

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DE UNA  
EMPRESA METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE CALI**

**JUAN FELIPE GARCÍA RAMIREZ**

**SEBASTIÁN PLATA DE LA CRUZ**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CALI**

**2013**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DE UNA  
EMPRESA METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE CALI**

**JUAN FELIPE GARCÍA RAMIREZ**

**SEBASTIÁN PLATA DE LA CRUZ**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR  
POR EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**DIRECTOR DEL PROYECTO:**

**Meir Tanura Saportas**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CALI**

**2013**

## **DEDICATORIA**

**Este trabajo de grado se lo dedicamos a Dios por su amor,  
y a nuestros padres por su apoyo fundamental  
durante este año de trabajo.**

**A Gloria, Fernando y Ana por el cariño, respeto y ejemplo  
que me han otorgado durante toda la vida.**

**Modelos de dedicación, superación y realización de los sueños.**

**(Juan Felipe García Ramírez)**

**A Víctor y Genoveva por apoyarme en cada momento crítico y por motivarme  
a continuar y nunca parar. Por el amor y respeto que me han dado y por ser  
modelos a seguir.**

**(Sebastián Plata De La Cruz)**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Meir Tanura por brindarnos el apoyo fundamental durante el desarrollo de este proyecto de grado, ofreciéndonos la información necesaria para la elaboración del mismo.**

**A Jairo Guerrero por darnos el ánimo suficiente para nunca desfallecer y por su asesoría en los momentos más críticos del proyecto.**

**A Efraín Pinto por ofrecernos sus conocimientos de logística y por otórganos una visión diferente sobre el tema del proyecto.**

**A Sebastián Cortes, por asesorarnos en temas de programación algorítmica y creación de herramientas computacionales.**

**A todos los profesores del Departamento de Ingeniería Industrial por otorgarnos los conocimientos necesarios para ser cada día unos mejores ingenieros industriales, y unos ciudadanos de bien.**

## CONTENIDO

	Pág
1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA.....	7
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO.....	7
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....	11
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	14
1.5 DELIMITACIÓN Y ALCANCE.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO.....	16
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
3. METODOLOGÍA .....	17
3.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO.....	17
4. MARCO DE REFERENCIA .....	19
4.1 ANTECEDENTES .....	19
4.2 MARCO TEÓRICO.....	20
4.2.1 VRP.....	20
4.2.3 PRINCIPIOS DE RUTEO DE VEHICULOS.....	20
4.2.3 LOGISTICS MANAGEMENT .....	21
4.2.4 MEJORAMIENTO DMAIC .....	21
5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....	24
5.1 RECURSOS DISPONIBLES .....	24
5.2 EQUIPO DE INVESTIGADORES.....	24
6. CRONOGRAMA .....	25
7. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	26
7.1 Verificar y diagnosticar el estado actual de las actividades de transporte de la empresa.....	26
7.2 Realizar una propuesta de mejoramiento DMAIC que permita mejorar el estado actual de la logística de la empresa. ....	30
7.2.1 Definir (D).....	31
7.2.2 Medir (M).....	34
7.2.3 Analizar (A) .....	36

7.2.4 Mejorar (M) (Improve (I)).....	38
7.2.5 Controlar (C) .....	43
7.3 Desarrollar una herramienta que contenga la propuesta de mejoramiento de las actividades de transporte de la empresa teniendo en cuenta todas las consideraciones del sector metalmeccánico.....	43
7.4 Documentar e implementar la propuesta de mejoramiento en la empresa..	56
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
8.1 Conclusiones.....	60
8.2 Recomendaciones.....	60
9. BIBLIOGRAFÍA .....	62
10. ANEXOS .....	63

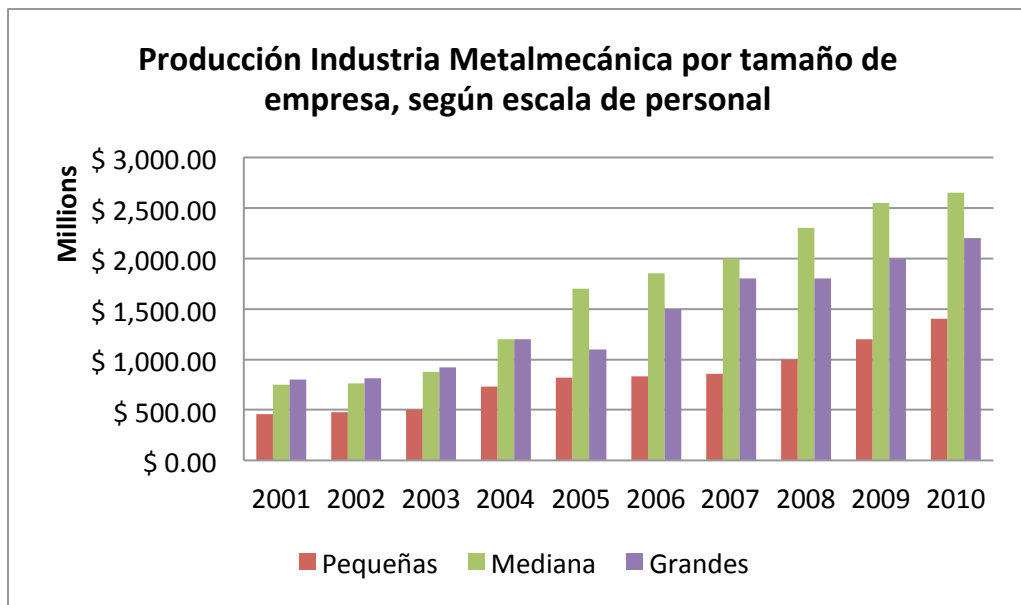
# 1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA

## 1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

Propuesta de mejoramiento de la operación logística de una empresa metalmeccánica ubicada en la ciudad de Cali.

## 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos 15 años la industria metalmeccánica de Colombia ha tenido un gran crecimiento en ventas impulsado por el aumento del PIB y la internacionalización de la manufactura nacional. Según un informe del DANE, tanto empresas grandes como Pymes han aprovechado las condiciones del mercado para generar un mayor crecimiento en ventas.

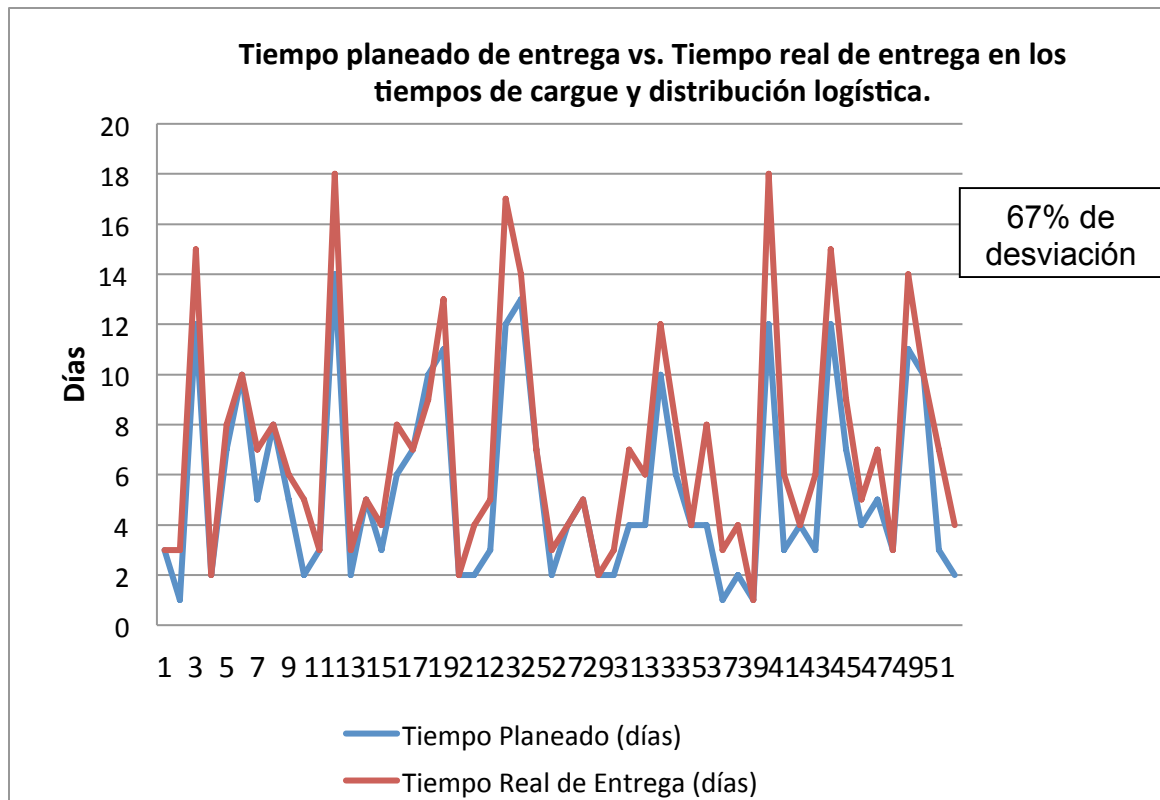


Fuente: Universidad EAN – DANE. Revista EAN #72 Junio de 2012

La industria metalmeccánica de Cali ha experimentado el crecimiento nacional con la aparición de un mayor número de empresas dedicadas al diseño, fabricación e instalación de productos del sector. En este contexto, hay un incremento notorio de clientes que requieren estructuras y partes de carpintería metálica. Por esta

razón, es necesario para las empresas dedicadas a esta actividad planear las actividades de transporte para mejorar la productividad global de la empresa, reducir los costos asociados a la logística de cargue y distribución, y entregar a tiempo las órdenes de cada uno de los clientes.

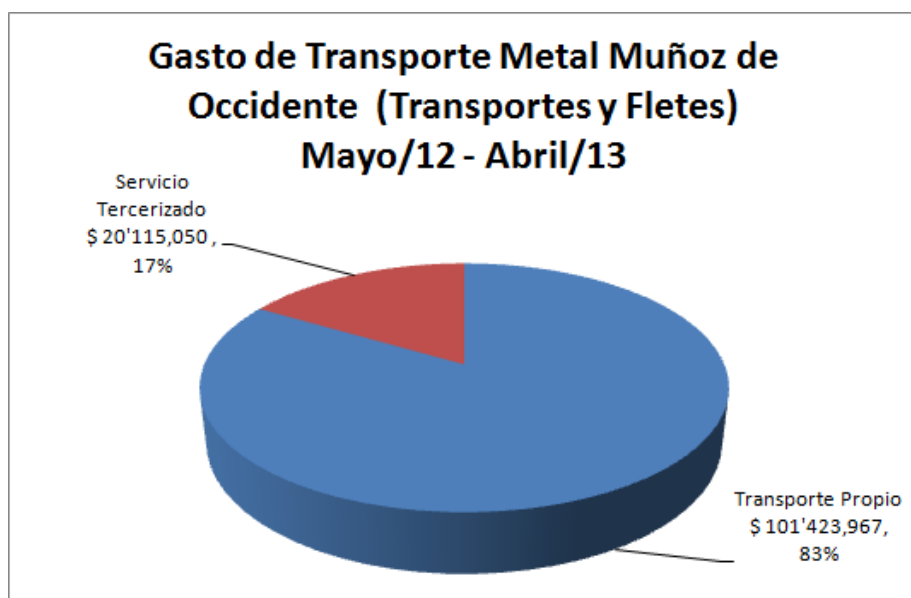
En una pyme del sector metalmecánico de la ciudad de Cali se observa un incumplimiento en las fechas de entrega de las órdenes a los clientes. Una estadística del mes de Noviembre del año 2012 de la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda.; revela que hay una carencia de herramientas sistémicas que permitan planear las actividades de logística de acuerdo a las restricciones de capacidad tanto administrativas como operativas. Los tiempos planeados de entrega son muy diferentes a los tiempos reales de entrega de pedidos y partes manufacturadas. Se evidencia una desviación de aproximadamente 67% entre el valor esperado y el resultado real de la operación.



Fuente: Los autores. Datos Metal Muñoz de Occidente Ltda. Datos: Noviembre de 2012.



Las operaciones logísticas se ven directamente afectadas por el nivel de actividad de la empresa y restringidas por la baja integración de las áreas fundamentales del proceso de negocio. Adicionalmente, las empresas metalmecánicas requieren de una alta planeación de sus actividades de transporte para generar un ahorro significativo en sus costos operativos, debido a la gran cantidad de productos por orden y a la envergadura de cada una de las partes que salen del área de producción. En el caso de Metal Muñoz de Occidente Ltda., la empresa ha decidido implementar como estrategia de negocio, una disminución de los gastos asociados a la logística de cargue y distribución. La siguiente gráfica muestra que casi un 20% de los costos de su actividad de transporte están tercerizados, lo que incide en grandes desembolsos económicos en los rubros de transporte, debido a las altas tarifas del sector en la ciudad.

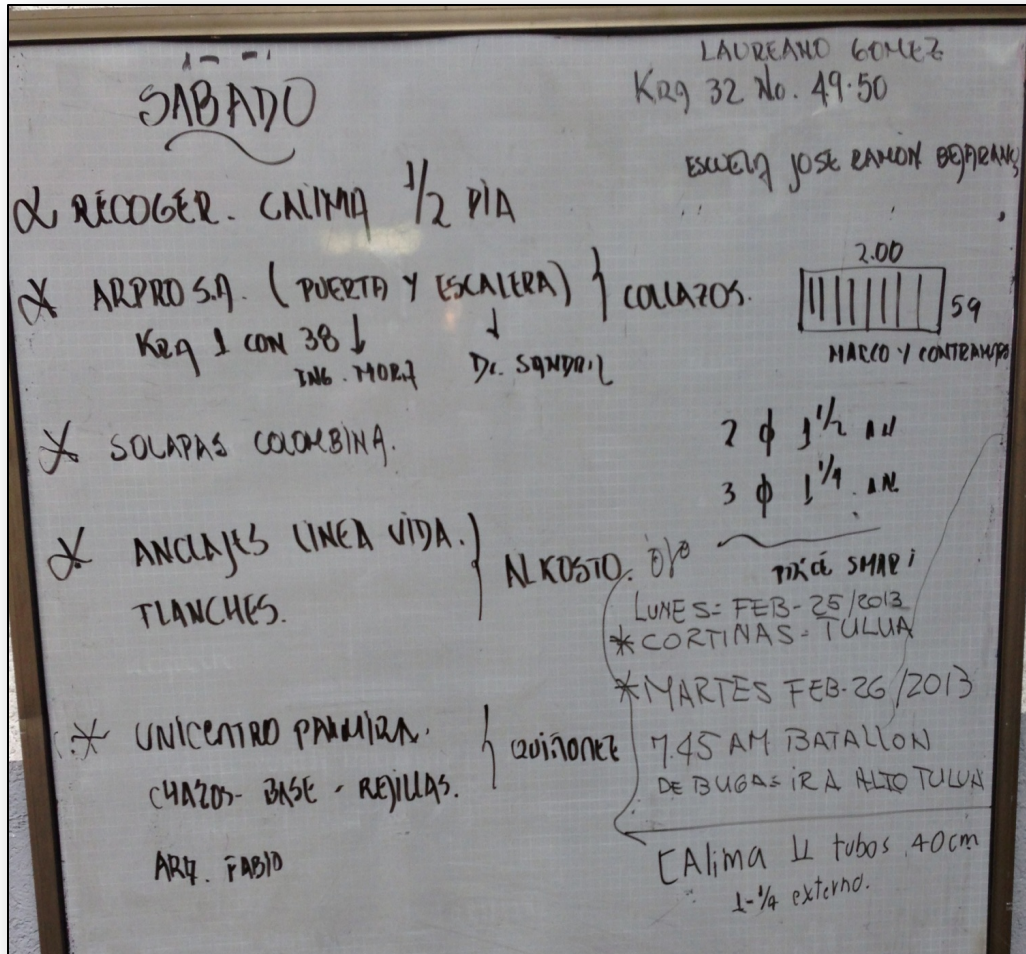


Fuente: Los autores. Datos Metal Muñoz de Occidente Ltda.

Teniendo en cuenta que las empresas del sector requieren de una excelente planeación de sus actividades de logística, se ha llevado a cabo un seguimiento en la planeación logística de la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda. Se ha encontrado un sistema de planeación ineficiente, no representativo de la realidad y desintegrado de la operación de la compañía.

La siguiente imagen muestra que el personal encargado del área de logística planea las actividades con un horizonte de tiempo restringido sin tener en cuenta la disponibilidad de sus vehículos, sin rutear sus despachos y con la carencia de

un nivel de especificación importante para una actividad propia del transporte. Adicionalmente, no programa los despachos, ni verifica el estado actual de la orden con relación al tiempo y a las características de entrega o instalación, si es una parte metalmecánica que así lo requiera.



Planeación Actual de la Logística de la empresa. Fuente: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

La empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda. no lleva ningún control sobre el diseño de sus rutas y el aprovechamiento adecuado de sus recursos de transporte. No hay ninguna herramienta ni personal calificado que mejore o establezca parámetros de ahorro para disminuir los costos de la operación

logística. Además, la empresa no cuenta con un departamento definido para planear las actividades de transporte. En la actualidad, todas las operaciones se realizan en el momento en que un pedido sale del área de producción. Esta situación es muy típica en las Pymes que están en vía de crecimiento y expansión.

Es por esta razón que las Pymes del sector metalmeccánico en la ciudad de Cali carecen de operaciones que permitan evaluar, diagnosticar y diseñar su gestión de distribución para aumentar sus indicadores de eficiencia y productividad, y minimizar los costos de su actividad logística. Este inconveniente se ve reflejado en los niveles de entrega de pedidos, costos de transporte propios de las compañías del sector, gastos en personal logístico y niveles de participación de los rubros de logística en los costos totales operativos de una compañía metalmeccánica.

Muchas Pymes del sector dan prioridad a realizar inversiones en otras áreas de la compañía. Se pueden lograr efectos positivos si se planean de manera eficiente todas las actividades logísticas y se engranan con todas las operaciones de la cadena de abastecimiento del sector.

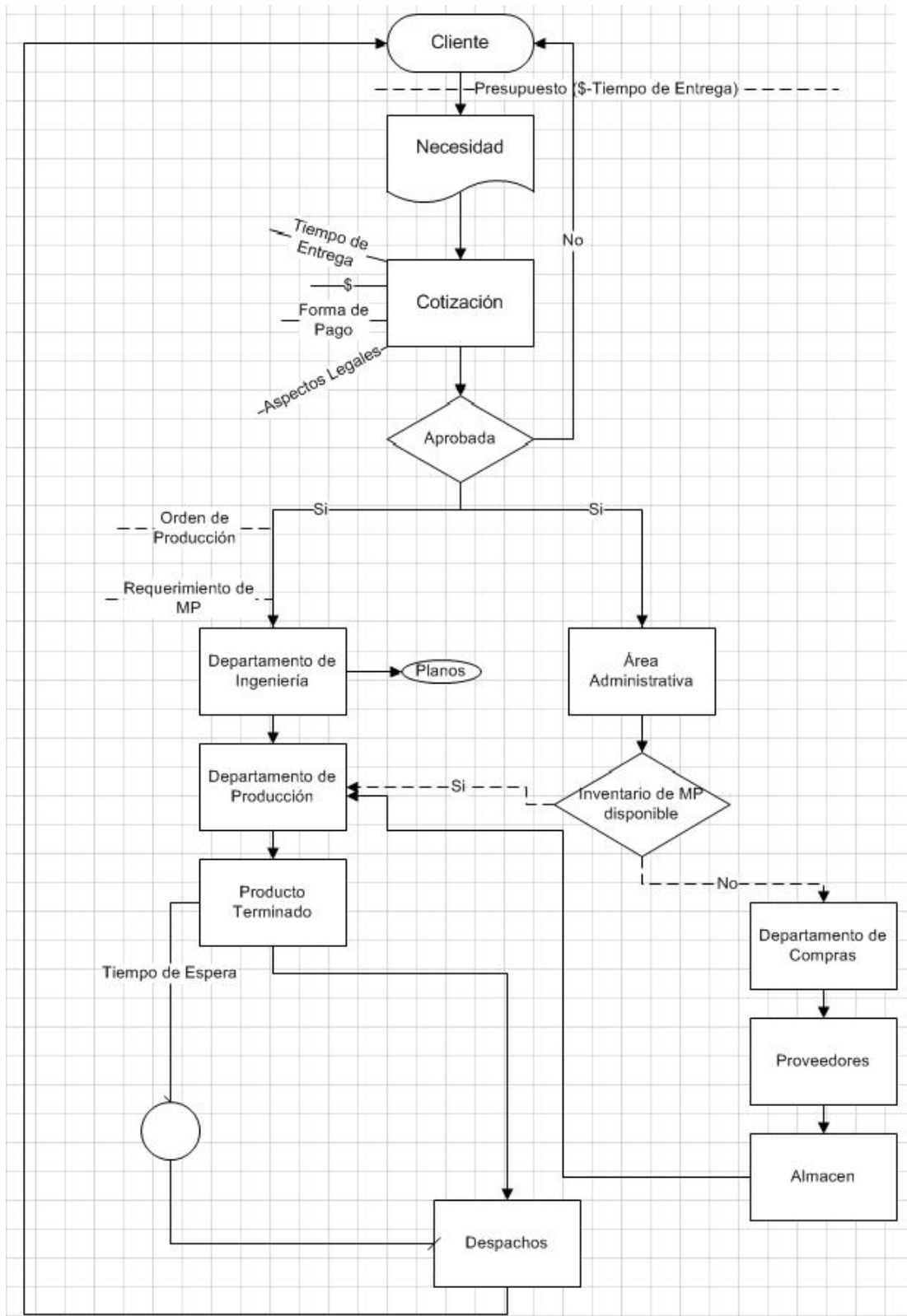
### **1.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

Toda empresa genera muchos documentos para administrar los distintos aspectos del negocio. Algunos de ellos pueden estar relacionados con las actividades de administración de la demanda y el control de inventarios, pero muchos otros se preparan para propósitos de planeación logística. Estos pueden también proporcionar información que sea directamente utilizable en la planeación de la logística empresarial.<sup>1</sup> Es bajo estas consideraciones, que toma relevancia el hecho de realizar un mejoramiento documentado en todas aquellas actividades que se relacionen con la operación logística de la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda. Aumentar los indicadores operativos del área permite tener un mayor control sobre el cumplimiento en las fechas de entrega al cliente.

