

## TÍTULO DEL PROYECTO

**Propuesta de implementación de teoría de restricciones en ambientes de producción para disponibilidad, en la línea de reposición de sistemas de escape. Caso: UMO S.A**

**José Alejandro Jaramillo Londoño  
Andrés Felipe Sánchez Arango**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
GERENCIA DE LA PRODUCCIÓN Y EL SERVICIO  
ENVIGADO, Noviembre de 2011**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA

## **TÍTULO DEL PROYECTO**

**Propuesta de implementación de teoría de restricciones en ambientes de producción para disponibilidad, en la línea de reposición de sistemas de escape. Caso: UMO S.A**

## **AUTORES:**

**José Alejandro Jaramillo Londoño**

**Andrés Felipe Sánchez Arango**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Especialista en Gerencia de la Producción y el Servicio**

## **DIRECTOR:**

**Ing. Andrés Correa Zapata**

**Especialista en alta gerencia.**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
GERENCIA DE LA PRODUCCIÓN Y EL SERVICIO  
ENVIGADO, Noviembre de 2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

Por medio de este proyecto, queremos dar gracias a la organización GRUPO INDUSTRIAL UMO S.A. por facilitarnos los medios y el tiempo para realizar el trabajo de grado de la especialización en Gerencia de la producción y el servicio y poderles ofrecer una herramienta de trabajo, que explora nuevas formas de optimizar la cadena de abastecimiento buscando la satisfacción total de los clientes.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
1. PRELIMINARES.....	10
1.1 Planteamiento del problema .....	10
1.2 Objetivos del proyecto.....	11
1.2.1 Objetivo General.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 Marco teórico.....	12
2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	16
2.1 Descripción de los procesos .....	16
3. IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA MTA PARA LA LÍNEA DE REPOSICIÓN DE UMO S.A. ....	19
3.1 Estado inicial .....	19
3.2 Pasos de implementación MTA.....	21
3.2.1. Paso 1: Definir los niveles de inventario objetivo inicial.....	21
3.2.2 Paso 2: Generar la orden de producción .....	21
3.2.3 Paso 3: Administrar el buffer .....	24
3.3 Sistema UMO MTA.....	25
4. RESULTADOS. ....	29
5. CONCLUSIONES.....	31
6. RECOMENDACIONES.....	33
7. BIBLIOGRAFÍA.....	34

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tabla ventas perdidas .</i>	20
<i>Tabla 2. Tabla definición nivel de inventarios.</i>	21

## LISTA DE FIGURAS

	<i>pág.</i>
<i>Figura 1. Diagrama de flujo del proceso .</i>	16
<i>Figura 2. Lay out tubería.</i>	17
<i>Figura 3. Lay out sub ensamble.</i>	18
<i>Figura 4. Lay out ensamble.</i>	18
<i>Figura 5. Gráfico especificación del producto.</i>	19
<i>Figura 6: Estado inicial disponibilidad.</i>	20
<i>Figura 7: Conflicto de lotes.</i>	22
<i>Figura 8: Identificación de centro con capacidad restringida.</i>	23
<i>Figura 9: Identificación tamaño de lotes.</i>	24
<i>Figura 10: Ecuación inventario objetivo inicial.</i>	25
<i>Figura 11: Estructura entidad relación base de datos</i>	25
<i>Figura 12: Interfaz entrada programa.</i>	26
<i>Figura 13: Entrada a ventas (MTA)</i>	26
<i>Figura 14: Pantalla de ventas (nivel de inventario)</i>	27
<i>Figura 15: Pantalla comportamiento del buffer</i>	27
<i>Figura 16: Pantalla Planta</i>	28
<i>Figura 17: Entrada aprovisionamiento.</i>	28
<i>Figura 18: Pantalla aprovisionamiento.</i>	29
<i>Figura 19: Estado final de disponibilidad.</i>	30

## **Resumen**

Este trabajo de grado brinda un nuevo enfoque para la toma de decisiones en la organización, basado en la teoría de restricciones (TOC), el enfoque es para ambientes de producción que deben tener disponibilidad de productos terminados para satisfacer las necesidades del cliente, nos concentramos en mercados de oportunidad donde el faltante de alguna referencia al momento de la venta frena la compra y es casi imposible recuperar esta pérdida. Es muy importante identificar la política de producción que debe utilizar la compañía para satisfacer las necesidades de sus clientes. Puede ser MTO (Make to order), MTS (Make to stock) o MTA (Make to availability). En este trabajo mostramos las diferencias y características de cada una de estas políticas de producción para demostrar que para el tipo de compañías de va dirigido el estudio la política más adecuada desde el punto de vista de las necesidades del clientes y en términos de rentabilidad y procesos es MTA. Es así, como para la organización GRUPO INDUSTRIAL UMO S.A. se desarrolló un sistema MTA para la línea de reposición de sistemas de escape para vehículos y motos. Con esto buscamos aumentar las ventas y mejorar significativamente las ganancias de la compañía en esta línea de producción.

