTO	0	

### ANEXO 3: DATOS HISTÓRICOS DE PRECIOS PAGADOS POR MOVILIZACIÓN DE MATERIALES

VARIABLES DE CORRELACIÓN					
	Distancia (km)	Peso (TON)	M. de Transporte	Evento	Costo (US \$)
1	91.1	350	1	0	380.00
2	413	7	3	1	433.65
3	52	12	4	0	350.00
4	360	25	5	0	1,350.00
5	91.1	150	2	1	1,029.00
6	12	27	6	0	200.00
7	52	25	5	0	800.00
8	91.12	350	1	1	1,050.00
9	12	27	6	0	200.00
10	413	12	4	0	500.00
11	91.1	150	2	0	980.00
12	360	12	4	0	850.00
13	52	27	6	0	900.00
14	52	7	3	0	200.00
15	91.1	150	2	1	1,029.00
16	360	7	3	0	480.00
17	12	7	3	0	100.00
18	413	25	5	0	1,200.00
19	52	12	4	0	350.00
20	91.12	350	1	0	1,000.00
21	360	27	6	0	2,450.00
22	413	12	4	0	500.00
23	12	25	5	0	200.00
24	360	7	3	0	380.00
25	91.1	150	2	0	980.00
26	52	12	4	0	350.00
27	413	27	6	1	2,415.00
28	360	25	5	1	1,417.50
29	91.12	350	1	0	1,000.00
30	12	12	4	0	100.00

## ANEXO 4: ANÁLISIS DE DATOS CON SPSS

**Descriptive Statistics**

	Mean	Std. Deviation	N
Costo	794,6500	590,26165	30
Peso	79,3000	117,35127	30
Distancia	177,5287	162,76711	30
M_transporte	3,6667	1,64701	30
Evento	,2000	,40684	30

**Correlations**

		Costo	Peso	Distancia	M_transporte	Evento
Pearson Correlation	Costo	1,000	,229	,454	,123	,369
	Peso	,229	1,000	-,294	-,758	,168
	Distancia	,454	-,294	1,000	,212	,205
	M_transporte	,123	-,758	,212	1,000	-,154
	Evento	,369	,168	,205	-,154	1,000
	Costo	.	,111	,006	,259	,022
Sig. (1-tailed)	Peso	,111	.	,058	,000	,187
	Distancia	,006	,058	.	,130	,138
	M_transporte	,259	,000	,130	.	,208
	Evento	,022	,187	,138	,208	.
	Costo	30	30	30	30	30
N	Peso	30	30	30	30	30
	Distancia	30	30	30	30	30
	M_transporte	30	30	30	30	30
	Evento	30	30	30	30	30
	Evento	30	30	30	30	30



**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Evento, M_transporte, Distancia, Peso <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: Costo

b. All requested variables entered.

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,781 <sup>a</sup>	,610	,548	396,87996

a. Predictors: (Constant), Evento, M\_transporte, Distancia, Peso

b. Dependent Variable: Costo

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6166013,016	4	1541503,254	9,786	,000 <sup>b</sup>
	Residual	3937842,559	25	157513,702		
	Total	10103855,575	29			

a. Dependent Variable: Costo

b. Predictors: (Constant), Evento, M\_transporte, Distancia, Peso

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics		
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF	
1	(Constant)	-907,668	338,290		-2,683	,013	-1604,390	-210,946					
	Peso	4,480	,993	,891	4,510	,000	2,434	6,526	,229	,670	,563	,400	2,502
	Distancia	1,870	,492	,516	3,802	,001	,857	2,884	,454	,605	,475	,847	1,181
	M_transporte	259,018	68,628	,723	3,774	,001	117,676	400,359	,123	,602	,471	,425	2,352
	Evento	326,401	191,024	,225	1,709	,100	-67,021	719,823	,369	,323	,213	,899	1,112

a. Dependent Variable: Costo

**Collinearity Diagnostics<sup>a</sup>**

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions				
				(Constant)	Peso	Distancia	M_transporte	Evento
1	1	3,130	1,000	,00	,01	,03	,01	,03
	2	,901	1,864	,00	,17	,04	,01	,14
1	3	,665	2,170	,00	,10	,02	,00	,69
	4	,277	3,360	,01	,04	.87	,05	,13
	5	,027	10,816	,98	,69	,04	.93	,00

a. Dependent Variable: Costo

**Casewise Diagnostics<sup>a</sup>**

Case Number	Std. Residual	Costo	Predicted Value	Residual
21	2,543	2450,00	1440,7418	1009,25820