Las Pymes del sector metalmeccánico de la ciudad requieren integrar sus actividades al proceso fundamental del negocio y deben administrar sus operaciones de acuerdo a sus propias capacidades y a las restricciones de la cadena de abastecimiento, que incluye proveedores y clientes. La siguiente imagen muestra una visión general del proceso fundamental de negocio de Metal Muñoz de Occidente Ltda.:

---

<sup>1</sup> BALLOU Ronald. Logística. Administración de la cadena de suministro. Pearson Educación, México, Quinta Edición

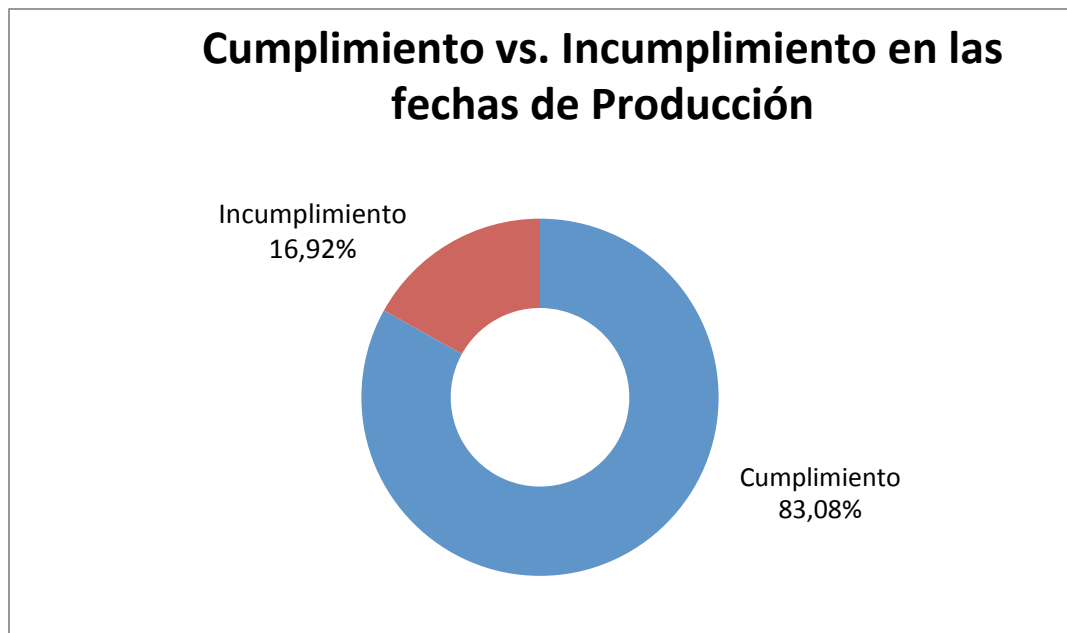


Fuente: Los Autores. Proceso fundamental de negocio, Metal Muñoz de Occidente Ltda.

En el caso de la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda., el proceso fundamental de negocio se desarrolla conjuntamente con la planeación de ventas y operaciones de la parte administrativa de la organización.

El proceso de venta de los productos de la empresa se inicia en el cliente. Éste identifica una necesidad y la notifica a la organización para que sea suplida. Generalmente, la venta incluye productos de alguna de las 3 líneas que maneja Metal Muñoz de Occidente Ltda.: Carpintería metálica de acero carbono, acero inoxidable y aluminio. Tras un proceso de conciliación entre los asesores de venta de la empresa y los clientes, se genera una orden de producción donde se debe especificar el tiempo de entrega pactado con el cliente, el costo de la obra (producto), la forma de pago acordada y los aspectos legales de la negociación que se va a realizar. Mucha de esta información es la que permite planear las actividades de producción. Aunque el proceso requiere un nivel de detalle alto de la información, actualmente la empresa no cumple con los estándares adecuados para surtir la planeación de las actividades operativas de la empresa.

Con la información de las ventas, los departamentos de ingeniería y producción planean el uso de los recursos en la planta (materia prima, mano de obra, maquinaria, espacio). Simultáneamente el área administrativa se encarga de revisar el inventario existente en el almacén, y si hay disponibilidad se pasa al Departamento de Producción para iniciar la orden; de lo contrario se le informa al Departamento de Compras la cantidad necesaria para realizar la orden de compra al proveedor. Este proceso de adquisición de materia prima varía de acuerdo al proveedor, teniendo un factor variable que puede retrasar el inicio de la operación.



Fuente: Los Autores. Datos: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, es de gran importancia verificar si el problema pudiese estar localizado en el área de producción. Para efectos de control, se ha decidido hacer un seguimiento a los tiempos de producción y a su porcentaje de cumplimiento frente a las fechas planeadas en el área. Se demostró que el incumplimiento en las fechas pactadas de producción es menor al 20%, lo que indica que el problema no tiene causas centrales en todas aquellas operaciones productivas de la compañía. A diferencia de esta situación, existe una desviación mayor al 60% entre las fechas pactadas y las fechas reales de entrega de los productos al cliente. Es en este punto de la cadena de abastecimiento que se centrará la atención de este proyecto (logística de cargue y distribución). El enfoque analítico se desarrollará en el área de Distribución y Despachos de Metal Muñoz de Occidente Ltda.

Siguiendo la secuencia del proceso fundamental de negocio de la empresa, se cargan los recursos de transporte y se verifica la disponibilidad de vehículos para realizar las rutas al instante. A pesar de estas consideraciones, no se tienen en cuenta otros factores de planeación logística como: zonificación de rutas, programación y secuencia de cada vehículo, disponibilidad de uso futuro de los recursos de transporte, gastos de logística asociados a cada orden de producción, ventanas de tiempo en las entregas a los clientes, restricciones gubernamentales, entre otros.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de una propuesta de mejoramiento para las actividades de transporte de una empresa metalmecánica permitiría aumentar el margen de rentabilidad de la organización, integrando las actividades de cada departamento al proceso transversal del negocio y aumentando el nivel de satisfacción del cliente.

Adicionalmente, se podrán planear de una manera más eficiente las actividades logísticas de la empresa teniendo en cuenta las consideraciones propias de cada orden proporcionada por un cliente. Sumado a esto, la empresa podrá obtener indicadores para evaluar su operación logística y la incidencia del transporte en el costo del producto final.

Es de vital importancia resaltar que la propuesta de mejoramiento permitiría realizar una mejor toma de decisiones en el área de logística y verificar su incidencia en la planeación de las actividades de otros departamentos de la empresa.

## 1.5 DELIMITACIÓN Y ALCANCE

Tipo de Investigación:

El proyecto *Propuesta de mejoramiento de la operación logística de una empresa metalmeccánica ubicada en la ciudad de Cali* es un trabajo de grado que analiza un proceso logístico real de una empresa desde que el producto o parte manufacturada sale del departamento de producción hasta la entrega e instalación del mismo en el lugar indicado. La propuesta de mejoramiento permite planear correctamente el transporte de los productos utilizando eficientemente los recursos disponibles por la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda.

Espacio:

Su desarrollo se hará en la ciudad de Cali, en una empresa metalmeccánica dedicada a la producción e instalación de estructuras metálicas para la construcción. Se analizará el proceso de transporte que se tiene en este momento.

Tiempo:

El tiempo de desarrollo para este proyecto es de 2 semestres universitarios, va desde Enero 2013 hasta Noviembre 2013.

Impacto:

El proyecto está diseñado para planear de manera correcta los recursos de transporte de la empresa, cambiar el presupuesto destinado a estas actividades y realizar las actividades logísticas para cumplirle al cliente con el servicio ofrecido evitando posibles quejas o reclamos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Mejorar la gestión de transporte en las Pymes del sector metalmecánico de la ciudad de Cali.

### **2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Realizar una propuesta de mejoramiento que permita planear las actividades de transporte de una empresa metalmecánica de la ciudad de Cali.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar y diagnosticar el estado actual de las actividades de transporte de la empresa.
- Realizar una propuesta de mejoramiento DMAIC que permita mejorar el estado actual de la logística de la empresa.
- Desarrollar una herramienta que contenga la propuesta de mejoramiento de las actividades de transporte de la empresa teniendo en cuenta todas las consideraciones del sector metalmecánico.
- Documentar e implementar la propuesta de mejoramiento en la empresa.



### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

MATRIZ DE MARCO LÓGICO				
OBJETIVOS	ENUNCIADO	INDICADOR	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>Mejorar la gestión de transporte en las Pymes del sector metalmeccánico de la ciudad de Cali.</b>			
<b>OBJETIVO DEL PROYECTO</b>	<b>Realizar una propuesta de mejoramiento que permita planear las actividades de transporte de una empresa metalmeccánica de la ciudad de Cali.</b>			
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>Verificar y diagnosticar el estado actual de las actividades de transporte de la empresa.</b>			
<b>ACTIVIDADES</b>	Analizar las actividades de transporte de la empresa y su ejecución.	NO	Comparar con lo mencionado por la empresa relacionado al transporte.	Información de la empresa sobre las actividades de transporte.
	Documentar el uso de los recursos de transporte de la empresa y obtener indicadores (capacidad, disponibilidad).	SI	Capacidad de los recursos. Información recolectada sobre el cumplimiento en las entregas.	Acceso a la información de los recursos y de las órdenes a despachar.
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>Realizar una propuesta de mejoramiento DMAIC que permita mejorar el estado actual de la logística de la empresa.</b>			
<b>ACTIVIDADES</b>	Desarrollar cada uno de los pasos del ciclo de mejoramiento DMAIC aplicado a la logística empresarial	SI	Formato parcial de la propuesta de mejoramiento en la empresa.	Información detallada para realizar comparaciones y desarrollar un mejoramiento.

	Elaborar una propuesta de desarrollo para la herramienta de planeación logística integrada al DMAIC.	NO	Formato de planeación de la herramienta.	Integración de la realidad empresarial a la herramienta en Microsoft Excel.
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>Desarrollar una herramienta que contenga la propuesta de mejoramiento de las actividades de transporte de la empresa teniendo en cuenta todas las consideraciones del sector metalmecánico.</b>			
<b>ACTIVIDADES</b>	Integrar las consideraciones logísticas pretendidas por la empresa al formato de desarrollo de la herramienta.	NO	Formato algorítmico de la herramienta de mejoramiento logístico.	Colaboración extensa del encargado de sistemas.
	Verificar el funcionamiento de la herramienta y el cumplimiento de la propuesta de mejoramiento.	NO	Herramienta digital finalizada y aprobada.	Se cuenta con tiempo delimitado para verificar el funcionamiento.
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>Documentar e implementar la propuesta de mejoramiento en la empresa.</b>			
<b>ACTIVIDADES</b>	Evaluar el desarrollo del trabajo con las directivas de la empresa.	NO	Aceptación de la parte directiva de la empresa-	La empresa acepta las condiciones de trabajo planteadas al inicio del proyecto.
	Transmitir el conocimiento desarrollado a la empresa metalmecánica.	NO	Aceptación de la propuesta en la parte operativa de la empresa.	La empresa destinará recursos para finalizar la implementación.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ANTECEDENTES

El sector metalmecánico en la ciudad de Cali no cuenta con la variedad de información suficiente para abordar la logística adaptada a este tipo de industria. Sin embargo, se ha documentado la creciente necesidad de abordar el sector metalmecánico del país. Debido a la creciente amenaza por la competencia china se han realizado investigaciones sobre temas relacionados a la producción, comercialización, distribución y comercio exterior de la industria metalmecánica nacional. Según el presidente de la Junta directiva de Expometalica, Jorge Alberto Sierra, “La industria metalmecánica en compañía de la siderúrgica y los astilleros representa el 13% del PIB industrial y genera más de 96000 empleos de calidad”<sup>2</sup>. Es por este motivo que se le ha empezado a dar importancia a la exploración de temas relacionados con las técnicas de producción y logística de la industria metalmecánica nacional.

A un nivel más local, se han desarrollado investigaciones relacionadas con el diagnóstico del sistema logístico de las Pymes en Valle del Cauca.<sup>3</sup> Se ha hecho referencia a los niveles de identificación, costeo y planeación de las actividades logísticas de una Pyme cualquiera. Sin embargo, este proyecto se enfoca en el alcance de la logística en el sector metalmecánico, entendiendo sus restricciones y ventajas competitivas en la industria manufacturera.

También se han realizado investigaciones pertinentes sobre los procesos de carga masiva de materiales industriales en la ciudad de Cali.<sup>4</sup> Las investigaciones han permitido evaluar los procesos logísticos de materias primas y productos, y han generado un entendimiento integral de una operación de transporte para industrias de gran movilidad de materiales.

Aunque se ha avanzado en el tema con proyectos de investigación sobre el análisis de la gestión de la cadena de suministro de empresas manufactureras en

---

<sup>2</sup> LEON J. Industria Metalmecánica de América Latina en creciente amenaza por industria china. [En línea]. 2011. [Citado 2 de Mayo de 2013]. Disponible en internet: [www.andi.com.co/pages/prensa/comunicados\\_prensa\\_detalle.aspx?id=282](http://www.andi.com.co/pages/prensa/comunicados_prensa_detalle.aspx?id=282)

<sup>3</sup> MEJIA Clara, MONTAÑO Marcela. Logística en Pymes. Aplicación de una Herramienta de diagnóstico en Pymes en un sector representativo del Valle del Cauca. Cali, Universidad Icesi, 2003.

<sup>4</sup> LLOREDA David, MEJÍA Nicola. Ingeniería Industrial. Elaboración de Propuestas Colaborativas que mejoren el proceso de carga masiva en Cali y su area de influencia. Cali, Universidad Icesi, 2011.

Cali y su área de influencia<sup>5</sup>, hay una carencia de información detallada sobre la planeación de actividades propias del cargue y distribución de productos metalmeccánicos.

El sector metalmeccánico es importante para la economía de la región y el país, genera un gran aporte al PIB y con el paso del tiempo va aumentando su participación en diferentes sectores manufactureros, lo que indica su importancia y su aporte a la gestión del conocimiento industrial.

## **4.2 MARCO TEÓRICO**

### **4.2.1 VRP**

El problema de ruteo de vehículos (VRP: Vehicle Routing Problem) es la denominación general que se le da al problema en el cual se deben determinar una serie de rutas para una cantidad de recursos de transporte (vehículos) basado en uno o más depósitos para llegar a un cierto número de clientes distribuidos geográficamente. Para el caso del proyecto se trata de un solo depósito que es la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda., dos recursos de transporte que son dos camiones; uno de 6 toneladas de capacidad y el otro de 3 toneladas.

Cuando se plantea un correcto modelo de ruteo se proporciona un adecuado nivel de servicio con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente de la mejor forma, igualmente se puede ver un incremento en las ventas y una mayor participación en el mercado; así mismo, el objetivo fundamental es disminuir costos de transporte para generar aumento en las utilidades de la empresa.

### **4.2.3 PRINCIPIOS DE RUTEO DE VEHICULOS<sup>6</sup>**

- Cargar vehículos con el volumen correspondiente a los sitios más cercanos.
- Separar los sitios en clúster independientes y programar cada clúster por separado.
- Comenzar la ruta en el punto más alejado del origen al clúster.
- Evitar cruces en la ruta
- La ruta más eficiente es la que realiza el vehículo de mayor carga.
- La carga y la descarga deben mezclarse en lugar de dejar la carga para el final.

---

<sup>5</sup> OLANO, Andrés. Ingeniería Industrial. Análisis de la gestión de suministro en empresas grandes y medianas de la ciudad de Cali y su área de influencia. Cali, Universidad Icesi, 2010.

<sup>6</sup> PINTO, Efraín. Ingeniería Industrial. Clases de Logística. Cali, Universidad Icesi, 2012.

-Los puntos aislados de los clúster que requieren poco volumen deben alcanzarse con rutas alternativas en vehículos más pequeños.

-Evitar ventanas de tiempo muy restringidas.

#### 4.2.3 LOGISTICS MANAGEMENT

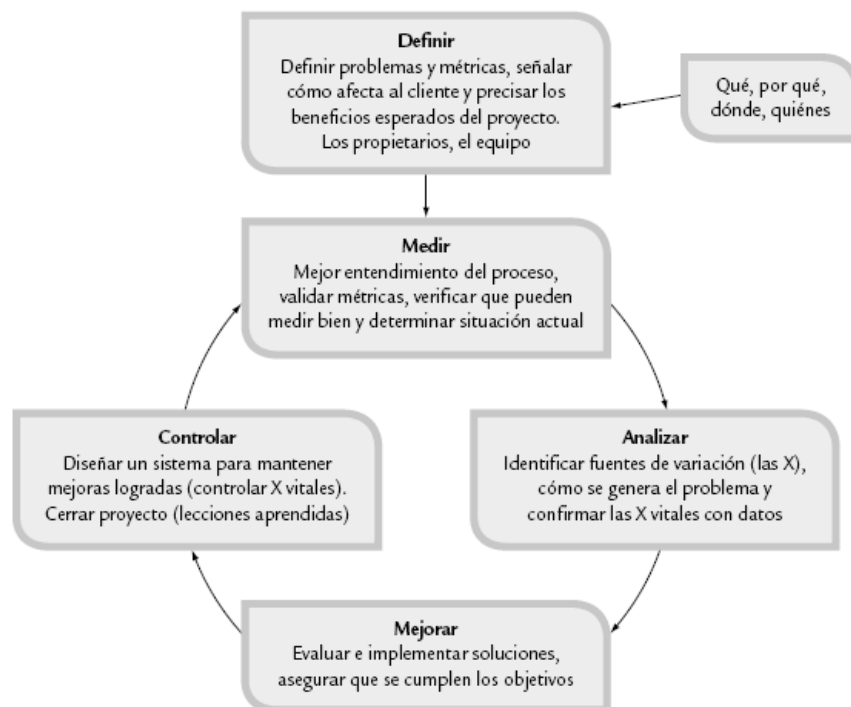
Es la parte fundamental de la administración de la cadena de abastecimiento que se encarga de planear y controlar de manera eficiente los flujos de bienes, materias primas, servicios e información entre la empresa y todos los eslabones de la red, que incluye a clientes y proveedores.

#### 4.2.4 MEJORAMIENTO DMAIC

Es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos en una organización y reducir su variación. La metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es un proyecto  $6\sigma$  usado frecuentemente en las empresas. Esta estrategia tiene como punto de referencia los clientes y sus necesidades y se enfoca en 3 áreas de acción principales: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de defectos. La meta es lograr procesos con calidad  $6\sigma$  con un buen rendimiento a largo plazo.

Las cinco etapas en la realización de una mejora DMAIC se muestran en el siguiente gráfico:

7



<sup>7</sup> (Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar, 2009)

DMAIC es el acrónimo en inglés de las etapas mejoramiento, y se refiere a *Define, Measure, Analyze, Improve y Control*.

La primera etapa de un proyecto es definir el proyecto (**D**); en esta etapa se enfoca y se delimita el proyecto aclarando el objetivo del mismo, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste.

Los criterios para la selección y definición de proyectos son:

-Aborda áreas de mejora de alto impacto:

-Ligado directamente a la satisfacción del cliente (quejas, reclamos, incumplimientos).

-Mejorar la capacidad de los procesos.

-Apoyo y comprensión de alta dirección:

-La importancia del proyecto es clara para la organización y se percibe como algo importante.

-El proyecto tiene apoyo y aprobación de la dirección o gerencia de la empresa.

-Efectos fundamentales:

-Se espera que el proyecto tenga beneficios monetarios importantes (medibles), que se reflejen en un tiempo menor a 1 año.

-Factible de realizarse en 3 a 6 meses.

-Métricas cuantitativas claras.

Una vez se ha definido el proyecto teniendo claro los criterios para la selección y definición del mismo, se debe establecer el marco del proyecto donde se resume de qué trata el proyecto, los involucrados, los beneficios esperados, las métricas, etc.

Al finalizar, se procede a la segunda etapa de medir la situación actual (**M**); el objetivo general de esta segunda etapa es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Así mismo en esta etapa se establece con mayor detalle las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto.

Las herramientas de mayor utilidad para esta fase son el mapeo de procesos a un nivel detallado y los métodos para realizar estudios de repetitividad y reproductibilidad. Se debe mostrar evidencia que se tiene un sistema de medición adecuado.

La tercera etapa es analizar las causas raíz (**A**); la meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas. Es recomendado aplicar la técnica de los cinco por qué donde se busca profundizar en el análisis de causas, preguntando y respondiendo en forma sucesiva el por qué de un problema.

Las herramientas de utilidad en esta fase son muy variadas y son la lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, pareto de segundo nivel, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, entre otras.

La siguiente etapa es de mejorar (**M**); el objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz, asegurándose de que se corrige o reduce el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en herramientas como: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos. La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto.