### **Abstract.**

This graduate work provides a new approach to decision making in the organization, based on the theory of constraints (TOC), the focus is for production environments must be availability of finished products to meet customer needs, we focus markets of opportunity where missing some reference to the time of purchase and sale braking is almost impossible to recover this loss. It is very important to identify production policy must use the company to meet the needs of its customers. You may MTO (Make to order), MTS (Make to stock) or MTA (Make to availability). In this paper we show the differences and characteristics of each of these policies to demonstrate that production for the type of companies targeted by the study the most appropriate policy from the standpoint of customer needs and in terms of profitability and processes is MTA. Thus, for the organization UMO INDUSTRIAL GROUP SA line was developed for the replacement of exhaust systems for vehicles and motorcycles MTA system. With this we seek to increase sales and profits significantly improve the company in this line.



## **Introducción**

En el trabajo de grado, se ha enfocado nuestros esfuerzos y conocimientos, en ofrecer una propuesta de implementación de teoría de restricciones en ambientes de producción para disponibilidad, ya que cada día el cliente y la competencia exigen a las organizaciones que tengan una capacidad de respuesta cada vez más rápida, para lo cual las empresas deberán estructurarse de tal forma que puedan generar respuestas ágiles y oportunas a sus clientes, desde el punto de vista una entrega inmediata a las solicitudes y requerimientos del mercado.

Es así, como para la organización GRUPO INDUSTRIAL UMO S.A, se desarrollará como punto de partida, un software que le permitirá mantener la disponibilidad suficiente para dar respuesta a todos los clientes de sus diferentes requerimientos de sistemas de escapes en cuanto a su línea de reposición, de tal forma que le permita a la empresa mantener su posicionamiento en el mercado y por consiguiente aumentar su rentabilidad , disminuyendo el nivel de ventas perdidas por no tener existencias de los productos.

Para el desarrollo de esta propuesta se establecerán el nivel óptimo del consumo de cada una de las referencias de esta línea, adicionalmente se reconocerá el tiempo de proceso, con el fin de identificar el tiempo de reabastecimiento del producto a la bodega, con lo cual se conseguirá tener existencia a la mano en el momento que los clientes lo requieran y sin mantener stock altos de las diferentes referencias sino el nivel adecuado. Reconociendo al momento de la producción de cada producto cuál es su lote de producción adecuado, de tal forma se mantendrá la eficiencia de la línea y mejorando la rentabilidad de esta por un incremento de las ventas.

## **1. Preliminares**

### **1.1 Planteamiento del problema**

UMO S.A es líder en sistemas de escapes para automotores reconocido por la tecnología y calidad de sus productos, con certificaciones en ISO TS16949: 2009; ISO 9001:2008, que corroboran el gran compromiso de mantenerse en un continuo mejoramiento. También cuenta con certificaciones como ASES (Alliance Supplier Evaluation Standard) otorgado por Nissan-Renault y QSB (Quality System Basic) otorgado por General Motors Corporation. Siendo proveedores estratégicos en el justo a tiempo de Sofasa Medellín y GM Bogotá desde hace varios años, ofrece una amplia gama de modelos los cuales cuentan con todo el desarrollo y especificaciones de línea original.

El gran esfuerzo por mantener altos niveles de calidad le ha ganado un gran renombre entre sus clientes y proveedores. Gracias a esto la reposición de las referencias que ya han salido de la línea de ensamblaje ha venido en aumento, este es un nuevo nicho de clientes que tienen exigencias y necesidades distintas de las que se enfrentan al atender a las ensambladoras. Además cada cliente que compra un vehículo, cuyo sistema de escape es fabricado es UMO S.A, es un cliente potencial para la empresa dentro de algunos años.

La diferencia entre atender una ensambladora y cliente de reposición es demasiado grande. Aunque en términos de calidad se siguen los mismos procedimientos y estándares de producción, la demanda es la gran diferencia. Mientras que las ensambladoras trabajan bajo el concepto de balanceo de línea, las necesidades son entregadas en cantidades y fechas exactas. Hay que recordar que las ensambladoras trabajan bajo justo a tiempo. El mercado de reposición es muy diferente, actualmente la planta de reposición cuenta con 155 referencias para vehículos, además de 18 referencias de tubería en total 173.