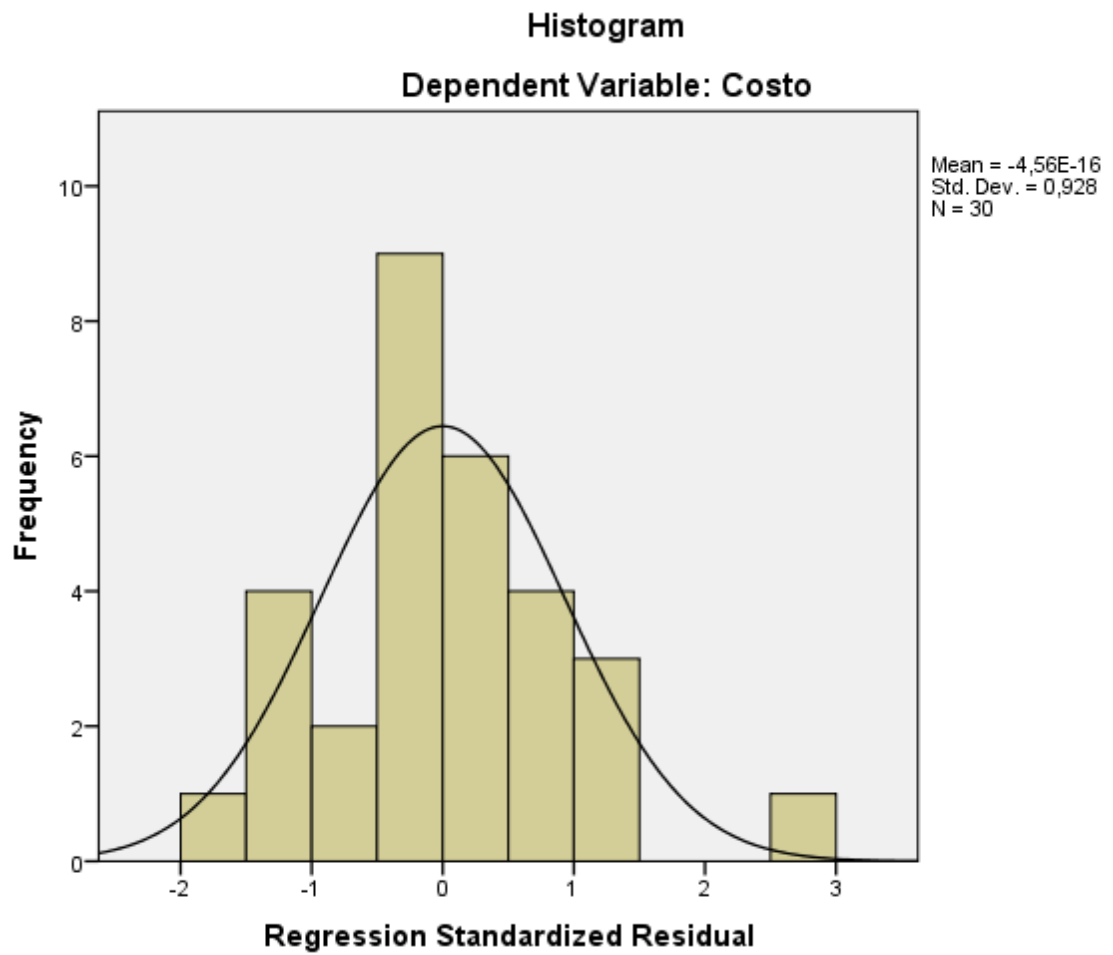
a. Dependent Variable: Costo

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-76,8108	1866,2744	794,6500	461,10860	30
Residual	-600,62366	1009,25818	,00000	368,49379	30
Std. Predicted Value	-1,890	2,324	,000	1,000	30
Std. Residual	-1,513	2,543	,000	,928	30