La última etapa es controlar para mantener la mejora (**C**). Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Se establece un sistema de control para: prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir, impedir que las mejoras y el conocimiento obtenido se olviden y mantener el desempeño del proceso.

Se deben acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo. Se puede pensar en estandarizar el proceso donde implica decidir acciones para asegurar las mejoras mediante cambios en las condiciones y procedimientos del proceso. Se debe capacitar al personal y documentar el proyecto (datos de análisis, datos financieros, costos, beneficios, decisión sobre la mejora, conclusiones, plan de control).

## 5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

### 5.1 RECURSOS DISPONIBLES

Para el desarrollo del proyecto es fundamental contar con recursos tecnológicos, económicos y humanos. Con el uso de estos recursos es posible realizar las actividades propuestas para cada objetivo específico con el fin de alcanzar el objetivo del proyecto.

Tecnológicos: Computadores con acceso a internet y a programas para realizar cálculos, documentación y diagramas requeridos como los son Microsoft Excel y Microsoft Word. Además el software de programación Visual Studio.

Económicos: Los recursos necesarios son transporte, papel, energía eléctrica, Impresión.

Humanos: Los recursos humanos están compuestos por: Los estudiantes Juan Felipe García Ramírez y Sebastián Plata de la Cruz que actualmente están cursando IX semestre de la carrera ingeniería industrial en la Universidad Icesi.

Un tutor temático que es profesor de hora cátedra y hace parte de la facultad de ingeniería industrial de la Universidad Icesi, Meir Tanura.

Un tutor metodológico que dirige el curso proyecto de grado, el profesor Jairo Guerrero.

El gerente de producción de la empresa Metal Muñoz de Occidente. El ingeniero mecánico Meir Tanura.

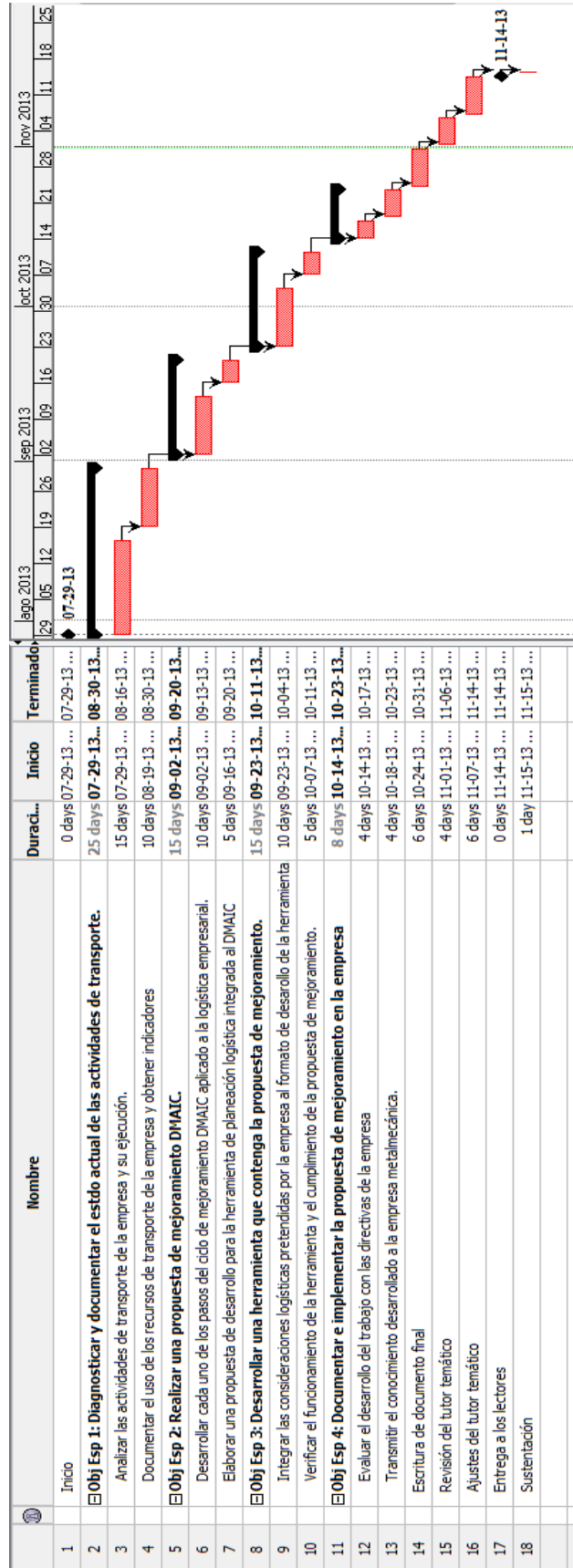
### 5.2 EQUIPO DE INVESTIGADORES

El equipo de investigadores está compuesto por los estudiantes de ingeniería industrial Juan Felipe García Ramírez y Sebastián Plata de la Cruz, en colaboración con el profesor Meir Tanura del departamento de ingeniería industrial de la Universidad Icesi.

Meir Tanura es un ingeniero mecánico con maestría en Ingeniería y especialización en gerencia de producción y logística de la Universidad Icesi (1997), en estructuras metálicas de la Universidad del Valle (1999) y maestría en ingeniería de la Universidad Icesi (2011). Actualmente dicta los cursos de materiales y procesos de manufactura I y II para los estudiantes de diseño industrial y procesos de manufactura para los estudiantes de ingeniería industrial.



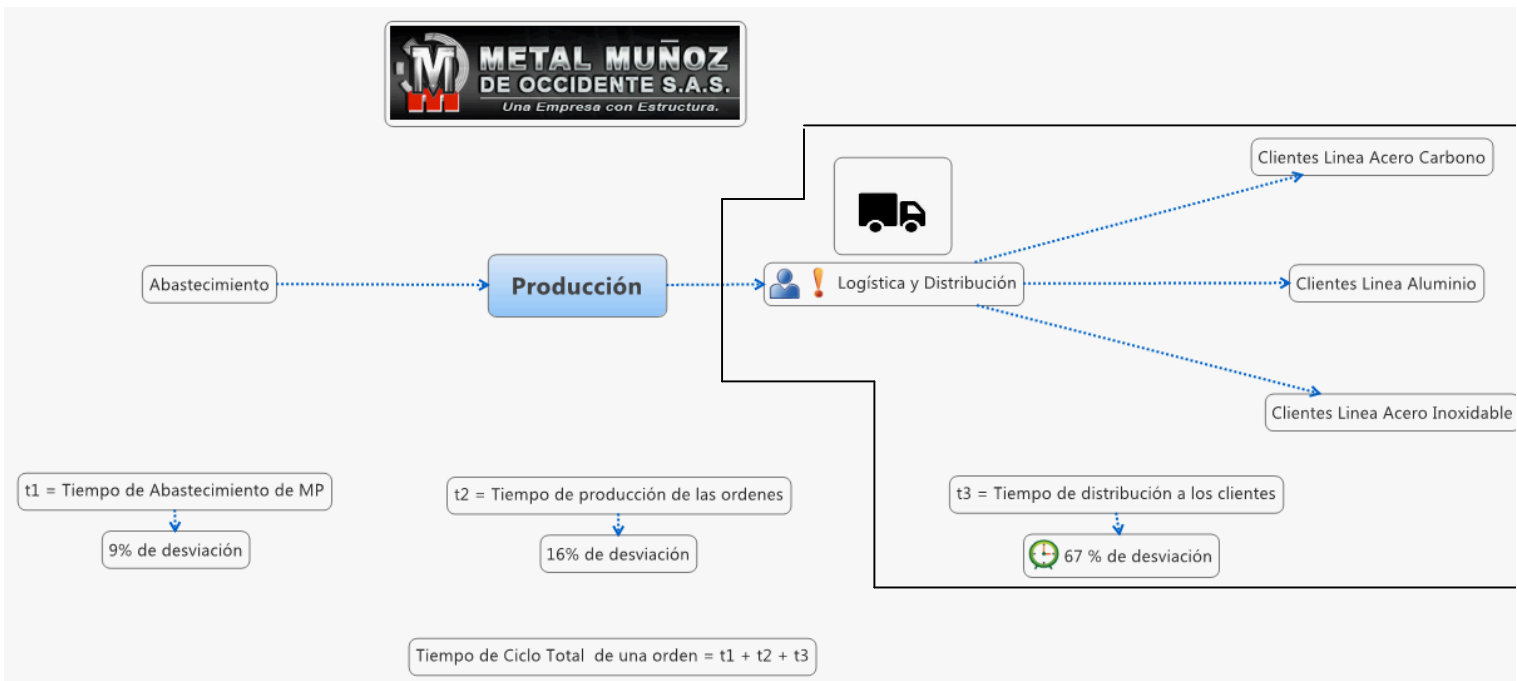
## 6. CRONOGRAMA



## 7. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 7.1 Verificar y diagnosticar el estado actual de las actividades de transporte de la empresa

Metal Muñoz de Occidente Ltda. es una empresa en crecimiento. Su operación logística actual funciona bajo un sistema pull dada las características de sus productos. En la mayoría de los casos, los órdenes se fabrican bajo las especificaciones que el cliente requiere. Al completarse las etapas de abastecimiento y producción, se procede a realizar el despacho de cada una de las órdenes. Todo lo que llega se va despechando a medida que la capacidad operativa del área de logística lo permite. No se tiene en cuenta ninguna metodología de asignación y programación de los despachos que permita generar procesos logísticos más eficientes. La siguiente gráfica muestra la visión general del sistema logístico de la empresa:



Fuente: Los Autores. Datos: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

La empresa asigna a cada orden un tiempo total, que refleja el periodo de días en los que se le entregará el pedido al cliente. Este tiempo de ciclo total se divide en la sumatoria de los tiempos de las 3 etapas más importantes de la cadena de abastecimiento de la compañía.

$$TC = t1 (\text{Abastecimiento}) + t2 (\text{Producción}) + t3 (\text{Outbound Logistics})$$

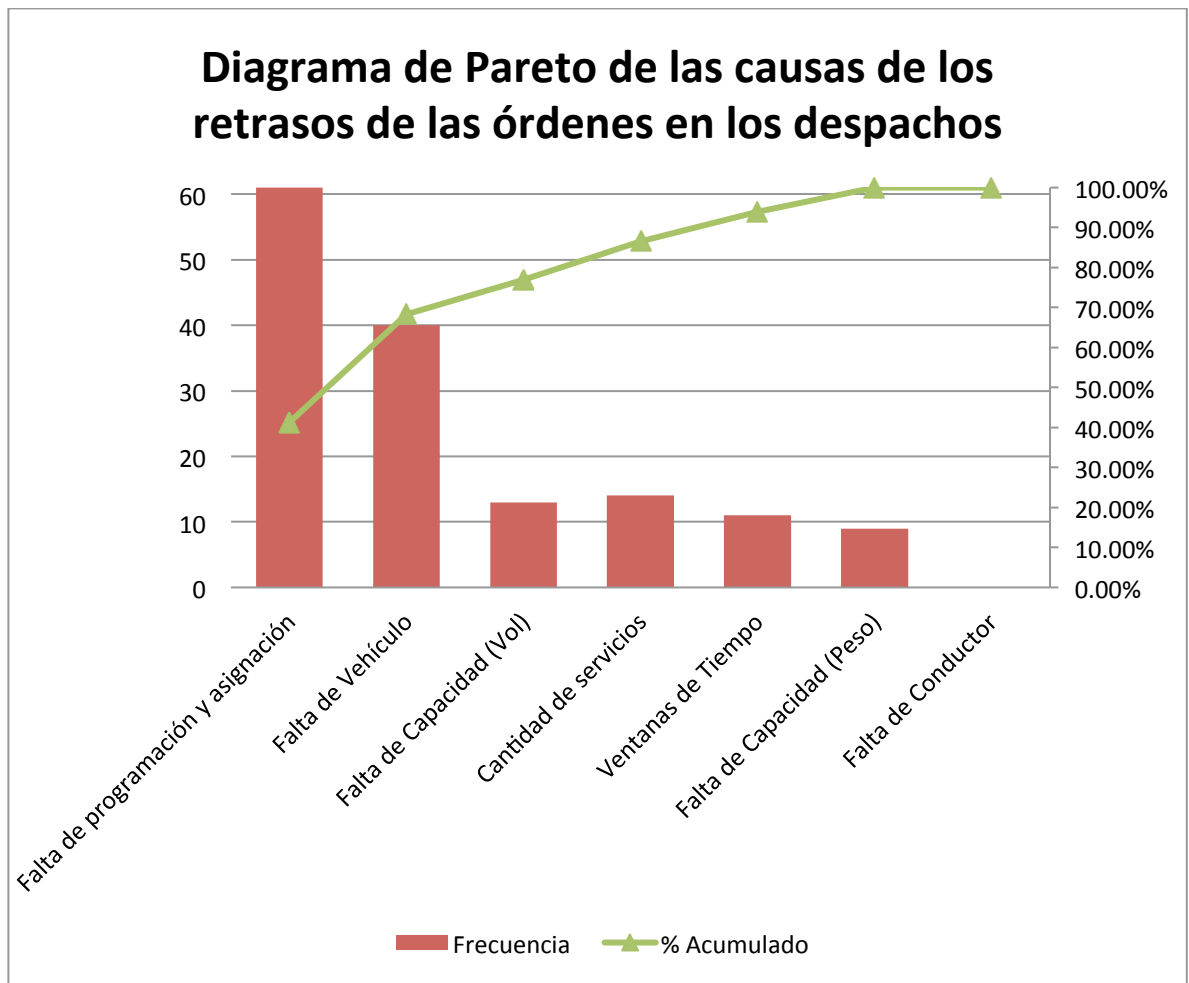
Nuestro alcance del proyecto está delimitado al mejoramiento de todas las operaciones desarrolladas durante la ejecución del tiempo 3, correspondiente a la logística de despachos. En esta área la desviación entre el tiempo planeado y el tiempo ejecutado es de alrededor el 70%. Esto incide drásticamente en retrasos y pérdida de posibles ingresos por ventas. En este punto se requiere un análisis de mejoramiento que incida en la disminución del costo logístico y en el aumento del ingreso por ventas.

En Metal Muñoz de Occidente Ltda. las actividades de transporte se hacen de una manera poca organizada en la cual se evidencia una falta de programación y organización. Una vez las órdenes son terminadas se ubican en un área cerca al muelle de despachos y de manera manual se van acomodando las órdenes según el cliente. Es decir, si es un cliente grande se garantiza que su pedido sea despachado a tiempo y no se respeta el orden de salidas del departamento de producción. Se planean despachos a corto plazo (entre 1 y 4 días) teniendo en cuenta la importancia del cliente, la presión del vendedor para cumplir con el tiempo prometido desde un principio y las características volumétricas y de carga del producto. La programación es manual, se hace en un tablero con un marcador y se menciona el cliente, la zona de ubicación y en cuanto tiempo se debería despachar. Esta programación es muy flexible, lo que genera altos niveles de insatisfacción en los clientes. De 10 pedidos en promedio, 7 llegan en tiempos no pactados con el cliente.

Metal Muñoz de Occidente cuenta con dos recursos de transporte propios: un camión de 6 toneladas y otro de 3 toneladas. Estos recursos diariamente son cargados en las horas de la mañana y son despachados a distintas zonas de la ciudad. La empresa tiene como política empezar el despacho de órdenes terminadas a las 8:00 a.m, pero rara vez se inicia el despacho de manera puntual debido a una falta de organización y alistamiento previo. Los conductores hacen en promedio 3 viajes en el día, pero en el transcurso de un viaje se les informa que deben ir a recoger material o herramientas y su ruta es desviada, ocasionando demoras que se ven directamente reflejadas en aumento de los tiempos de entrega de órdenes. Teniendo en cuenta esta consideración, se evidencia la falta de organización para asignar las distintas rutas a los distintos conductores con el objetivo de evitar desvíos que ocasionen retrasos. Además los conductores tienen la libertad de entregar los despachos en el orden que ellos deseen, sin tener un control logístico de la ruta a completar.

Debido a la gama de productos que comercializa la empresa, la capacidad de los recursos es un aspecto que muchas veces no es tenido en cuenta a la hora de cargar y despachar los camiones. No se realiza un análisis integral de las capacidades de dichos recursos. Se verifica la restricción de carga o la restricción volumétrica, más no las dos consideraciones en el mismo tiempo de despacho.

Una combinación adecuada de estas dos variables puede generar una disminución considerable de desperdicios en la zona de operación logística.



Fuente: Los Autores. Datos: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

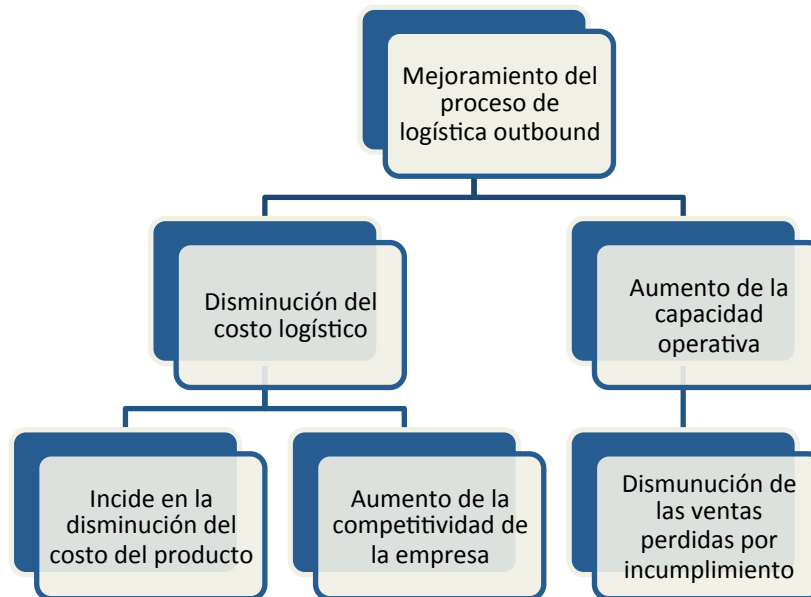
El diagrama de Pareto anterior, revela una serie de causas en los retrasos de las entregas de productos de la empresa. Esta información sirve para realizar el análisis necesario del área y permite visualizar la solución más acorde al problema y al proyecto, teniendo en cuenta el alcance y los recursos disponibles. Esta herramienta tiene una distribución 80/20 en la cual el 20% de las causas genera el 80% del problema. En este caso, son la falta de programación y asignación, y la falta de vehículo, los mayores causantes de retrasos en las órdenes. Al identificar estas causas, es necesario hacer una evaluación detallada del estado actual de las actividades logísticas de la empresa. Actualmente, la compañía tiene las siguientes condiciones que pueden desfavorecer su propio desempeño logístico:

- En muchas ocasiones se realizan despachos con una sola orden y no se consolidan y/o agrupan órdenes para tener un mayor aprovechamiento del recurso y para garantizar el transporte a todos los clientes.
- No hay zonificación adecuada de clientes que permita determinar secuencias en las rutas de transporte, y que minimice el recorrido de los camiones.
- Hay carencia de asignación de órdenes a clústeres específicos.
- No hay límites totales de tiempo en los que un vehículo puede estar realizando una ruta.
- No hay verificación de cruces en las rutas.
- No hay una planeación correcta de los despachos teniendo en cuenta las ventanas de tiempo que poseen los clientes.
- Las rutas son cargadas sin tener en cuenta las restricciones propias de los vehículos.
- El personal humano no está capacitado para desarrollar actividades de asignación y planeación del transporte.
- Hay carencia de formatos que funcionen como inputs de la planeación de todas las actividades logísticas de la empresa.

Además se encontró que se dejan a un lado aspectos fundamentales de la programación logística como: optimización de recursos, satisfacción de todos los clientes sin importar un orden de preferencias y manejo de posibles sobrecostos relacionados al transporte. Por otro lado la adquisición de otro recurso de transporte es una inversión alta que no garantiza la solución del problema. Con el Pareto se identifican los elementos que más peso o importancia tienen dentro del grupo de causas. La falta de programación y asignación, y la falta de vehículo representan el 68.24% de las causas. Este es un porcentaje alto y esta generado por 2 de las 7 causas. Según el concepto, el 20% de las causas resuelven el 80% del problema. Para el caso de la empresa el 28.57% de las causas resuelven el 68.24% del problema. Es necesario enfocarse en los pocos vitales para encontrar una solución al problema eficientemente.

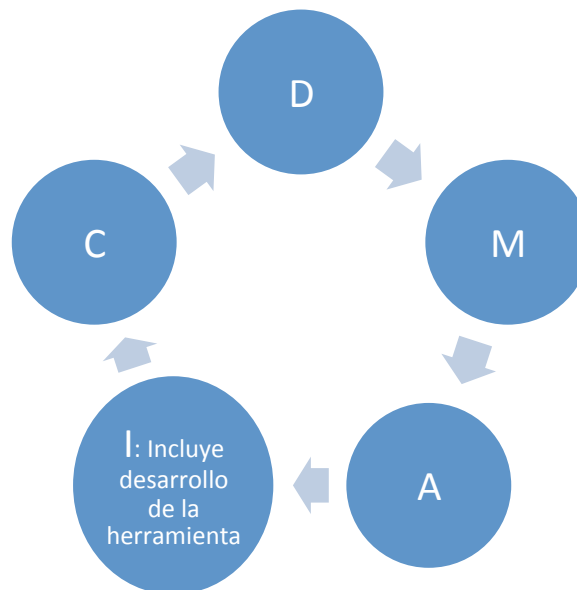
Estas consideraciones permiten definir un estado crítico en todas las operaciones logísticas de Metal Muñoz de Occidente Ltda. Al tener definidos los puntos relevantes del área, es más fácil enfocar la ruta de mejoramiento de la situación actual. La mejor solución al problema presentado en la empresa es la implementación de un modelo de mejoramiento que contenga una herramienta que asigne correctamente las órdenes de trabajo a los recursos existentes consolidando órdenes y programando rutas con el fin de cumplir con la entrega a los clientes aprovechando en mayor medida la capacidad de los recursos.