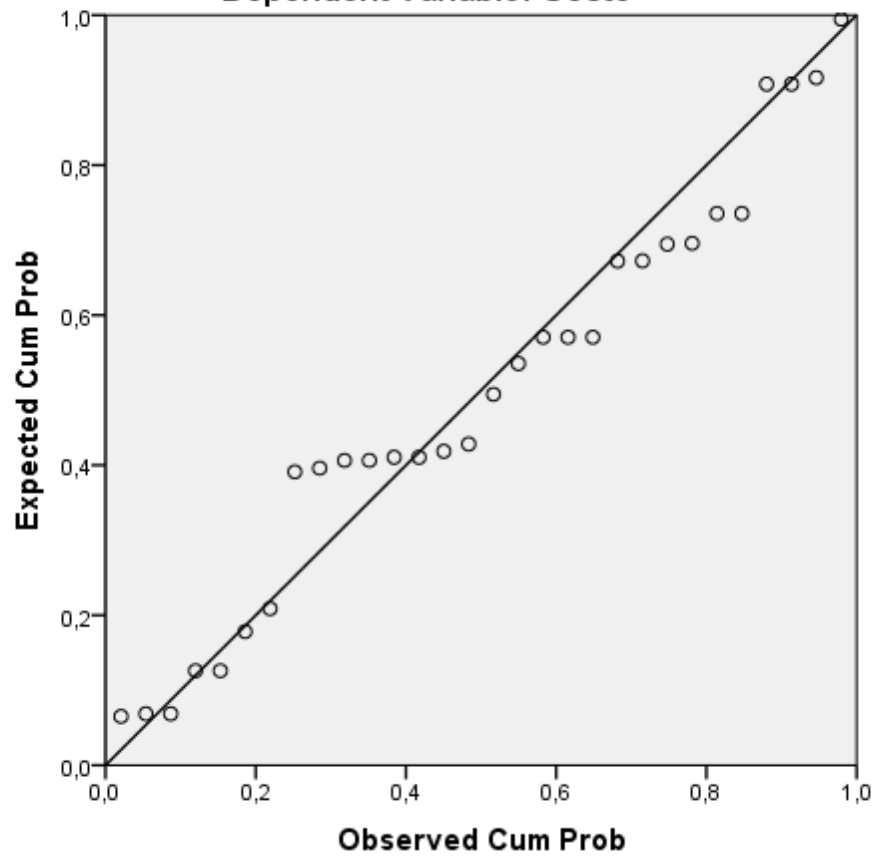
a. Dependent Variable: Costo

## GRÁFICOS ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE VARIABLES



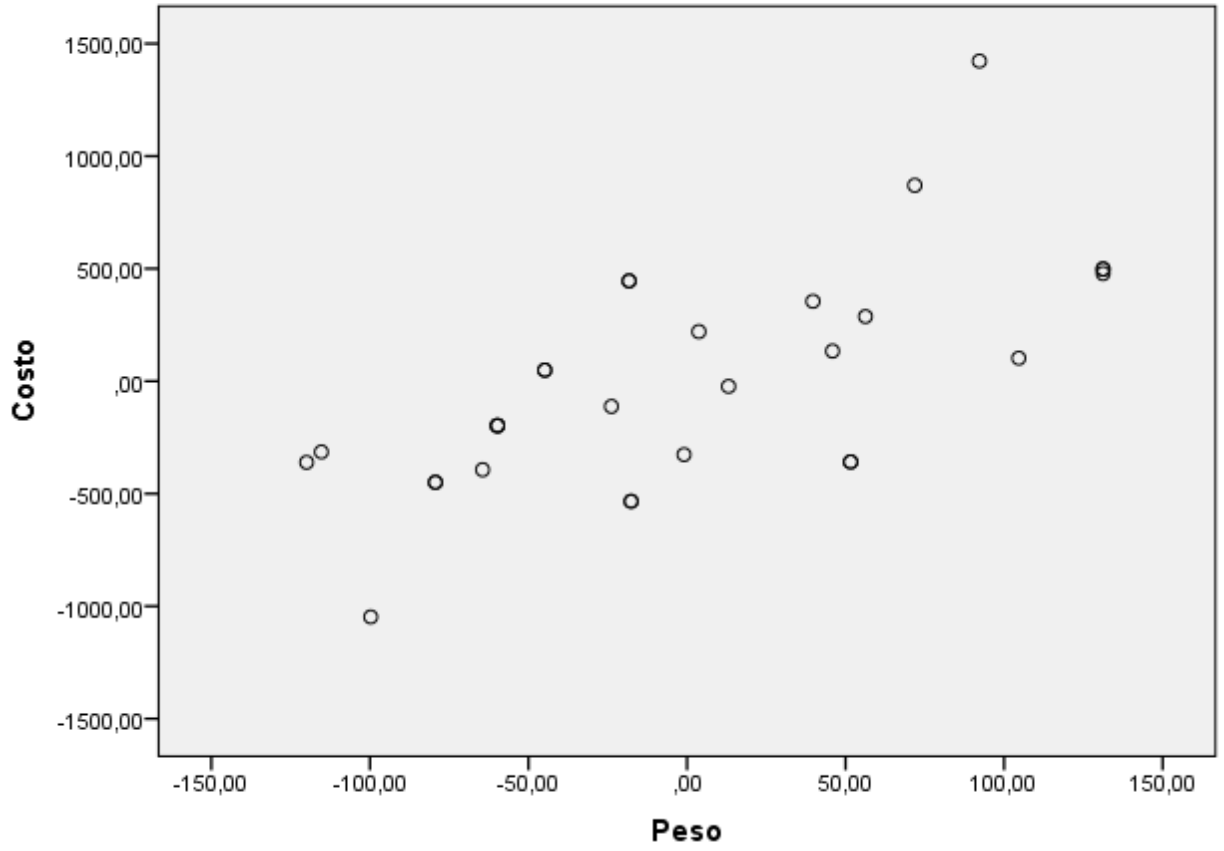
### Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