**7.2 Realizar una propuesta de mejoramiento DMAIC que permita mejorar el estado actual de la logística de la empresa.**



Fuente: Los Autores. Datos: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

La propuesta de mejoramiento contempla dos de los aspectos más importantes en la operación logística de una empresa manufacturera: la disminución del costo logístico y el aumento de la capacidad operativa. La metodología que se empleará para el plan de mejora es una herramienta de la metodología Seis Sigma, enfocada en la mejora incremental de procesos existentes.



Para el caso de Metal Muñoz de Occidente el proceso a mejorar es la entrega de órdenes terminadas a los clientes en el lapso de tiempo acordado con el mismo. DMAIC es un acrónimo (por sus siglas en inglés: *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. La herramienta es una estrategia de mejoramiento en la cual hay recolección de datos y a partir de los mismos se establece la mejora. Cada uno de los pasos de la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de volver al estado inicial de error.

### 7.2.1 Definir (D)

#### **Objetivo:**

-Reducir el porcentaje (%) de incumplimientos en las entregas de las órdenes a los clientes.

-Reducir los gastos de transporte sub-contratado.

-Aumentar el porcentaje de uso (ocupación) de los recursos de transporte.

**Forma de medir el éxito:** Se ha recolectado información sobre los objetivos del proyecto con el fin de tener una base y un punto de referencia para implementar el plan de mejora. La forma de medir el éxito es con los mismos indicadores que se formularon como objetivos del proyecto; estos son: reducir el porcentaje (%) de incumplimientos en las entregas de las órdenes a los clientes, reducir los gastos de transporte sub-contratado y aumentar el porcentaje de ocupación de los recursos de transporte.

**Alcance:** El alcance del proyecto es poder verificar que los indicadores se redujeron con la implementación de una herramienta que asigne correctamente las diferentes órdenes a los recursos propios disponibles, teniendo en cuenta las consideraciones de cada orden, las especificaciones de los clientes y la zona a la que se debe transportar.

**Beneficios potenciales:** Los principales beneficios que le brindará a la empresa son la disminución en costos asociados a transporte tercerizado, aumento del porcentaje (%) de satisfacción de los clientes y aumento del porcentaje (%) de ventas.

**Personas que intervienen:** Las personas que intervienen en el proyecto son los autores (Juan Felipe García Ramírez y Sebastián Plata de la Cruz) en compañía

de Meir Tanura, Gerente de Producción de Metal Muñoz de Occidente y Luis Muñoz encargado del área de transporte.

**Criterios para la selección y definición de proyectos:**

- El proyecto aborda áreas de mejora de alto impacto.
- Ligado directamente a la satisfacción del cliente (quejas, reclamos, incumplimientos).
- Mejorar la capacidad de los procesos.
- El proyecto cuenta con el apoyo y la comprensión de la alta dirección.
- La importancia del proyecto es clara para la organización y se percibe como algo importante.
- El proyecto tiene apoyo y aprobación de la dirección o gerencia de la empresa.

**Efectos fundamentales:**

- Se espera que el proyecto tenga beneficios monetarios importantes (medibles), que se reflejan en un tiempo menor a 1 año.
- Es factible de realizar en 3 a 6 meses.
- Tiene métricas cuantitativas claras.

Teniendo en cuenta estos criterios para la selección y definición de proyectos se decidió realizar la metodología DMAIC para mejorar el proceso existente de transporte de órdenes terminadas a los clientes. El proyecto aborda áreas de mejora de alto impacto y está ligado directamente con la satisfacción del cliente. La anterior consideración se ve reflejada con la entrega de órdenes en el tiempo prometido. El proyecto tiene apoyo y comprensión de la alta dirección ya que es un proceso de importancia debido a los altos costos de transporte tercerizado y a la incorrecta asignación que se le hace a los recursos propios de transporte.



## **Marco del Proyecto:**

**Título/propósito:** Plan DMAIC de mejora de la operación logística de Metal Muñoz de Occidente Ltda.

**Necesidades del negocio:** -Incumplimiento de las órdenes terminadas.

-Aprovechamiento eficiente del recurso de transporte propio.

-Disminución del costo de transporte.

-Plan estratégico de sistematización de las operaciones por parte de la empresa.

**Declaración del problema:** Las operaciones logísticas se ven directamente afectadas por el nivel de actividad de la organización. Las empresas metalmecánicas requieren de una alta planeación de sus actividades de transporte para generar un ahorro significativo en sus costos operativos. En el caso de Metal Muñoz de Occidente, la empresa ha decidido implementar como estrategia de negocio, una disminución de los gastos asociados a la logística de cargue y distribución. Es visible que cerca de un 20% de los costos de su actividad de transporte están tercerizados, lo que incide en grandes desembolsos económicos en los rubros de transporte, debido a las altas tarifas del sector en la ciudad. Por otro lado según información de gerencia el índice de incumplimiento de la entrega de órdenes terminadas a clientes es del 67%, teniendo un grado mayor de incidencia en la empresa si se tiene en cuenta que el porcentaje de uso de los camiones al momento de los despachos varía entre 45% y 70%, desaprovechando espacio volumétrico y capacidad de carga disponible.

## **Objetivos:**

-Reducir el porcentaje (%) de incumplimientos en las entregas de las órdenes a los clientes.

-Reducir los gastos de transporte sub-contratado.

-Aumentar el porcentaje de uso de los recursos de transporte en el momento de realizar los despachos.

## **Roles y Responsabilidades:**

Juan Felipe García y Sebastián Plata (Ejecutores del plan): Realizar la estructuración y el desarrollo del plan para el mejoramiento de la operación logística de la empresa.

Meir Tanura: Sponsor y cliente. Auditor del proyecto. Administra y suministra los recursos necesarios (información).

Luis Muñoz: Cliente. Usuario del plan con la herramienta.

**Propietarios**: Metal Muñoz de Occidente Ltda. Y en especial el área de logística y despachos.

**Patrocinador**: Meir Tanura.

**Equipo**: Juan Felipe García y Sebastián Plata.

**Recursos**: Información: Datos e información proporcionados por la empresa relacionados con el problema y los indicadores.

**Personal**: **Juan Sebastián Cortez**: Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Icesi, asistente en programación algorítmica, **Jairo Guerrero**: Tutor metodológico, **Meir Tanura**: Tutor Temático.

**Métricas**: Variables de medición para el éxito del proyecto: Reducir el porcentaje (%) de incumplimientos en las entregas de las órdenes a los clientes y reducir los gastos de transporte sub contratado.

**Fecha de inicio del proyecto**: Agosto 25 del 2013

**Fecha planeada para finalizar**: Octubre 30 del 2013

**Entregable del proyecto**: Plan de mejoramiento logístico que contenga una herramienta en Microsoft Visual Studio para asignar correctamente las distintas órdenes terminadas a los recursos propios disponibles, teniendo en cuenta las consideraciones de cada orden, las especificaciones de los clientes y la zona a la que se debe transporte.

### **7.2.2 Medir (M)**

Como se mencionó anteriormente, las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto son tres debido a la información recolectada. Las variables de medición de éxito son el porcentaje (%) de incumplimiento en las entregas de las órdenes terminadas a los clientes, los gastos de transporte tercerizados y el porcentaje de aprovechamiento de los recursos de transporte.

El objetivo es generar el mayor cambio posible en las métricas para generar efectos positivos en la empresa; consecuencias favorables como aumentar la

satisfacción de los clientes reflejada en el mediano plazo, aumento en las ventas debido a que la empresa gana credibilidad en el entorno metalmecánico por su cumplimiento en la entrega y crecimiento en las utilidades netas de la empresa debido a la reducción de costos asociados al transporte tercerizado. Esto también refleja una correcta asignación de los recursos propios y una utilización eficiente de los mismos.

En la definición del problema (numeral 1.1) se evidencia el incumplimiento en la gráfica llamada “Tiempo planeado de entrega vs. Tiempo real de entrega”. Los tiempos planeados de entrega son muy diferentes a los tiempos reales de entrega de pedidos y partes manufacturadas. Se evidencia una desviación de aproximadamente 67% entre el valor esperado y el resultado real de la operación. Éste indicador corrobora el alto incumplimiento que la empresa está teniendo a la hora de hacer entrega de las órdenes terminadas.

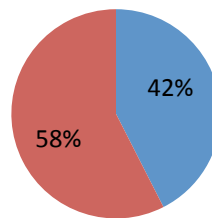
El sistema de medición es adecuado ya que en un formato diligenciado manualmente se especifica la secuencia de las órdenes a producir para que del mismo modo sean transportadas a los clientes. Durante la negociación pactada con el cliente se le promete una fecha de entrega al cliente que es registrada en el formato para tener un punto de referencia. Al finalizar la producción de la orden se registra el día para comparar el tiempo planeado con el tiempo real de entrega. El 83.08 % de las veces el departamento de producción cumple con la entrega de las órdenes a despachos; el problema radica en que las órdenes terminadas se quedan en el área de producto terminado esperando para que las transporten al lugar donde el cliente indicó. Es evidente que la problemática se inicia cuando se realizan las operaciones de planeación logística, presentándose un 67% de desviaciones en los tiempos del área.

Por otro lado Metal Muñoz de Occidente tiene registros mes a mes de los gastos asociados a transporte relacionados con el consumo de gasolina y la contratación de terceros para transportar órdenes cuando los recursos propios no están disponibles. Existe alrededor de 17% de operaciones de transporte tercerizadas. Esto influye negativamente en la cartera de la compañía, reflejando gastos de alrededor de \$20'000.000 de pesos anuales en tercerización del transporte.

También, en promedio el 43% de la capacidad de los recursos de transporte está siendo inutilizada. Se le realizó un seguimiento a una muestra de 68 despachos encontrando que la capacidad está siendo subutilizada en ambas capacidades: capacidad de carga y capacidad volumétrica. Esto se debe a la incorrecta asignación de los despachos. Muchos camiones salían de la empresa solo con uno o dos pedidos, a pesar de que algunas de las órdenes ya terminadas tenían destinos cercanos.

## Porcentaje de uso de los recursos de transporte de Metal Muñoz de Occidente Ltda.

- Porcentaje promedio de capacidad no utilizada
- Porcentaje promedio de ocupación de los camiones



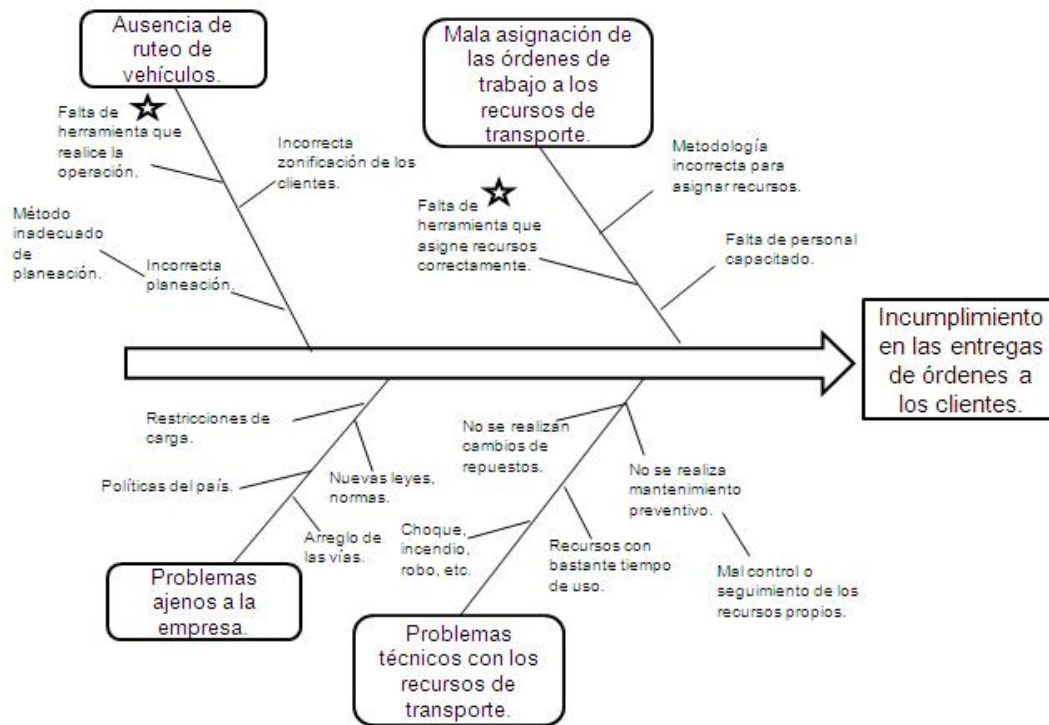
Fuente: Los Autores. Datos: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

Las tres métricas del proyecto tienen un sistema de medición correcta, fácil de interpretar y de conocimiento por parte de los autores:

Porcentaje de incumplimiento de los despachos	67.0%
Porcentaje de transportes tercerizados	17.0%
Porcentaje promedio de capacidad no utilizada	42.5%

### 7.2.3 Analizar (A)

En esta etapa se identifican las principales causas y como éstas originan el problema. El objetivo es llegar a las causas más profundas para proponer mejoras y solucionar el problema. La herramienta que se utilizó para encontrar las causas es un diagrama de Ishikawa, junto con el diagrama de Pareto presentado en la sección 7.1



Fuente: Los Autores. Datos: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

En el diagrama de Ishikawa se determinaron como causas principales los problemas técnicos presentes en los recursos de transporte, los problemas ajenos a la empresa que están relacionados con políticas públicas como leyes, restricciones y regulaciones que hay en el sector metalmecánico, la ausencia de ruteo de vehículos y la mala asignación de las órdenes de trabajo a los recursos de transporte. Cuando se analiza cada causa por separado se encuentran las razones principales por las que se origina la causa mayor, y el objetivo es encontrar causas comunes que estén al alcance de la empresa para solucionarlas.

En este caso se encontró una causa común relacionada con la falta de una herramienta que asigne correctamente las órdenes a los recursos y que realice un correcto ruteo para garantizar la entrega de la orden al cliente a tiempo y en el recorrido más económico para la empresa.

De acuerdo con la información generada por el diagrama de Ishikawa la solución es implementar la herramienta. Teniendo en cuenta el alcance del proyecto y la variedad de líneas y productos que produce Metal Muñoz de Occidente Ltda. se ha decidido con autorización del tutor temático, Meir Tanura, implementar la

herramienta para la línea de carpintería metálica en la cual entre otros productos se fabrican puertas, ventanas, rejas, cortinas enrollables entre otros.

#### **7.2.4 Mejorar (M) (Improve (I))**

Esta etapa representa el núcleo del proyecto y está definida de la siguiente manera: Lo primera es establecer todas las posibilidades de mejora que permitan alimentar de manera adecuada la herramienta de asignación y planeación de las actividades de transporte.

Para ello, se realizó un formato que permita integrar el plan de mejoramiento con la herramienta sistémica. La ejecución de la herramienta no garantiza una solución completa al problema si no se utiliza correctamente. Es necesario que la información y las entradas que recibe la herramienta estén disponibles con anterioridad y sean completas para tener una organización adecuada. Además sirven para garantizar que la asignación y el ruteo se hagan efectivamente. Para esto, la empresa deberá implementar un formato donde se describa la orden. Este formato se debe diligenciar con anticipación para que el día que la empresa lo use, la herramienta tenga las entradas necesarias y no haya demora consiguiendo la información de las órdenes. Así se evita un posible retraso en la salida de los camiones y un retraso en la entrega de la orden.

Este formato agiliza el alistamiento y facilita el uso de la herramienta; ayuda a tener un orden y hacer las cosas de la mejor manera.

El formato incluye la siguiente información:

-No. de orden: Es necesario para llevar control de las órdenes con las que se trabaja e identificarlas.

-Descripción de la orden: Se incluye el tipo de producto y las cantidades del mismo para saber que producto es el que se va a transportar y saber si es necesario subcontratar el transporte por tratarse de productos con dimensiones que superan las dimensiones de los recursos de transporte propio.

-Fecha de salida de Producción: Es necesaria para saber hace cuanto la orden salió de producción y cuanto tiempo lleva esa orden en espera. Esto refleja el producto terminado en inventario que representa costos para la empresa. El objetivo es minimizar el tiempo de espera de la orden terminada. Se desea transportar la orden terminada lo más pronto posible una vez sale de producción.

-Fecha prometida de entrega: Este es el dato más importante del formato y es el que tendrá el centro de la atención. La fecha prometida de entrega se debe cumplir para evitar quejas e inconformidades del cliente. Es un dato de información esencial del proceso y servirá para tener valores de referencia a la

hora de entregar la orden al cliente. Además permitirá disminuir los efectos adversos de posibles retrasos (trancones, vías cerradas, paros, restricciones de carga y paso, etc.).

-Cliente / Zona: Es necesario saber el tipo de cliente y la zona de ubicación del mismo para empezar a agrupar órdenes de forma manual. Si se trata de un cliente en otra ciudad o departamento es necesario programar el transporte y contratarlo con anterioridad para cumplir con la fecha prometida.

-Notas / Especificaciones: Aspectos importantes a tener en cuenta en el transporte o especificaciones de transporte requeridas por el cliente (ventanas de tiempo).

No. de orden	Descripción de la orden		Fecha de salida de Producción	Fecha prometida de entrega	Cliente / Zona	Notas / Especificaciones
	Tipo de Producto(s)	Cantidad(es)				

Fuente: Los Autores. Formato de órdenes para diligenciar con anterioridad. Formato de alistamiento.

Además se definen puntos de mejora, que corrigen la situación actual y aprovechan todas las oportunidades de mejora del área. La siguiente lista define los puntos de mayor importancia en la ruta de mejoramiento:

- 1) El agrupamiento de clientes en zonas permite definir con anterioridad los requerimientos de transporte para cada lugar de la ciudad. Si es fuera del límite urbano, permite tener el tiempo necesario para negociar un transporte tercerizado, y no pagar el precio de urgencia en el transporte.
- 2) La definición de Clústeres ayuda a formar grupos de entrega en ventanas de tiempo similares. Esto con el fin de minimizar el tiempo de rutas.

- 3) Las operaciones de logística reversiva, como devoluciones o retornos de materias primas, deben ser ubicados como puntos de entrega de pedidos. Esto permite ubicar todas las operaciones de logística reversiva en la asignación de los recursos de transporte por zona, y evitar un aumento en el número de trayectos a realizar. Así mismo, permite disminuir los sobrecostos de transporte de estas operaciones.
- 4) Las operaciones de logística durante el almacenamiento se desarrollaran en espacios destinados para tal fin. Esto con el propósito de contar tanto con el recurso humano como con el recurso tecnológico.
- 5) Realizar la programación de los recursos de transporte de una manera más inmediata teniendo en cuenta las 11 jornadas de trabajo semanal (cada día con una jornada matutina y otra vespertina; el día sábado solo con jornada en la mañana). Esto incide en disminuir los niveles de inventario y aumentar el control de seguimiento individual de cada orden.
- 6) Aumentar los vínculos a largo plazo con cada uno de los clientes. Tener personal que conozca las condiciones de las órdenes de cada cliente y sus requerimientos de transporte. Esto permite generarle valor al cliente y disminuir los tiempos de reacción frente a nuevas órdenes que lleguen a la empresa.



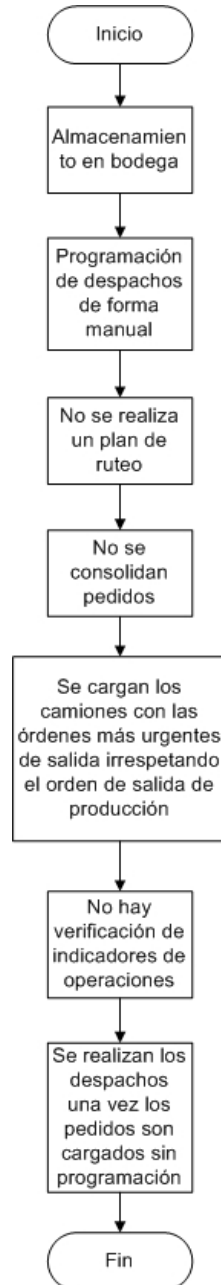
Fuente: Los Autores. Generación de valor. Relación Empresa-Clientes

- 7) Realizar capacitación a todas las personas encargadas del área de operación logística, esto con el fin de que conozcan todas las consideraciones de la propuesta de mejora.
- 8) Definir un horario de cargue de camiones con un periodo de tiempo anticipado a la hora de salida de cada ruta. Esta consideración permite aumentar el cumplimiento de tiempos para cada operación de logística outbound.
- 9) Unificar los procesos de carga y descarga en una sola operación. Esto permite disminuir los tiempos requeridos para esta etapa de preparación.



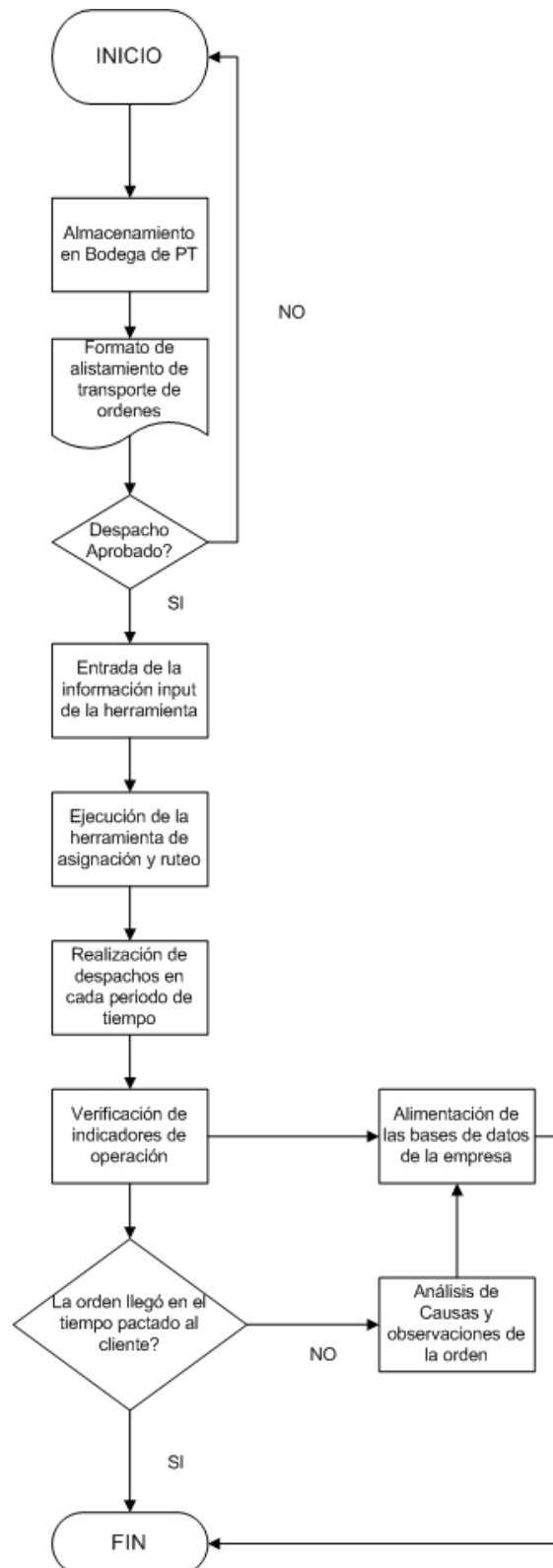
- 10) Los clientes que se encuentren lejos de la planta y que requieran poco volumen, deben ser atendidos con el vehículo de menor capacidad. Esto con la finalidad de destinar el vehículo de mayor capacidad a los pedidos de mayor volumen y que requieran una cantidad menor de tiempo para ser atendidos. Así se logra aumentar la cobertura de cumplimiento a un mayor número de clientes.

Con estos puntos de mejoramiento, se intenta modificar la situación actual, que es representada en el siguiente diagrama de proceso:



Fuente: Los Autores. Diagrama del Proceso desarrollado por Metal Muñoz de Occidente Ltda. antes de la propuesta de mejoramiento.

El uso de los puntos de mejoramiento y oportunidades de cambio permite, junto con el uso de la herramienta de asignación y ruteo, desarrollar el siguiente proceso:



Fuente: Los Autores. Diagrama del Proceso con el uso de los puntos de mejoramiento.

El desarrollo de la herramienta que hace parte de la Etapa *I (Improve)* se desarrollará en el objetivo 7.3 debido a la complejidad y al nivel de detalle requerido. Es de suma importancia resaltar, que esta fase hace parte del Mejoramiento DMAIC, pero debido a la relevancia que posee, necesita un análisis y desarrollo individual.

### **7.2.5 Controlar (C)**

Debido al alcance del proyecto y al tiempo que se estableció para la realización del proyecto, esta etapa quedará a ejecución de la empresa una vez se ha desarrollado la herramienta y capacitado al encargado. En esta etapa se realizarán validaciones de mayor complejidad de muestra que permitan verificar el correcto funcionamiento de toda la propuesta de mejoramiento. En esta etapa la empresa debe asegurarse que se corrige o reduce el problema comparando las métricas actuales de éxito del proyecto con las que se van a generar una vez la herramienta se ha implementado. Sin embargo, se realizarán pruebas a una muestra pequeña según el tiempo que el proyecto y el alcance permitan.

Una vez se hayan obtenido mejoras, Metal Muñoz de Occidente debe diseñar un sistema que mantenga los logros, controlando y previniendo que los problemas se vuelvan a repetir. Así mismo se debe impedir que las mejoras y el conocimiento obtenido se olviden y se logre mantener el desempeño del proceso.

### **7.3 Desarrollar una herramienta que contenga la propuesta de mejoramiento de las actividades de transporte de la empresa teniendo en cuenta todas las consideraciones del sector metalmecánico.**

La herramienta se desarrollará usando Microsoft Visual Studio, contemplando un algoritmo detallado de asignación y programación de los recursos de transporte de la empresa, y ruteando con el método de los ahorros. Esta herramienta es el aspecto más importante de toda la propuesta de mejoramiento DMAIC que se detalló en la sección 7.2.



La herramienta será la mejor solución para el problema debido a que:

- Permite asignar todas las órdenes a un recurso de transporte en específico, disminuyendo el total de espacio subutilizado en los camiones.
- Logra secuenciar las rutas manteniendo un orden de entrega de pedidos.
- Permite zonificar la ciudad para aumentar el porcentaje de entregas cumplidas, y así disminuir el gasto de transporte tercerizado.
- Diseña las rutas que generen el mayor ahorro, teniendo en cuenta que es un algoritmo heurístico, y que generará una solución viable para el mejoramiento de las operaciones logísticas.
- Permite integrar las rutas a las ventanas de tiempo exigidas por cada cliente.
- Minimiza el tiempo de planeación de las actividades de transporte de la empresa.

La herramienta se guiará en el método expuesto por Clarke and Wright, y que es comúnmente usado por organizaciones de primer nivel para asignar y secuenciar sus recursos de transporte. Fue escogido porque es el algoritmo heurístico que permite representar de una manera más estricta, la realidad de las operaciones de transporte de vehículos a un nivel urbano. Además este algoritmo permite usar factores de corrección para el cálculo de distancias teniendo en cuenta las características propias de un sistema urbano de transportes como el de la ciudad de Cali, que posee vialidades y restricciones propias de un país en desarrollo. También, permite tener resultados más veraces cuando se tiene una flota de camiones de diferentes características, y cuando se poseen ventanas de tiempo asignadas por los clientes. “Este algoritmo es el más usado para obtener resultados casi óptimos en situaciones de diseño y mejora de una red logística.”<sup>8</sup>.

El algoritmo sigue los siguientes pasos:

1. Declara las variables y crea las matrices de distancia entre el CD y los clientes, y entre los clientes y sus pares.
2. A cada orden de despacho o pedido se le asigna las cantidades de cada producto según lo requerido por el cliente y una zona de ubicación.
3. A cada zona de ubicación asignarle una coordenada en X y una coordenada en Y según el plano cartesiano establecido de la ciudad de Cali.
4. Cada asignación y secuenciación debe hacerse para un periodo de tiempo, conocido como jornada que puede ser mañana o tarde para cada día. Teniendo un total de 11 procesos que son las dos jornadas de los cinco

---

<sup>8</sup> ROBUSTE ANTON, Francesc. Ingeniería Industrial. Logística del Transporte. Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 2005.

días de la semana lunes-viernes, y la jornada adicional que se realiza el sábado en la mañana.

5. Hacer el barrido desde las 12 en punto y en cada cliente validar tanto la capacidad volumétrica como la capacidad de carga. Esto con el fin de asignar a cada vehículo un conjunto de clientes.
6. Determinar el número de vehículos a usar y si la capacidad no es suficiente, mostrar mensaje en pantalla.
7. Llenar la matriz de distancia usando el factor de corrección K y las coordenadas para cada despacho.
8. Llenar la matriz de ahorro usando la matriz de distancia. Hacerlo para recolectar toda la información necesaria.
9. Ordenar de mayor a menor los ahorros de la matriz.
10. Buscar los mayores ahorros para cada ruta que conecten todos los puntos. Así se logra encontrar la secuencia de ruteo más favorable para la empresa.
11. Determinar el total de ahorro y total de distancia de la secuencia.
12. Replicar el procedimiento algorítmico en los 11 procesos de ruteo.
13. Otorgarle al usuario de la herramienta las distintas rutas a seguir según la programación que se realizó con la información suministrada. Del mismo modo mostrar las distancias y ahorros totales de cada ruta.

La herramienta tiene una ventaja y es su fácil acceso y uso debido a la extensión que tiene. En el ámbito de informática, la extensión **EXE** (de la abreviación de inglés *executable*, que se traduce en *ejecutable*) se refiere a un archivo ejecutable de código reubicable, es decir, no necesita de una instalación previa ni un software para operarlo y guardar información. Teniendo en cuenta los requerimientos de la empresa la herramienta es fácil de utilizar, es de interfaz sencilla para el usuario y no se necesita de una capacitación experimentada para utilizarla. El usuario debe tener conocimientos básicos en informática para hacer un uso adecuado de ésta.

La herramienta asigna y planea el ruteo con los recursos propios de la empresa. Además respeta las restricciones y consideraciones del mercado, clientes y especificaciones de los productos y los camiones. Se empieza de la siguiente manera:

The image shows a screenshot of a software application window titled "Gestión de Clientes". Inside the window, there is a form titled "Información Cliente". The form contains five input fields: "Nombre:", "Telefono:", "Dirección:", "Coordenadas X:", and "Coordenadas Y:". A "Guardar" button is positioned at the bottom center of the form. The window has a standard Windows-style title bar with minimize, maximize, and close buttons.

**Gestión de Clientes. Herramienta Planeador de Despachos.**

La primera interacción que tiene la interfaz con el usuario es la información del cliente. En esta etapa se pide la información básica del cliente para guardarla y crear una base de datos. Inicialmente se le pide el nombre; éste normalmente es el nombre propio de un negocio o almacén. Por ejemplo: Homecenter, Panamericana, Alkosto, etc. Se maneja el nombre de los clientes y no el nombre propio de la persona con la que se realizó la negociación, para facilitar la ubicación y reconocimiento del mismo. Adicionalmente se le pide al usuario que ingrese el teléfono y la dirección del mismo para tener forma de ubicarlo y contactarlo.

Por último, se le piden las coordenadas X y Y de la ubicación en el mapa con el que se va a trabajar para saber la ubicación con relación al centro de distribución que es la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda. Éste tiene como ubicación el origen (0,0).

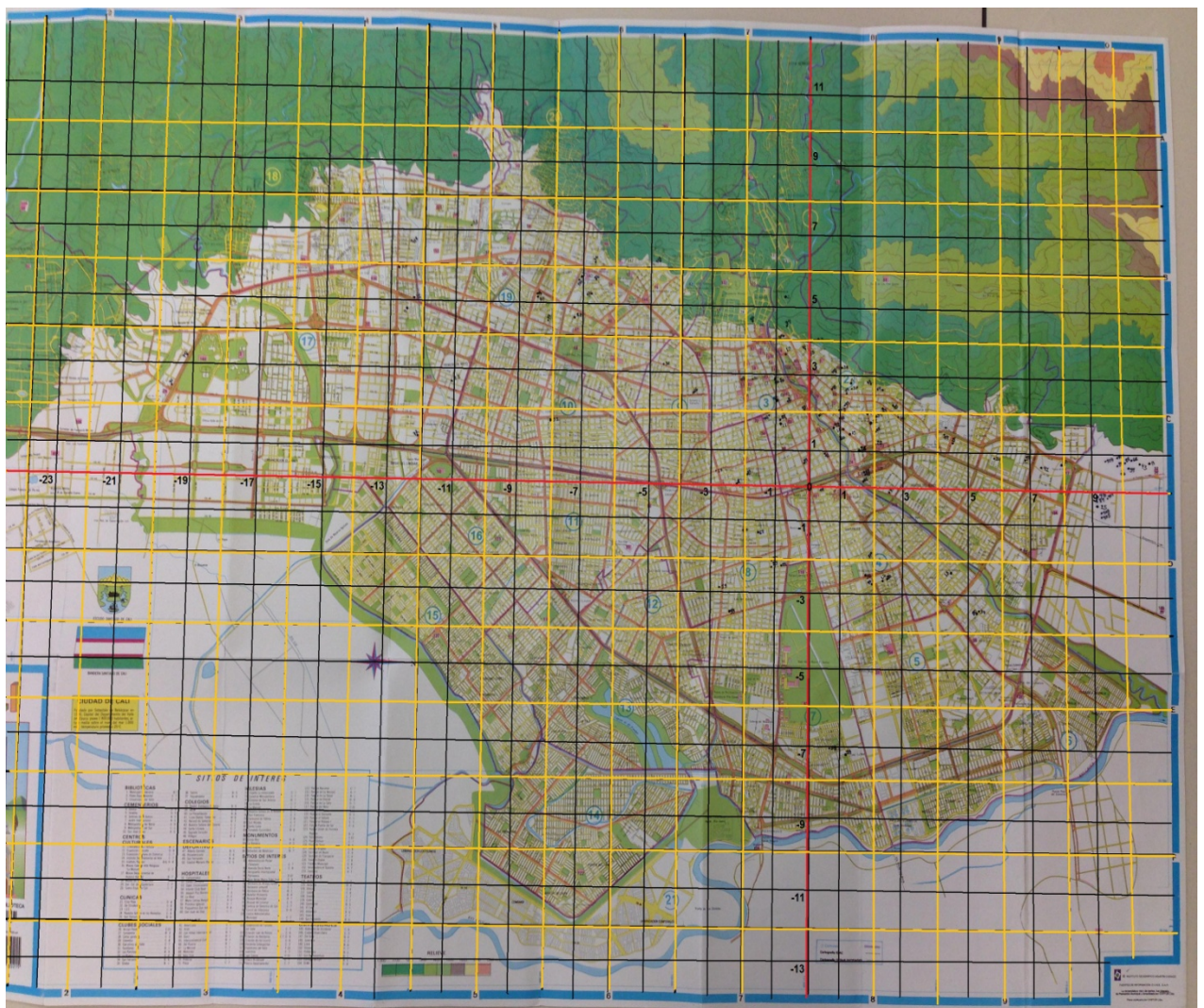
En esta interfaz se hacen validaciones de los campos las cuales son:

No se puede dejar ningún campo vacío. Si se trata de realizar el registro con algún campo vacío se desplegará un mensaje indicando al usuario el error.

En los campos Coordenadas X y Coordenadas Y, se puede ingresar valores decimales positivos y negativos, la parte decimal debe ser separada por coma, por ejemplo, -234,789. Si se ingresa un valor por fuera del formato se despliega un mensaje informativo avisando al usuario del error.

Si se intenta realizar el registro de un cliente nuevo con el nombre de un cliente ya existente el registro no se llevará a cabo, para lo cual los campos no serán reiniciados, prueba de que el registro fue realizado satisfactoriamente.

En cualquier caso que se incumpla una condición el registro no podrá realizarse.



Zonificación cartesiana de la ciudad de Cali. Fuente: Los Autores. Datos: Metal Muñoz de Occidente Ltda.

El mapa con el que se va a trabajar el sistema de coordenadas es el ilustrado arriba y para realizar la correcta separación se fijó la empresa como el origen del sistema de coordenadas. Por medio de la separación que tiene el mapa se trazaron los ejes verticales y horizontales. El mapa cuenta con una escala 1:20000; es decir por cada 1 cm del mapa en la realidad son 20000 cm o 200 metros. Cada cuadrado amarillo limita un área de 4 km<sup>2</sup> y los cuadrados interiores limitan un área de 1 km<sup>2</sup>. Mediante este mapa el usuario puede ubicar con la dirección del cliente las coordenadas X y Y que son los datos necesario para realizar el cálculo de la distancia entre dos puntos.

Con este sistema de coordenadas se facilita el ruteo de los vehículos al calcular la distancia entre el CD y el cliente mediante la siguiente fórmula:

$$D_{A-B} = K * \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

Donde:

$D_{A-B}$  = Distancia entre los puntos a y b.

$X_A, Y_A$  = Coordenadas del punto A.

$X_B, Y_B$  = Coordenadas del punto B.

$K$  = Factor de escala para convertir la medición de coordenadas a una medición de distancia.

Se utiliza esta fórmula para calcular distancias rectilíneas y con el factor de escala se ajustan frente a temas como: infraestructura disponible, estado de las carreteras y tráfico promedio. La ecuación presentada ajusta distancias rectilíneas entre dos puntos de un sistema de coordenadas a distancias reales.

El factor de escala  $K$  es relativo a cada región y tiene en cuenta aspectos como: forma de las calles, número de carriles, presencia de semáforos e incluso estado de las vías.

El factor  $K$  debe ser  $1 \leq K \leq 2$  y a mayor valor de  $K$  la solución brindada por el algoritmo da mayor prioridad a las distancias entre los puntos a y b teniendo en cuenta que el centro de distribución que es la empresa Metal Muñoz de Occidente tiene una ubicación lejana a la mayoría de los clientes.

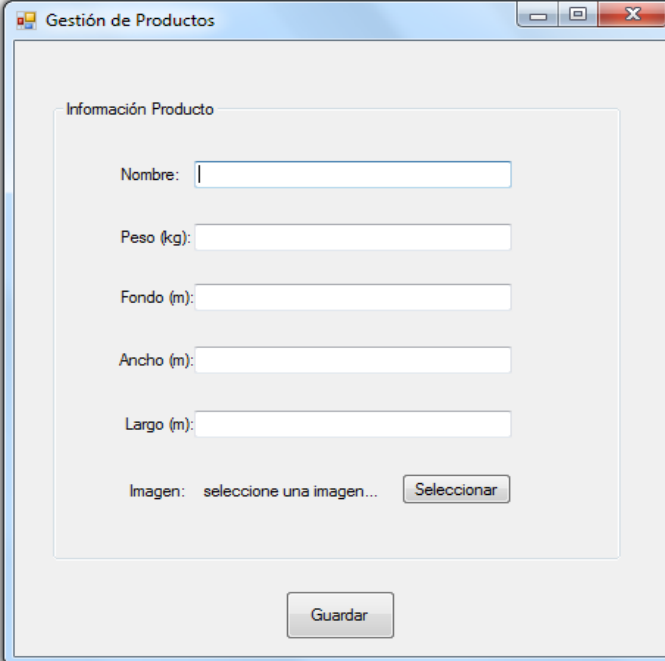


Según Christopher Mejía Argueta, asociado post doctoral de Logyca (organización especializada en logística, con servicios de consultoría, mediciones, formación e investigación) para la elección del  $K$  en Cali, Colombia es necesario realizar un análisis estadístico del comportamiento para determinar el factor de inflación que para el caso, se está considerando como  $K= 1+ 0,52$ . Este 52% extra en realidad no es trivial, ya que nace de un análisis, realizado por Logyca, a un conjunto de muestras en días, horarios y puntos diferentes logrando heterogeneidad, aleatoriedad y cubrimiento de zonas con infraestructura distinta.

Una vez completada la información inicial se guarda para tener un registro de los clientes y tener una base de datos. La siguiente interacción del usuario con la herramienta es la información del producto.

La información del producto requerida es la siguiente: el nombre del producto para facilitar la identificación del mismo, el peso en kilogramos y el fondo, ancho y alto en metros para tener en cuenta cada una de las restricciones de carga y capacidad volumétrica de los camiones. Cada producto tiene unas medidas ya que se trata de una producción Make To Order (MTO) donde los productos se hacen bajo pedido y los productos pueden variar dependiendo del cliente y de los requerimientos del mismo.

Teniendo en cuenta esta variedad de dimensiones y la dificultad que significa tratar cada producto por separado se estandarizaron las medidas para cada producto según las medidas más representativas para cada producto. Los productos son: cortinas enrollables, rejillas, marco puerta y ventanas.



The image shows a screenshot of a software window titled "Gestión de Productos". Inside the window, there is a section labeled "Información Producto" which contains several input fields: "Nombre:", "Peso (kg):", "Fondo (m):", "Ancho (m):", and "Largo (m)". Below these fields is a label "Imagen:" followed by the text "seleccione una imagen..." and a button labeled "Seleccionar". At the bottom center of the window is a button labeled "Guardar".

Gestión de Productos. Herramienta Planeador de Despachos.