Dependent Variable: Costo

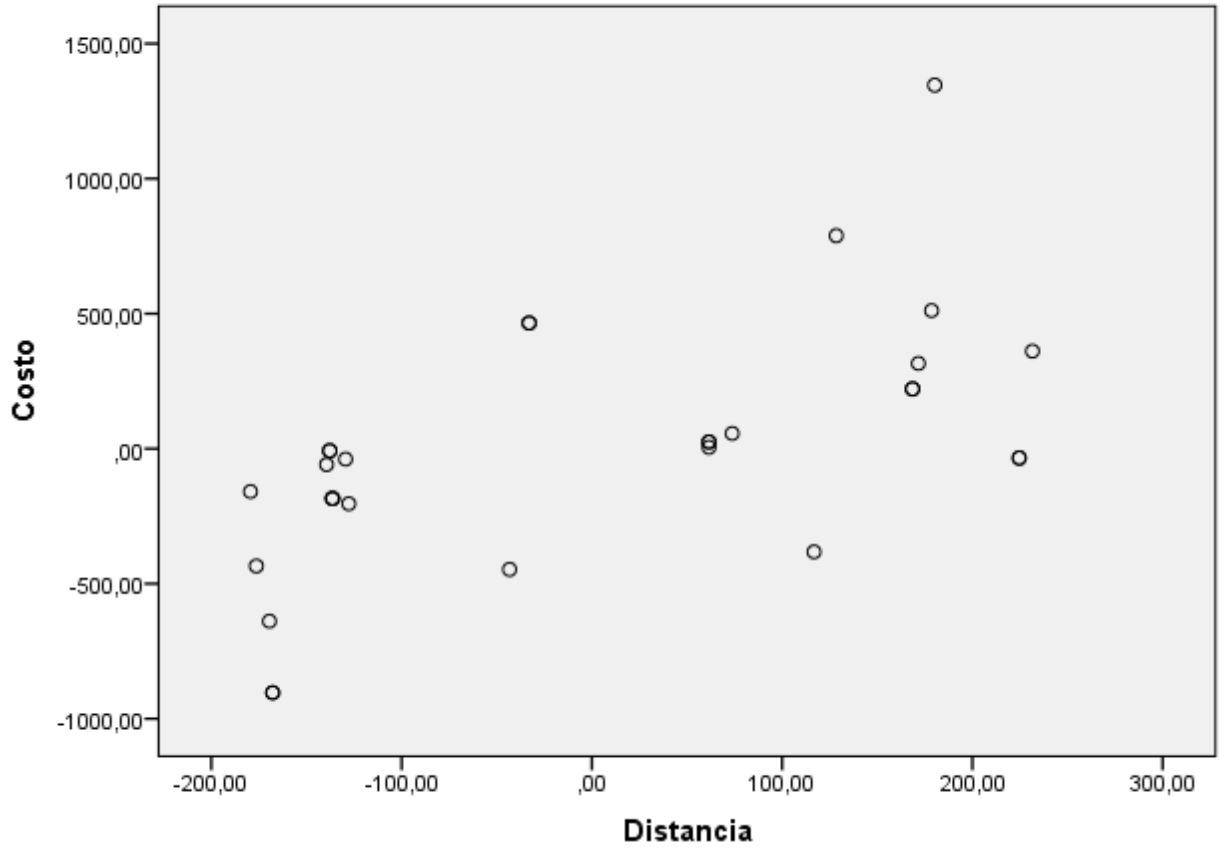


- AJUSTE DE LAS VARIABLES A REGRESIÓN LINEAL

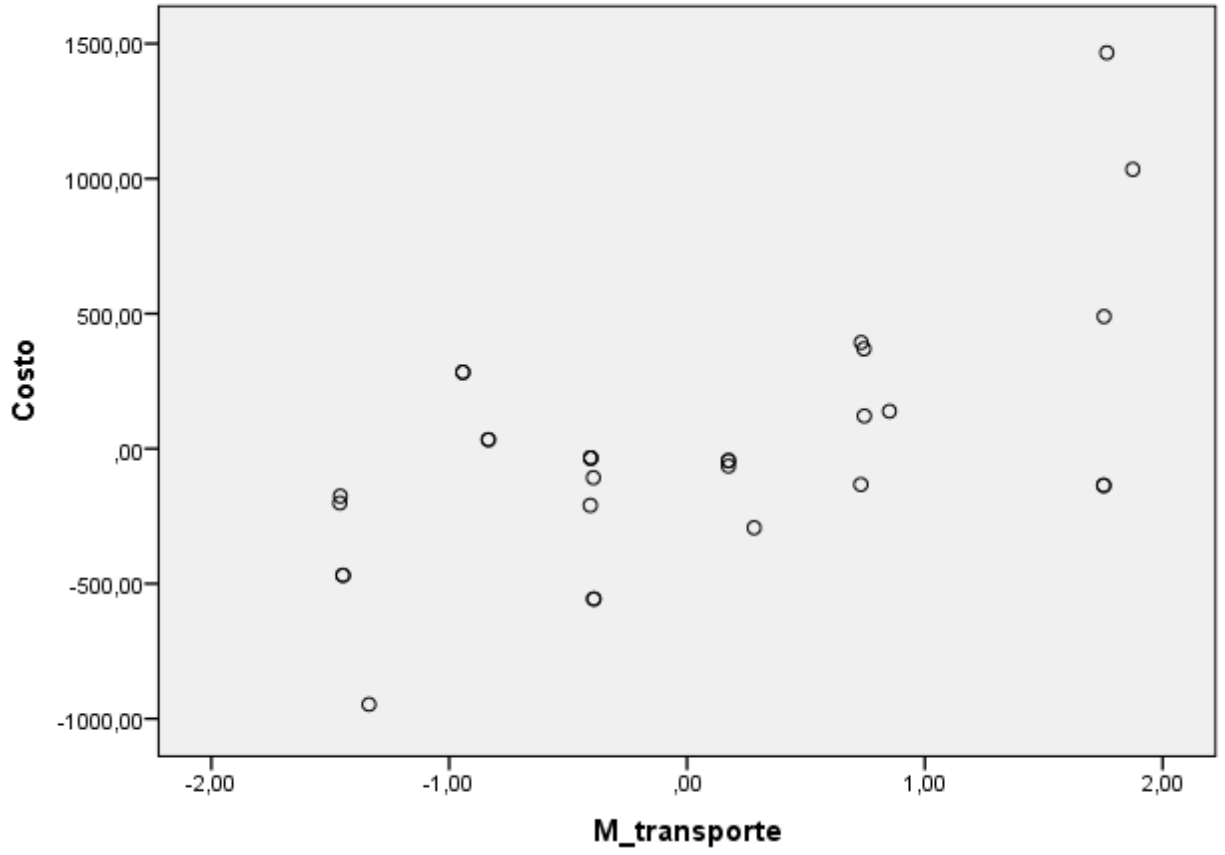
Partial Regression Plot  
Dependent Variable: Costo



Partial Regression Plot  
Dependent Variable: Costo



Partial Regression Plot  
Dependent Variable: Costo





Partial Regression Plot  
Dependent Variable: Costo