### Dimensiones de los productos (mts):

Producto	Fondo	Ancho	Largo	Volumen (m <sup>3</sup> )
Marco puerta	0.12	1.40	2.20	0.369
Cortinas enrollables	0.70	0.2	0.2	0.028
Ventanas	0.20	1.50	1.50	0.45
Rejillas	0.07	0.40	1.20	0.04

### Peso aprox. de los productos:

Producto	Peso (kgs)
Marco puerta	35
Cortinas enrollables	20
Ventanas	10
Rejillas	45

En esta interfaz se valida lo siguiente:

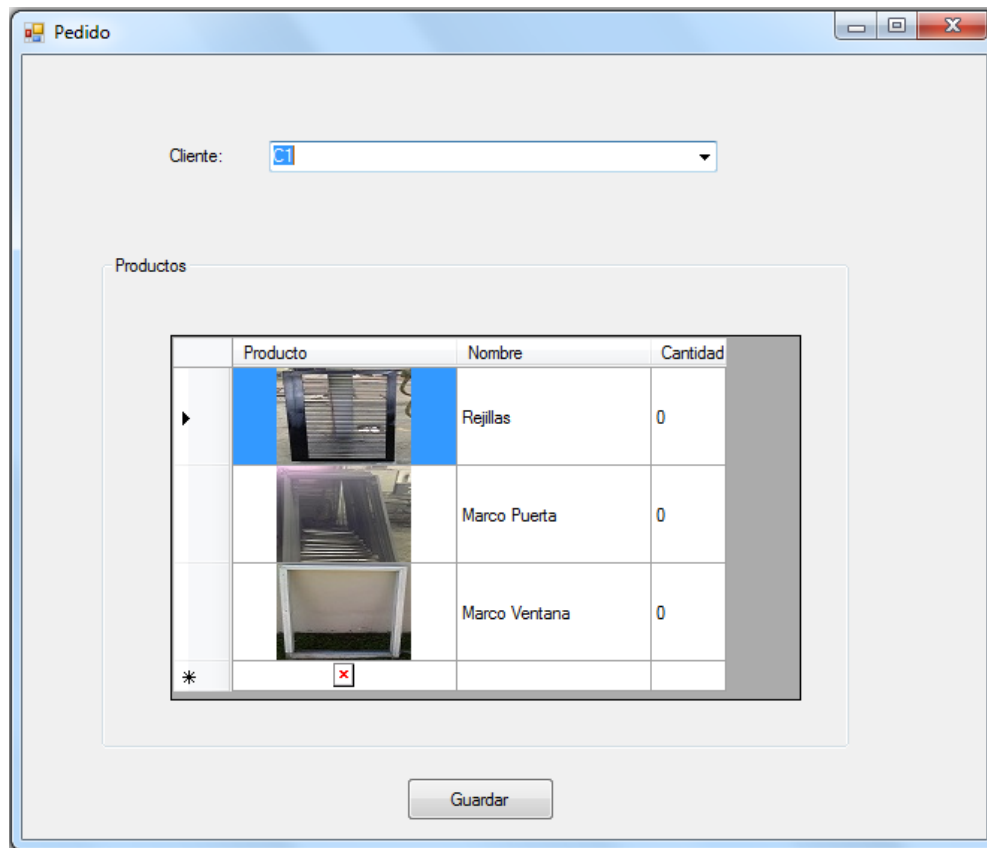
Ningún campo puede estar vacío. Si se trata de realizar el registro con algún campo vacío se desplegará un mensaje indicando al usuario el error.

No se permite el registro de un producto con el mismo nombre de otro ya registrado. Si el usuario intenta realizar un registro de esta forma, no se despliega el mensaje confirmando el registro exitoso del producto.





Para los campos Capacidad peso, Largo, Ancho y Fondo, se debe ingresar un valor numérico positivo, si el valor contiene cifras decimales estas van después de la coma, por ejemplo, 6000,56 kg. Para el Peso, la información están en kilogramos (Kg), en la medidas de Largo, Ancho y Alto la unidad de medida es metros (m).

En cualquier caso donde se incumpla la condición no se podrá realizar registro y se lanzará un mensaje de advertencia si es necesario.

Una vez finalizado el proceso de información de producto se procede a hacer el registro del pedido para cada cliente.



The screenshot shows a software window titled "Pedido". At the top, there is a dropdown menu labeled "Cliente:" with the value "CT" selected. Below this is a section titled "Productos" containing a table with three columns: "Producto", "Nombre", and "Cantidad". The table lists three items: "Rejillas", "Marco Puerta", and "Marco Ventana", each with a quantity of 0. A fourth row is partially visible with a red 'x' icon and an asterisk. At the bottom of the window is a "Guardar" button.

Producto	Nombre	Cantidad
	Rejillas	0
	Marco Puerta	0
	Marco Ventana	0
*		

#### Pedido. Herramienta Planeador de Despachos

El primer paso de este proceso es seleccionar el cliente al que se le va a asignar el pedido. El cliente ha sido guardado en el inicio. Una vez seleccionado el cliente se escogen los productos que contiene el pedido con su respectivo nombre y cantidad de cada uno. La idea es que cada cliente tenga su pedido completo y con las cantidades específicas.

Esta interfaz permite al usuario indicar el número de unidades que requiere de uno o varios productos disponibles en el catálogo de productos, el cual es representado en la Tabla Productos, la cual permite visualizar la imagen, el nombre del producto y permite ingresar la cantidad de unidades para el pedido. Como se mencionó anteriormente, una vez se da click en el botón *Guardar* y se verifica que el pedido fue especificado correctamente, se actualiza la *Tabla de Pedidos* en la interfaz *Planeación del Día*.

Es importante verificar que el pedido del cliente esté completo y que se alimente la herramienta con la información verdadera para evitar problemas relacionados con

la satisfacción del cliente, como quejas y reclamos, y para garantizar que la solución que genere la herramienta sea la correcta. Si la herramienta se alimenta con información incorrecta la solución igualmente va ser incorrecta y no se va a cumplir con el fin deseado.

El siguiente paso es la planeación donde se escoge el día que se desea planear según el calendario. Después se establece que jornada se va a programar; ya sea la jornada de la mañana o la de la tarde. Metal Muñoz de Occidente tiene como política empezar las actividades de transporte en la mañana a primera hora y tan pronto se cumple con las actividades volver a la empresa para programar otro despacho. Así mismo se desea planear actividades de transporte para la jornada de la tarde. Se decidió planear dos jornadas para cumplir las restricciones de los clientes referentes a las ventanas de tiempo.

Información

Calendario:

Jornada:

Camiones:  C1 - qwe-123  
 C2 - qwe-456

Tabla de Pedidos

ID	Cliente	Coordenadas X	Coordenadas Y	Total Peso	Total Volumen
1	C2	85	-297,5	195	3,5952
2	C3	253,8	426,6	220	1,9344
3	C4	-261,8	-164,4	130	3,4596
4	C5	291,6	394,2	105	3,528
*					

Generar Plan

Planeación del día. Herramienta Planeador de Despachos.

Se desea agrupar por jornadas las ventanas de tiempo similares. Semanalmente se pueden planear 11 jornadas que son 2 por cada día de lunes a viernes y una adicional el sábado en la mañana. La interfaz muestra que camión se desea

escoger. Existe la posibilidad de agregar más camiones y cuando se escoge un camión o dos es porque ambos camiones se van a tener en cuenta para el plan de rutas. Se selecciona el camión y en la parte inferior donde se muestra la tabla de pedidos se observa la identificación del pedido, el cliente, la ubicación en el sistema de coordenadas y el total de peso y volumen que está abarcando ese pedido.

Se permite que el usuario agregue un nuevo pedido teniendo en cuenta las restricciones de peso y volumen para ver si es posible asignar un pedido más al camión seleccionado. Cuando se han seleccionado los camiones y se han asignado los pedidos se procede a generar el plan.

Desde esta interfaz se puede realizar las siguientes acciones:

Seleccionar una fecha a la cual se le relaciona una planeación, esta fecha es verificada, ya que los días sábados solo se programan despachos en la mañana. Por defecto, la fecha que se visualiza en primera instancia será la fecha actual. También se verifica que el día seleccionado no corresponde a un domingo.

Seleccionar una jornada, la planeación de despachos se realiza de forma diaria y por jornada, es decir, que un día puede tener dos planeaciones, una correspondiente a la jornada *Mañana* y la otra correspondiente a la jornada *Tarde*.

Consultar un plan de despachos para un día y una jornada. Una vez se ha seleccionado una jornada se podrá visualizar el botón *Consultar*, con el cual se podrá consultar la planeación de despachos del día seleccionado en la jornada seleccionada.

Seleccionar los camiones que realizarán los despachos. Por defecto se tienen en cuenta todos los camiones registrados para realizar los diferentes despachos de los pedidos a los clientes. Sin embargo, se pueden presentar situaciones adversas que impiden a un camión estar disponible para el día seleccionado, por lo cual se permite al usuario omitir uno o varios camiones en la planeación del despacho. Para poder llevar a cabo esta acción, el usuario debe hacer un check del o de los camiones en el listado de camiones que es mostrado en la interfaz, en el listado se visualiza el nombre del camión y su placa.

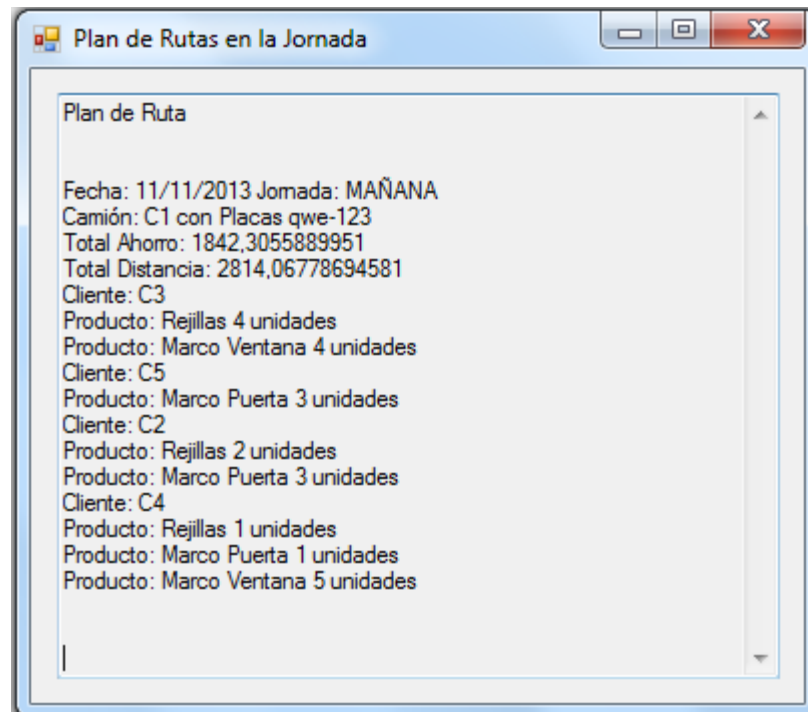
Visualizar el reporte de despachos que cada camión debe realizar, entregando el orden de los clientes como deben ser visitados, con sus respectivos pedidos. Se permite el acceso a esta acción, una vez se ha generado el plan de ruta o se ha consultado si un día en una determinada jornada hay despachos planeados, por lo cual se podrá visualizar el botón cuya etiqueta dice *Plan de Rutas*, en cualquier otro caso este botón no será visible.

Añadir Pedido. Al dar click sobre el botón *Añadir Pedido*, se despliega la interfaz *Pedido*, en la cual se podrá indicar la cantidad de unidades que se requieren de

uno o varios productos disponibles, asociándolo a un cliente. Una vez se ha hecho el pedido, éste será consolidado en la *Tabla de Pedido* en la interfaz *Planeación del Día*, donde se mostrará el identificador de ese pedido para esa planeación, el nombre del cliente que realizó el pedido, las coordenadas que determinan su ubicación y el total de peso y el total de volumen que requiere el pedido realizado.

A continuación, se debe generar el plan de despachos con los parámetros especificados en los puntos anteriores. Para que el usuario pueda llevar a cabo esta acción satisfactoriamente, se necesita haber especificado un conjunto de pedidos, haber seleccionado un día válido y una jornada, y haber seleccionado los camiones. Una vez se haga click en el botón *Generar Plan*, se ejecutarán los algoritmos que implementan el método de barrido y el algoritmo de “Ahorros” para realizar correctamente la planeación de despachos, acorde a los parámetros especificados.

Una vez se hace la planeación del día y se completa la información correctamente, se genera el reporte de la ruta para cada camión.



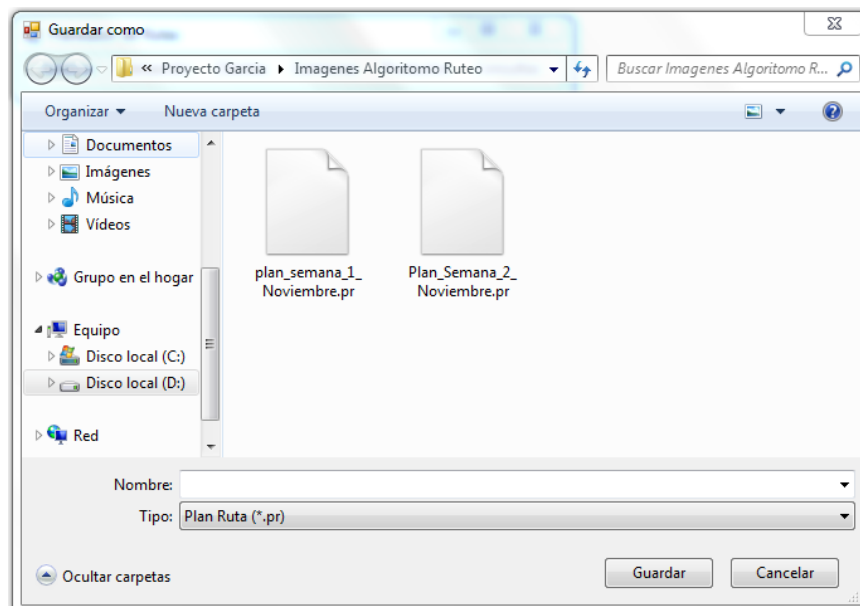
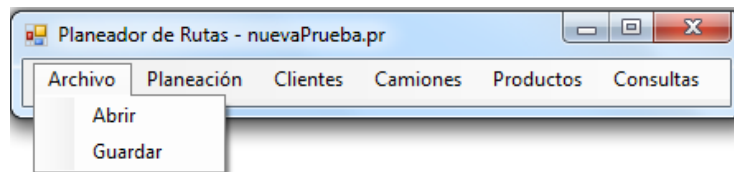
Plan de Rutas en la Jornada. Herramienta Planeador de Despachos.

Esta interfaz despliega el reporte con la asignación de la ruta para cada camión, mostrando también información relevante, como el listado de clientes en el orden en el cual debe realizarse el despachos de su pedido, el detalle del pedido con el nombre del producto y la cantidad de unidades solicitadas, el total de ahorro con base al resultado arrojado al algoritmo de los “Ahorros” y el total de la distancia

que será recorrida por el camión. En el cálculo se plantea una ruta redundante, es decir, se calculó bajo el supuesto que la ruta inicia en el centro de despacho y finaliza en el centro de despacho, por lo tanto se tiene en cuenta la distancia del centro de distribución al primer punto y del último punto al centro de distribución.

En el caso que un pedido no pueda ser asignado a ningún camión, se muestra el listado de pedidos que quedan pendientes en el primer reporte una vez se genera el plan de rutas.

Una vez generado el plan de rutas existe la posibilidad de guardar el plan para un futuro uso.



**Submenú archivo. Abrir y guardar archivos. Herramienta Planeador de Despachos.**

En el submenú Archivo, se encuentran los items de Abrir y Guardar, los cuales permiten abrir en el aplicativo un archivo de extensión *.pr* (Plan de Ruta), que contiene información sobre los planes de rutas realizadas sobre un calendario, clientes, camiones y productos, información necesaria para llevar a cabo la secuencia de ruta que debe realizar cada camión con pedido asignado. Por su parte esta interfaz guarda archivos con la extensión *.pr*, y los cuales contienen toda la información generada por el usuario relacionada con los planes de ruta.

#### 7.4 Documentar e implementar la propuesta de mejoramiento en la empresa.

Tras la finalización de los objetivos descritos en los numerales 7.3 y 7.4, se realizaron pruebas de validación que permiten implementar la propuesta integral de mejoramiento y trasladar los conocimientos a la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda.

Resultados de la prueba de validación:

Tras la finalización del proceso de desarrollo de la herramienta de asignación y programación de los vehículos de la empresa, como parte de la propuesta integral de mejoramiento, es de vital importancia realizar validaciones pertinentes en un ámbito real de operación. Se ejecutaron pruebas con datos de una semana de operación usando los criterios de la herramienta de ruteo y se compararon con datos de similar tamaño de muestra durante un periodo de carencia de la herramienta.

Se contrastaron datos de un tamaño de muestra de 15 datos, que corresponden a 15 clientes en un término de operación de 6 días laborales. Durante la primera muestra, correspondiente a una semana de operación de mayo de 2013, se obtuvieron los siguientes valores correspondientes a los 3 indicadores claves del ciclo de mejoramiento DMAIC:

Porcentaje de incumplimiento de los despachos	69.3%
Porcentaje de transportes tercerizados	23.6%
Porcentaje promedio de capacidad no utilizada	37.0%

Datos: Mayo de 2013 - Metal Muñoz de Occidente Ltda. Fuente: Los Autores. Indicadores logísticos sin uso de herramienta de mejoramiento.

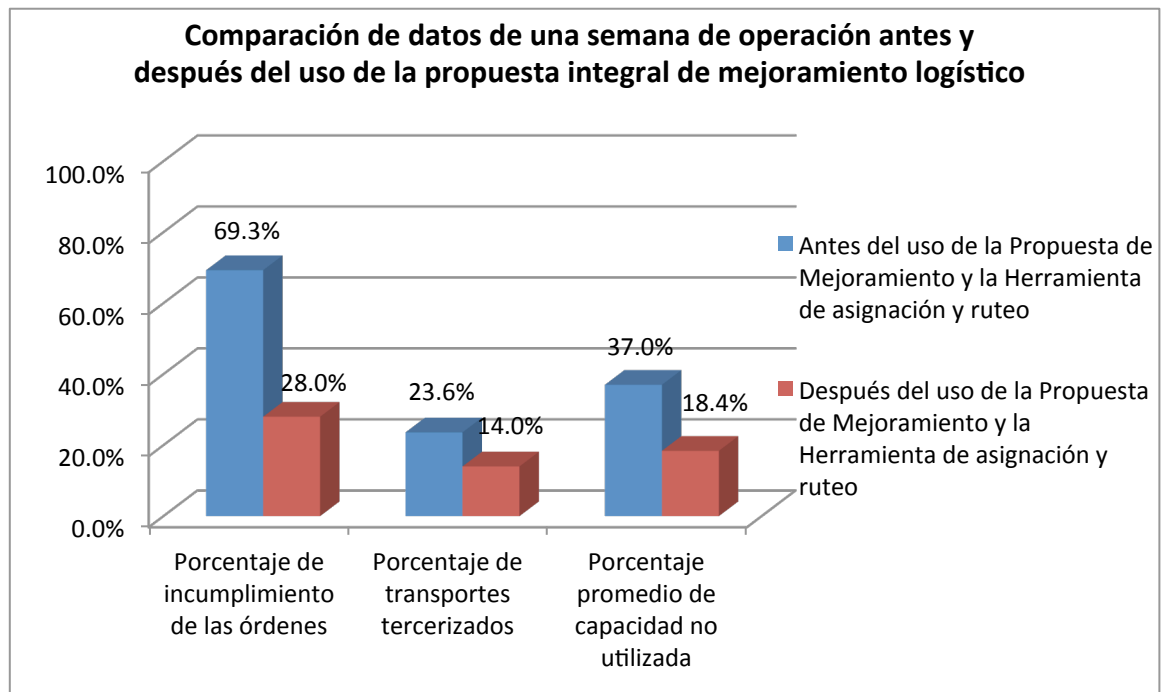
En la semana del 28 de octubre al 2 de noviembre del año 2013, se realizaron operaciones logísticas con el uso de todas las propuestas de mejoramiento indicadas en el ciclo DMAIC y programando las operaciones con la herramienta computacional. Se obtuvieron los siguientes valores para los indicadores antes mencionados:



Porcentaje de incumplimiento de los despachos	28.0%
Porcentaje de transportes tercerizados	14.0%
Porcentaje promedio de capacidad no utilizada	18.4%

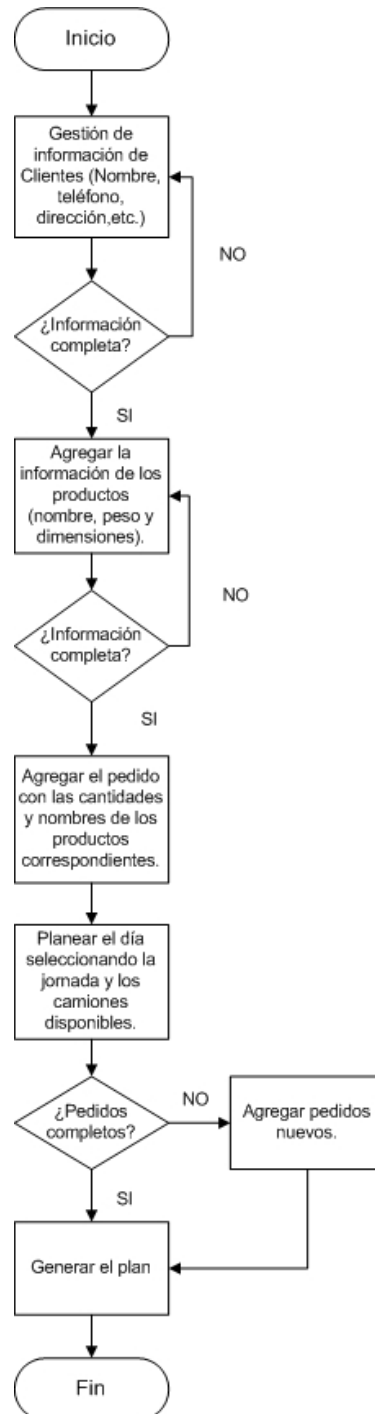
Datos: Octubre de 2013 - Metal Muñoz de Occidente Ltda. Fuente: Los Autores. Indicadores logísticos con uso de herramienta de mejoramiento.

Al contrastar ambas tablas se evidencia una disminución en todos los indicadores vitales del proceso. Se debe resaltar que la prueba de validación se realizó con criterios de aleatoriedad, y teniendo en cuenta que cada uno de los despachos es un elemento independiente dentro de cada muestra usada. También es pertinente indicar que la prueba de validación se realizó usando los mismos camiones de la muestra de mayo de 2013, para tener conjuntos con características de comparación similares. En ambos momentos la prueba se realizó con un camión de 3 toneladas y otro de 6 toneladas. Los resultados comparativos son los siguientes:



Fuente. Los Autores. Comparación de datos – Resultados de la validación

Las muestras de una semana de operación muestran una disminución considerable en un periodo a corto plazo. Se pueden lograr disminuciones de mayor valor si se realizan operaciones y validaciones en el mediano y largo plazo. Es de suma importancia, que la empresa continúe con el registro de datos para tener comparaciones más importantes en periodos de tiempo más largos. Se recomienda además seguir el siguiente proceso a la hora de usar la herramienta:



Fuente: Los Autores. Diagrama del Proceso Estandarizado del Uso de la Herramienta

Además de lo anteriormente explicado, se adjunta como anexo del proyecto un manual de operaciones de la herramienta que explica detalladamente el uso de la misma. Así se tiene totalmente documentado el uso de la herramienta en la empresa. A la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda, se le entregó un manual detallado del proceso y un listado de recomendaciones siguiendo los puntos de mejora del ciclo DMAIC.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 Conclusiones**

-Se puede observar que mediante el uso de métodos de mejoramiento de la operación logística, las empresas del sector metalmeccánico pueden reducir a menos de la mitad los indicadores claves del área: Porcentaje de incumplimiento en las fechas de entrega de pedidos a los clientes, porcentaje de transportes sub-contratados y porcentaje de aprovechamiento de los recursos de transporte.

-Dado que un ciclo de mejoramiento se focaliza en un problema determinado e intenta cambiar el estado actual usando todas las posibilidades de transformación, el modelo DMAIC es un proceso de mejora que permite integrar otras herramientas a la secuencia principal del ciclo. En este caso admite incluir una herramienta de asignación y secuenciación de las actividades de logística de una empresa metalmeccánica.

-Se puede visualizar que las Pymes del sector metalmeccánico carecen de herramientas fundamentales en logística que permitan aumentar la competitividad del sector. Por tal motivo, el uso de una herramienta que contenga todas las fases de gestión logística, permite tener mayor reducción en los efectos negativos de la incorrecta planeación logística.

-El monitoreo de procesos y la extracción de información es de vital importancia para tener control de una operación. En este caso, los datos de un proceso logístico permiten tener una visión macro del nivel de satisfacción de los clientes de una empresa metalmeccánica.

-La creación de una herramienta de planeación logística no garantiza, por si sola, una mejora en la operación. Es de vital importancia, integrar la herramienta a un ciclo de mejoramiento que analice otros aspectos que no pueden ser incluidos en el desarrollo de la misma.

### **8.2 Recomendaciones**

-Metal Muñoz de Occidente Ltda. debe planear sus actividades de transporte con la anticipación adecuada, para asegurar el cumplimiento del servicio al cliente y el correcto aprovechamiento de los recursos de transporte. Igualmente debe garantizar acceso a la información a todos los eslabones de la cadena de suministros para que se tenga conocimiento de todas las incidencias que pueden influir negativamente en la planeación logística de la empresa.

-El usuario de la herramienta debe cerciorarse que todos los aspectos de mejora del ciclo DMAIC estén involucrados a la hora de ejecutar el plan. Se recomienda completar el formato de alistamiento, para iniciar en los tiempos adecuados la planeación de las actividades de transporte.

-Se recomienda crear una base de datos de los problemas presentes con cada una de las órdenes de los clientes para tener control futuro de la operación, y no volver a tener los problemas presentados.

-Se recomienda hacer uso de la herramienta para garantizar una correcta asignación de todas las órdenes a un recurso de transporte en específico, disminuyendo el total de espacio subutilizado en los camiones, minimizando el tiempo de planeación de las actividades de transporte de la empresa e integrando las rutas a las ventanas de tiempo exigidas por cada cliente.

-La gerencia de la empresa debe estar completamente comprometida con cada uno de los aspectos de mejora del ciclo DMAIC. El cambio es un proceso que afecta transversalmente a la compañía.

-Se recomienda hacer seguimiento a cada una de las operaciones del área y contrastar los indicadores con la periodicidad adecuada.

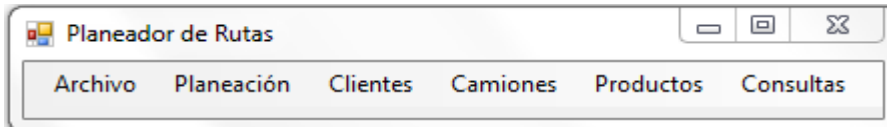
## 9. BIBLIOGRAFÍA

- JLeon. (23 de Agosto de 2011). *ANDI*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de [http://www.andi.com.co/pages/prensa/comunicados\\_prensa\\_detalle.aspx?id=282](http://www.andi.com.co/pages/prensa/comunicados_prensa_detalle.aspx?id=282)
- BALLOU Ronald. Logística. Administración de la cadena de suministro. Pearson Educación, México, Quinta Edición.
- MEJIA Clara, MONTAÑO Marcela. Logística en Pymes. Aplicación de una Herramienta de diagnóstico en Pymes en un sector representativo del Valle del Cauca. Cali, Universidad Icesi, 2003.
- LLOREDA David, MEJÍA Nicolás. Ingeniería Industrial. Elaboración de Propuestas Colaborativas que mejoren el proceso de carga masiva en Cali y su área de influencia. Cali, Universidad Icesi, 2011.
- OLANO, Andrés. Ingeniería Industrial. Análisis de la gestión de suministro en empresas grandes y medianas de la ciudad de Cali y su área de influencia. Cali, Universidad Icesi, 2010.
- MANTILLA Olga, SÁNCHEZ José. Proyectos Logísticos. Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma.
- Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Mexico D.F.McGraw-Hill.
- Clarke, G., Wright, W.: Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research* 12 (1964) 568–581

## 10. ANEXOS

### MANUAL DEL USUARIO:

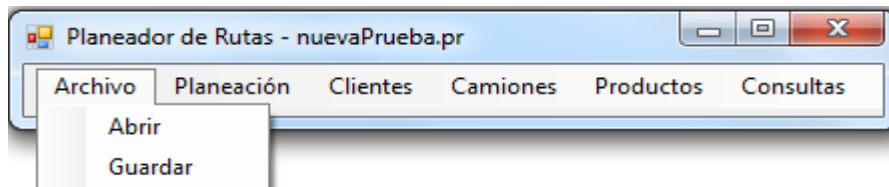
#### ✓ MENU



#### Gráfica 1.

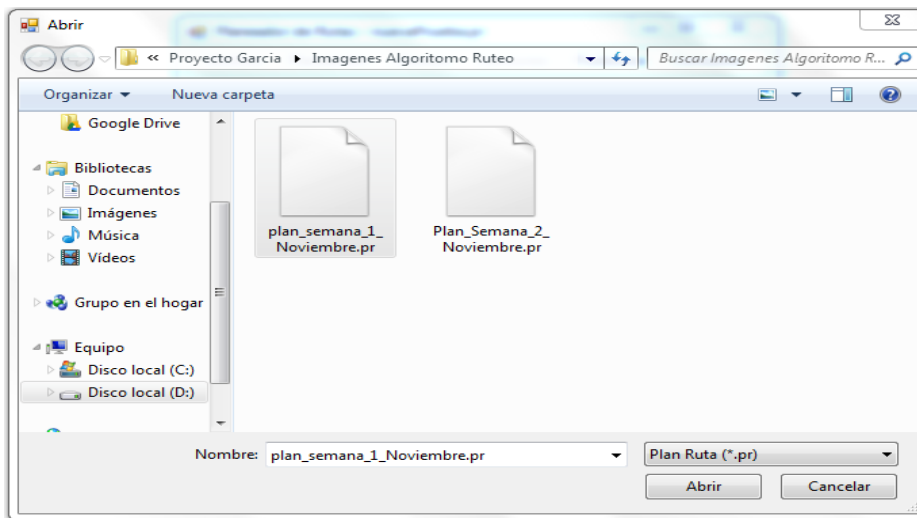
La interfaz del menú despliega los diferentes grupos sobre los cuales se pueden realizar una acción acción específica.

#### ✓ Submenú Archivo



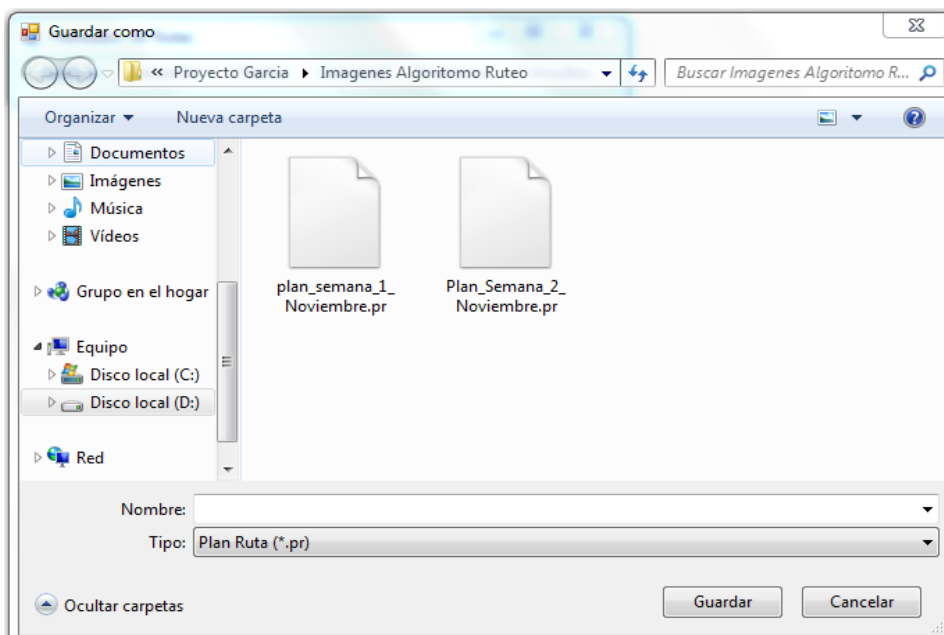
#### Gráfica 2.

En el submenú Archivo, se encuentra los items de Abrir y Guardar, los cuales nos permiten la abrir en el aplicativo un archivo de extensión *.pr* (Plan de Ruta), que contiene información sobre los planes de rutas realizadas sobre un calendario, clientes, camiones y productos, información necesaria para llevar a cabo la secuencia de ruta que debe realizar cada camión con pedido asignado. La siguiente es la interfaz que se despliega cuando se selecciona el item Abrir.



**Gráfica 3.**

Esta interfaz solo permite abrir archivos que correspondan a la extensión *.pr*, ningún otro archivo será reconocido o podrá ser abierto desde esta interfaz. A continuación la interfaz para el ítem de Guardar.

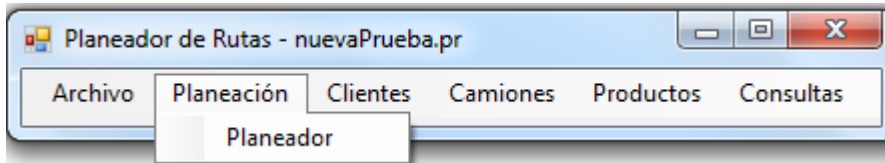


**Gráfica 4.**



Por su parte esta interfaz salva archivos con la extensión *.pr*, y lo cuales contienen toda la información generada por el usuario relacionada con los planes de ruta.

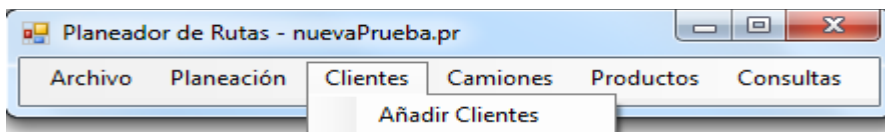
✓ Submenú Planeación



**Gráfica 5.**

Este submenú despliega el ítem *Planeador*, al cual al hacer click despliega la interfaz que se muestra en la Gráfica 10.

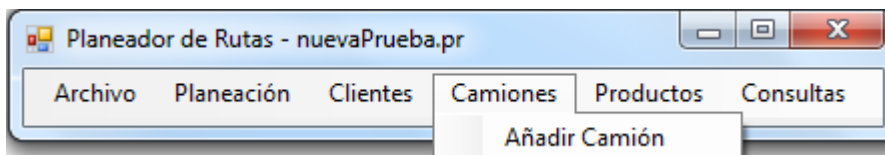
✓ Submenú Clientes



**Gráfica 6.**

Al hacer click en el ítem *Añadir Clientes*, que se encuentra en el submenú *Clientes*, se desplegará la interfaz que es mostrada por la Gráfica 13, la cual permite el ingreso de información para registrar un cliente.

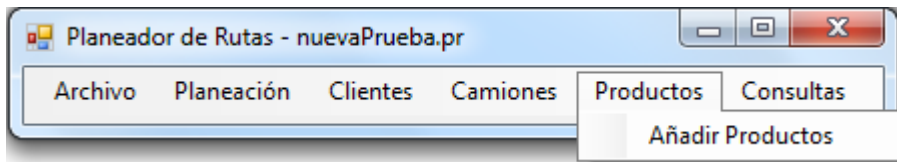
✓ Submenú Camiones



**Gráfica 7.**

Este submenú contiene el ítem *Añadir Camión* el cual al hacer click sobre este, se despliega la interfaz (Gráfica 14) que permite el ingreso de la información requerida para registrar en la herramienta un camión sobre el cual se asignarán las rutas con los respectivos pedidos.

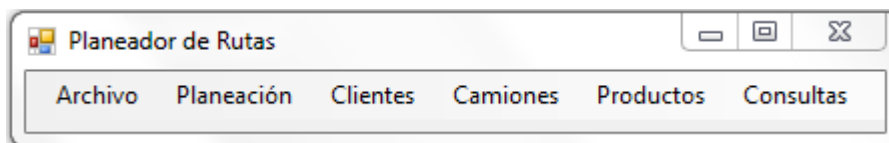
✓ Submenú Productos



**Gráfica 8.**

El submenú contiene el ítem *Añadir Productos*, el cual despliega el ítem *Añadir Productos* sobre que una vez se hace click, se abre la interfaz (Gráfica 15) que permite el registro de un producto con su respectiva información.

✓ Ítem Consultas



**Gráfica 9.**

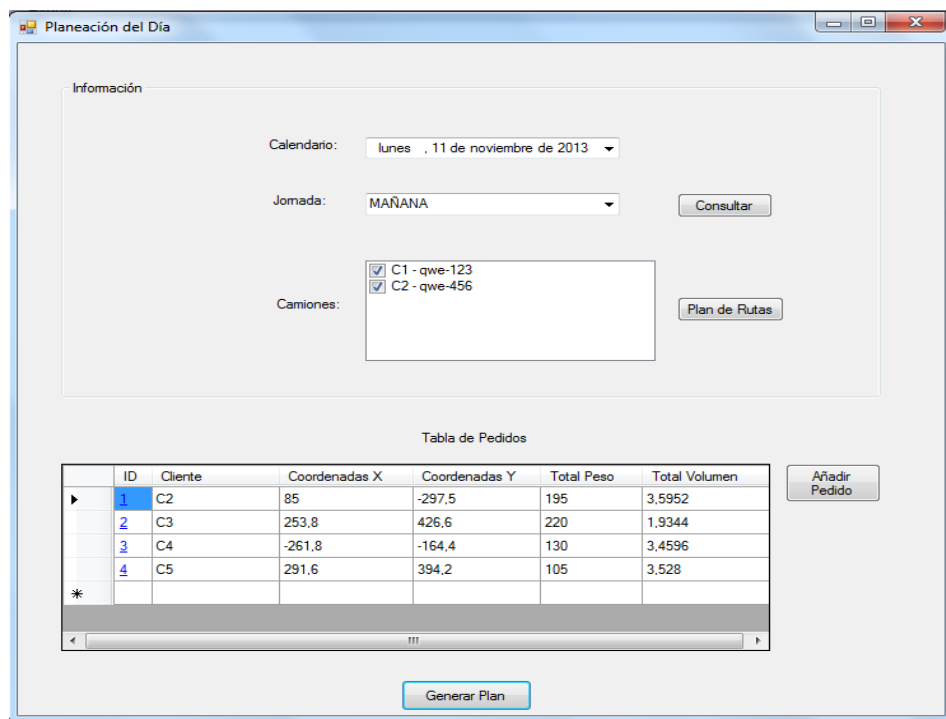
Al hacer click sobre el ítem *Consultas*, el cual se encuentra en el menú principal, se despliega la interfaz (Gráfica 16) que permite realizar una búsqueda filtrada, por camión, cliente o producto.

✓ Planeación del Día

La siguiente interfaz permite al usuario realizar la asignación de rutas a los camiones registrados y seleccionados, dado un conjunto de pedidos relacionados a unos clientes, también registrados y cuyas coordenadas determinan la localización geográfica del cliente.

Este planeador de despachos hace uso del método de barrido para llevar a cabo la selección de pedidos que serán asignados a cada camión, este método requiere el cálculo de coordenadas polares, de las cuales se usa el ángulo  $\theta$  y se emplea para realizar el barrido de los clientes en la dirección a favor de las manecillas del reloj. También se emplea el algoritmo de Clarke y Wright o el algoritmo de los "Ahorros", el cual es usado para determinar el orden en el que serán repartidos los pedidos por cada camión, con sus respectivas asignaciones realizadas en el proceso anterior.

A continuación se explica las funcionalidades que pueden ser realizadas desde la interfaz de *Planeación del Día*.



Gráfica 10.

Desde esta interfaz se puede realizar las siguientes acciones:

Seleccionar una fecha a la cual se le relaciona una planeación, esta fecha es verificada, ya que los días sábados solo se programan despachos en la mañana. Por defecto, la fecha que se visualiza en primera instancia será la fecha actual. También se verifica que el día seleccionado no corresponde a un domingo.

Seleccionar una jornada, la planeación de despachos se realiza de forma diaria y por jornada, es decir, que un día puede tener dos planeaciones, una correspondiente a la jornada *Mañana* y la otra correspondiente a la jornada *Tarde*.

Consultar un plan de despachos para un día y una jornada. Una vez se ha seleccionado una jornada se podrá visualizar el botón *Consultar*, con el cual se podrá consultar la planeación de despachos del día seleccionado en la jornada seleccionada.

Seleccionar los camiones que realizarán los despachos. Por defecto se tienen en cuenta todos los camiones registrados para realizar los diferentes despachos de los pedidos a los clientes, sin embargo, se pueden presentar situaciones adversas que impiden a un camión estar disponible para el día seleccionado, por lo cual se permite al usuario omitir uno o varios camiones, en la planeación del despacho, para poder llevar a cabo esta acción, el usuario debe hacer uncheck del o de los camiones en el listado de camiones que es mostrado en la interfaz, en el listado se visualiza el nombre del camión y su placa.

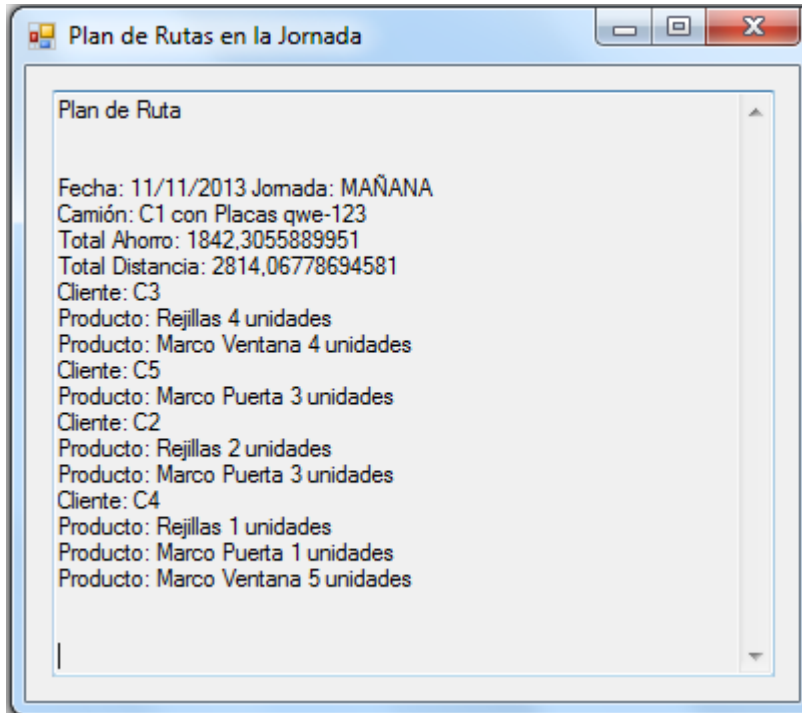
Visualizar el reporte de despachos que cada camión debe realizar, entregando el orden de los clientes como deben ser estos visitados, con sus respectivos pedidos. Se permite el acceso a esta acción, una vez se ha generado el plan de ruta o se ha consultado si un día en una determinada jornada hay despachos planeados, por lo cual se podrá visualizar el botón cuya etiqueta dice *Plan de Rutas*, en cualquier otro caso este botón no será visible. El reporte será visto como lo muestra la Gráfica 11 de la interfaz *Plan de Rutas en la Jornada*.

Añadir Pedido. al dar click sobre el botón *Añadir Pedido*, se despliega la interfaz *Pedido*, en la cual se podrá indicar la cantidad de unidades que se requieren de uno o varios productos disponibles, asociándolo a un cliente, una vez se ha hecho el pedido, éste será consolidado en la *Tabla de Pedido* en la interfaz *Planeación del Día*, donde se mostrará el identificador de ese pedido para esa planeación, el nombre del cliente que realizó el pedido, las coordenadas que determinan su ubicación y el total de peso y el total de volumen que requiere el pedido realizado.

Generar el plan de despachos con los parámetros especificados en los puntos anteriores. Para que el usuario pueda llevar a cabo esta acción satisfactoriamente, se necesita haber especificado un conjunto de pedidos, haber seleccionado un día

válido y una jornada, y haber seleccionado los camiones. Una vez se haga click en el botón *Generar Plan*, se ejecutarán los algoritmos que implementan el método de barrido y el algoritmo de “Ahorros” para realizar correctamente la planeación de despachos, acorde a los parámetros especificados.

✓ Interfaz de Reporte







**Gráfica 11.**

Esta interfaz despliega el reporte con la asignación de la ruta para cada camión, mostrando también información relevante, como el listado de clientes en el orden en el cual debe realizarse el despachos de su pedido, el detalle del pedido con el nombre del producto y la cantidad de unidades solicitadas, el total de ahorro con base al resultado arrojado al algoritmo de “Ahorros” y el total de la distancia que será recorrida por el camión. En el cálculo se plantea una ruta redundante, es decir, se calculó bajo el supuesto que la ruta inicia en el centro de despacho y finaliza en el centro de despacho, por lo tanto se tiene en cuenta la distancia del primer punto de despacho al centro de despacho y del último punto al centro de despacho.

En el caso que un pedido no pueda ser asignado a ningún camión, se muestra el listado de pedidos que quedan pendientes en el primer reporte una vez se genera el plan de rutas.

✓ Interfaz Añadir Pedido

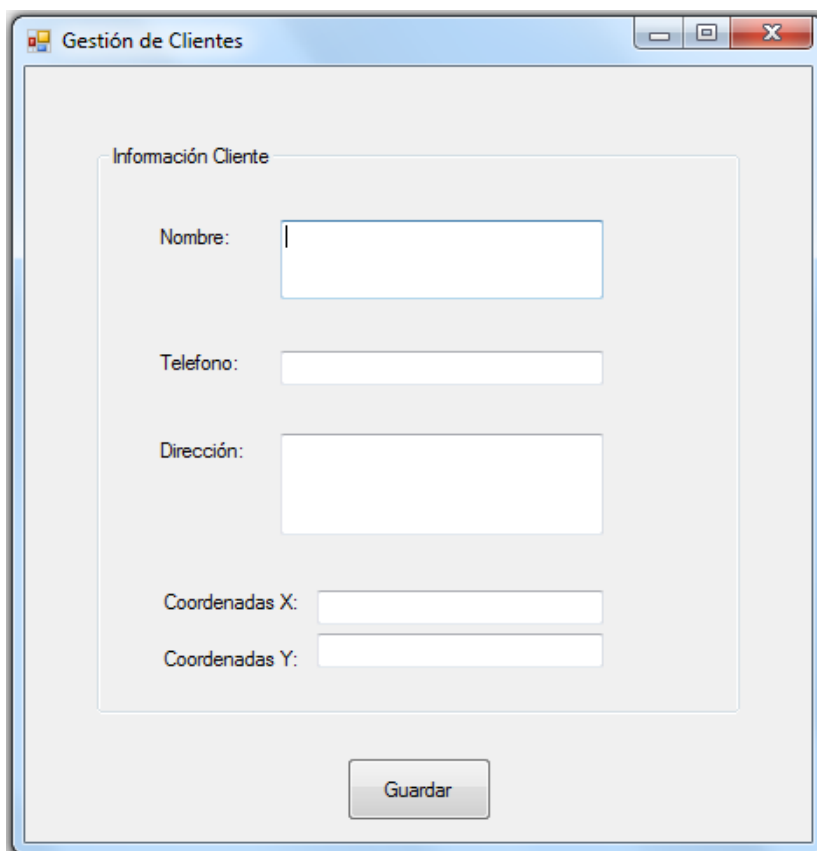
Producto	Nombre	Cantidad
	Rejillas	0
	Marco Puerta	0
	Marco Ventana	0
*		

**Gráfica 12.**

Esta interfaz permite al usuario indicar el número de unidades que requiere de uno o varios productos disponibles en el catálogo de productos, el cual es representado en la Tabla Productos, la cual permite visualizar la imagen, el nombre del producto y permite ingresar la cantidad de unidades para el producto. Como se mencionó anteriormente, una vez se da click en el botón *Guardar* y se verifica que el pedido fue especificado correctamente, se actualiza la *Tabla de Pedidos* en la interfaz *Planeación del Día*.

✓ Gestión de Clientes

A partir de la siguiente interfaz, se puede realizar el registro de un cliente, para ello es necesario especificar su nombre, dirección, teléfono y las respectivas coordenadas x y coordenadas y que determinan su ubicación.



The image shows a screenshot of a software application window titled "Gestión de Clientes". The window contains a form titled "Infomación Cliente" (note the typo). The form has five input fields: "Nombre:" (a single-line text box), "Telefono:" (a single-line text box), "Dirección:" (a multi-line text area), "Coordenadas X:" (a single-line text box), and "Coordenadas Y:" (a single-line text box). Below the form is a "Guardar" button. The window has standard Windows-style window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

**Gráfica 13.**

En esta interfaz se hacen validaciones de los campos las cuales son:

No se puede dejar ningún campo vacío. Si se trata de realizar el registro con algún campo vacío se desplegará un mensaje indicando al usuario el error.

En los campos Coordenadas x y Coordenadas Y, se puede ingresar valores decimales positivos y negativos, la parte decimal debe ser separada por coma, por

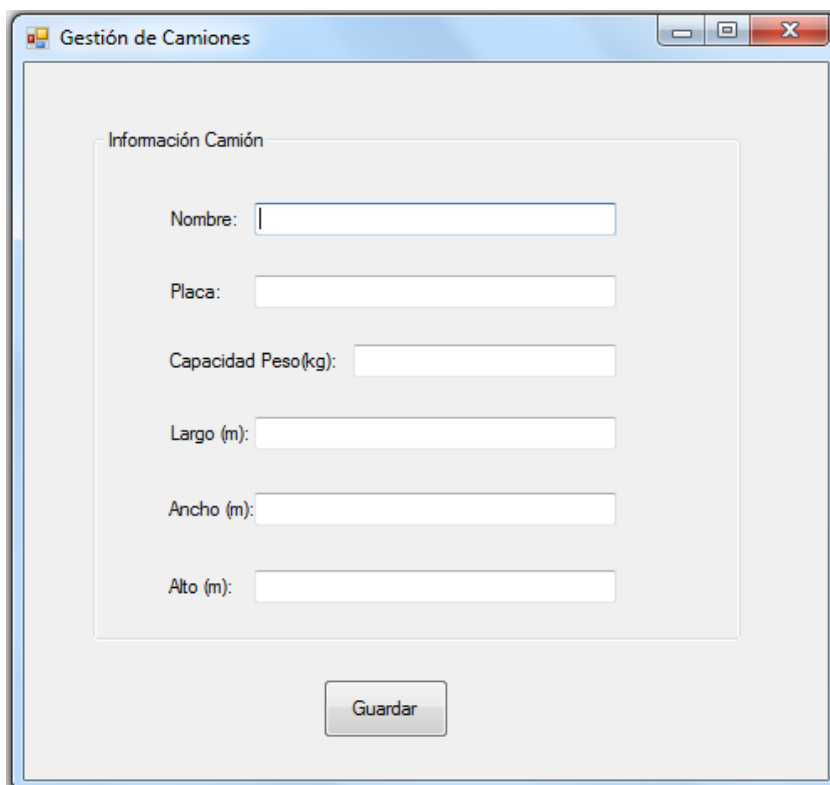
ejemplo, -234,789. si se ingresa un valor por fuera del formato se despliega un mensaje informativo avisando al usuario del error.

Si se intenta realizar el registro de un cliente nuevo con el nombre de un cliente ya existente el registro no se llevará a cabo, para lo cual los campos no serán reiniciados, prueba de que el registro fue realizado satisfactoriamente.

En cualquier caso que se incumpla una condición el registro no podrá realizarse.

✓ Gestión de Camiones

En esta interfaz se capturan los datos ingresados para su registro.



The image shows a screenshot of a software application window titled "Gestión de Camiones". The window contains a form titled "Información Camión" with the following fields:

- Nombre:
- Placa:
- Capacidad Peso(kg):
- Largo (m):
- Ancho (m):
- Alto (m):

At the bottom of the form is a "Guardar" button.

**Gráfica 14.**

En esta interfaz se ingresan los datos necesarios para identificar los camiones y poder calcular las medidas necesarias para establecer que pedidos le pueden ser asignados en la planeación de un despacho.



En esta interfaz se valida lo siguiente:

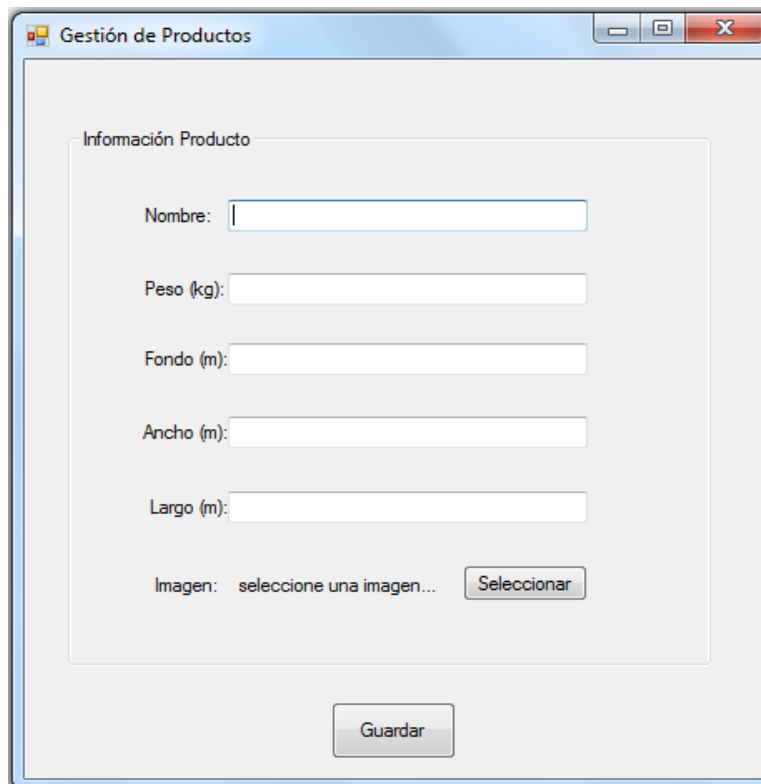
Ningún campo puede estar vacío. o. Si se trata de realizar el registro con algún campo vacío se desplegará un mensaje indicando al usuario el error.

No se permite el registro de un camión con las mismas placas de uno ya registrado, si el usuario intenta realizar un registro de esta forma, no se despliega el mensaje confirmando el registro exitoso del camión.

Para los campos Capacidad peso, Largo, Ancho y Alto, se debe ingresar un valor numérico positivo, si el valor contiene cifras decimales están van después de la coma, por ejemplo, 6000,56 kg. Para el Peso, la información están en kilogramos (Kg), en la medidas de Largo, Ancho y Alto la unidad de medida es metros (m).

En cualquier caso donde se incumpla la condición no se podrá realizar registro y se lanzará un mensaje de advertencia si es necesario.

✓ Gestión de Productos



The image shows a screenshot of a software application window titled "Gestión de Productos". The window contains a form titled "Información Producto" with the following fields and controls:

- Nombre:
- Peso (kg):
- Fondo (m):
- Ancho (m):
- Largo (m):
- Imagen: seleccione una imagen...
- 

**Gráfica 15.**

Se registra los productos que hacen parte del catálogo original de la empresa que haga uso de la herramienta, se permite especificar una imagen que muestre el producto. Igualmente que con el camión se debe especificar sus medidas que permitan calcular el volumen del producto y su peso, para verificar si un pedido con este producto permite asignarse a un camión.

En esta interfaz se valida lo siguiente:

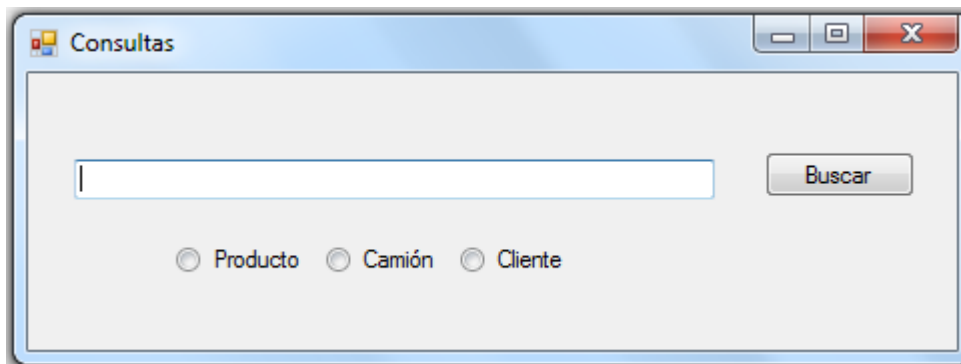
Ningún campo puede estar vacío. o. Si se trata de realizar el registro con algún campo vacío se desplegará un mensaje indicando al usuario el error.

No se permite el registro de un producto con el mismo nombre de otro ya registrado, si el usuario intenta realizar un registro de esta forma, no se despliega el mensaje confirmando el registro exitoso del producto.

Para los campos Capacidad peso, Largo, Ancho y Fondo, se debe ingresar un valor numérico positivo, si el valor contiene cifras decimales están van después de la coma, por ejemplo, 6000,56 kg. Para el Peso, la información están en kilogramos (Kg), en la medidas de Largo, Ancho y Alto la unidad de medida es metros (m).

En cualquier caso donde se incumpla la condición no se podrá realizar registro y se lanzará un mensaje de advertencia si es necesario.

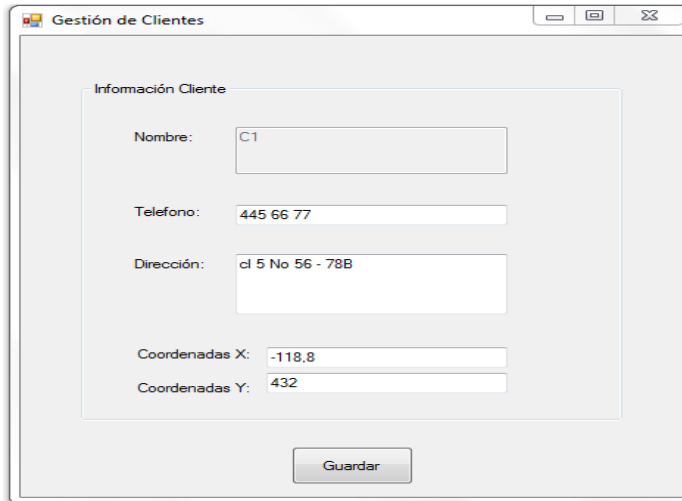
✓ Consultas



**Gráficas 16.**

Desde esta interfaz se puede consultar por el nombre correcto la información de un producto, cliente o camión registrados, para poder modificar su información. En el caso de los clientes. no se podrá editar el nombre con el cual fue registrado, para los camiones la placa no podrá ser editada y en los productos el nombre presenta la restricción de edición. Para cada uno de los casos las interfaces se visualizan de la siguiente manera.

✓ *Gestión de Clientes*



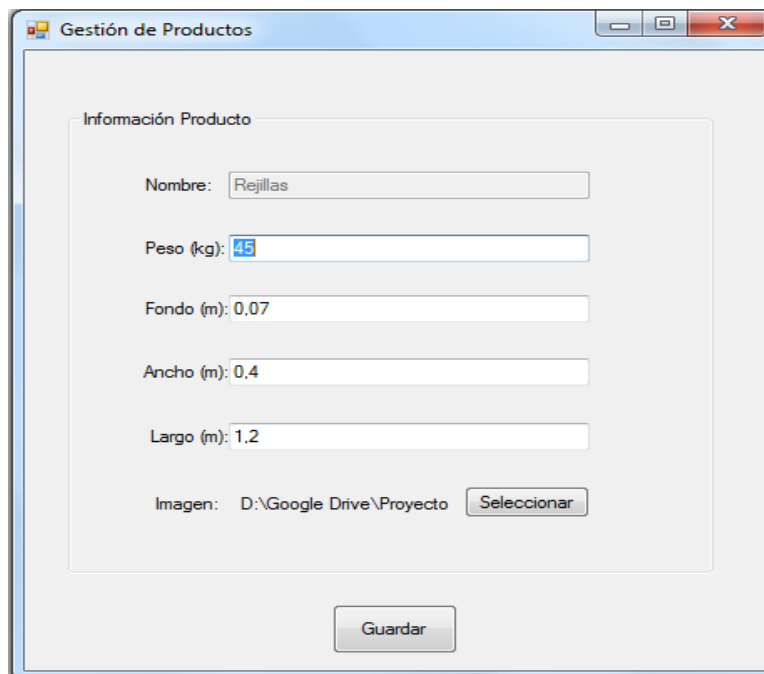
The screenshot shows a window titled "Gestión de Clientes". Inside, there is a form titled "Información Cliente" with the following fields:

- Nombre: C1
- Telefono: 445 66 77
- Dirección: cl 5 No 56 - 78B
- Coordenadas X: -118,8
- Coordenadas Y: 432

At the bottom of the form is a "Guardar" button.

**Gráfica 17.**

✓ *Gestión de Productos*



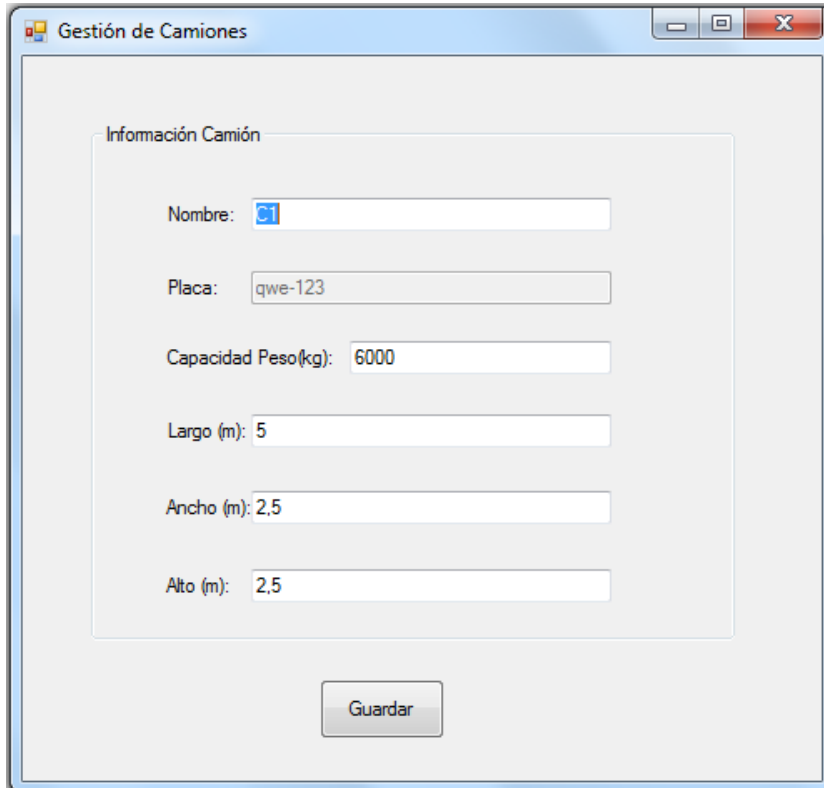
The screenshot shows a window titled "Gestión de Productos". Inside, there is a form titled "Información Producto" with the following fields:

- Nombre: Rejillas
- Peso (kg): 45
- Fondo (m): 0.07
- Ancho (m): 0.4
- Largo (m): 1.2
- Imagen: D:\Google Drive\Proyecto (with a "Seleccionar" button next to it)

At the bottom of the form is a "Guardar" button.

**Gráfica 18.**

✓ *Gestión de Camiones*



The image shows a software window titled "Gestión de Camiones" with a standard Windows-style title bar. Inside the window, there is a form titled "Información Camión". The form contains six text input fields, each with a label to its left:

- Nombre: C1
- Placa: qwe-123
- Capacidad Peso(kg): 6000
- Largo (m): 5
- Ancho (m): 2,5
- Alto (m): 2,5

At the bottom center of the form area, there is a button labeled "Guardar".

**Gráfica 19.**

Las validaciones sobre los campos en cada una de las interfaces de edición corresponden a las mismas validaciones nombradas en las diferentes interfaces de registro de clientes, camiones y productos, por lo tanto aplican las mismas consideraciones y restricciones.

Santiago de Cali, Octubre 3 de 2013

Señores

Universidad Icesi

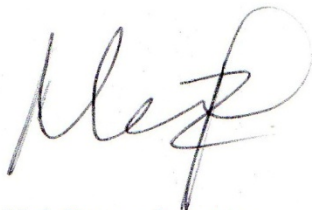
Comité de Proyectos de Grado de Ingeniería Industrial

Ciudad

Por medio la presente autorizo a los estudiantes Juan Felipe García Ramírez identificado con código 09204073 y Sebastián Plata de la Cruz con código 09204021, a usar el nombre de la empresa Metal Muñoz de Occidente Ltda. en el desarrollo del Proyecto "Propuesta de mejoramiento de la operación logística de una empresa metalmecánica ubicada en la ciudad de Cali".

Agradezco su atención.

Cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Meir', with a large, stylized flourish at the end.

Meir Tanura Saportas

Director departamento de ingeniería y producción

Metal Muñoz de Occidente Ltda.