Se aplicará la solución de TOC para la disponibilidad para la planta de reposición teniendo en cuenta el supuesto que esta línea tiene ventas, llamadas ventas de oportunidad, y que a cada referencia que se le realice un pedido y no se encuentre en inventario será una venta perdida. Los clientes no tienen tolerancia hacia las fechas de entrega. Se aplicará la metodología con el objetivo de mantener el menor inventario, pero que a su vez las ventas aumenten, que aumente la rotación de inventario y así mantener un flujo de caja saludable y comenzar a construir una ventaja competitiva decisiva. Se Pretende conseguir la disponibilidad en cualquier instante de tiempo

## **1.2 Objetivos del proyecto.**

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer una herramienta de producción que aumente la sincronización entre materias primas, planta de producción y ventas para mantener disponibilidad en las distintas referencias de sistemas de escape de reposición.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Definir los niveles adecuados de inventario para cada una de las referencias de la planta, con el objetivo de satisfacer la demanda de casi cualquier referencia
- Analizar los inventario. Un resultado natural de esta objetivo nos dará una mayor rotación de inventario
- Entregar una herramienta para el mantenimiento de la promesa de disponibilidad y el monitoreo de todo el sistema de producción. Administrar las prioridades en planta el BM administración del buffer para MTA
- Presentar mejoras de la rentabilidad financiera de la compañía.

### 1.3 Marco teórico

UMO S.A. es una empresa que se crea y se desarrolla en Medellín, en el año de 1968, en su inicio solo contaba con dos empleados, y en cuanto a sus activos fijos, solamente con una máquina de doblado de sistemas de escapes, la cual era totalmente manual.

Actualmente la empresa ya cuenta con un portafolio de 173 referencias para su línea de reposición, ofreciéndoles a sus clientes soluciones de escapes que satisfagan todas las necesidades del mercado. Su actividad económica se centra en países de América tales como Colombia y Ecuador. En su portafolio de clientes colombianos, se tiene un número de 300 clientes autorizados, con el cual alcanzan a abarcarlo de manera adecuada toda la cobertura de distribución nacional.

La misión de la empresa se consolida como: “Exceder las expectativas de nuestros clientes, tanto ensambladoras como de reposición, con productos y servicios de alta calidad que garanticen óptima rentabilidad<sup>1</sup>”.

Actualmente UMO S.A., es el líder en la elaboración y el ofrecimiento de diferentes soluciones de sistemas de escape, y en la unidad de negocio la cual será objeto de estudio, se percibe inventarios existentes que no cumplen con la demanda que requieren sus clientes y algunos consumidores finales, debido a que el stock con el cual se cuenta en algunas referencias no es suficiente para la demanda que presenta el mercado de esta. Es por esta situación que se propondrá para que estas ocurrencias se dejen de percibir, y se dejen de perder ventas una solución de TOC (Theory of constraints – Teoría de restricciones) enfocado en MTA (Make to availability – Hacer para la disponibilidad), con el fin de mejorar las ventas de dicha organización.

El TOC (Theory of constraints – Teoría de restricciones). Es una teoría desarrollada por el Doctor Israelí, Eliyahu M. Goldratt, la cual se basa en una filosofía de administración que es aplicable a cualquier tipo de organización que ofrece una nueva alternativa de cómo administrar para lograr los objetivos deseados. Siguiendo los pasos que se sugieren para esto, identificando, una restricción en la cadena productiva. Estos pasos son:

1. Identificar la(s) restricción(es) que presenta(n) el(los) sistema(s): Son las restricciones aquellas que determinan el flujo de dinero en el sistema, reconociendo así que el Troughput, el cual es determinado por los clientes que no compran en un sistema de distribución

---

<sup>1</sup>UMO S.A. Filosofía corporativa. [en línea]. < <http://www.umo.com.co/espanol/filosofia.htm> > [citado en 29 de septiembre de 2011.]

2. Explotar la(s) restricción(es). Hace referencia a tener el inventario correcto, en el lugar correcto y en el tiempo correcto
3. Subordinar los demás proceso a dicha restricción(es): Es subordinar la decisión anterior (tener el inventario correcto, en el lugar correcto y en el tiempo correcto), ser capaces de ubicarlo en el contexto de la empresa y consumidores. La subordinación es la base de la programación DBR.
4. Elevar a un nivel máximo dicha(s) restricción(es): Llevar al máximo nivel las restricciones para cumplir con las necesidades insatisfechas de los clientes igualando la demanda. Desplazando de tal modo así la restricción al mercado.
5. Regresar nuevamente al primer paso de estos cinco.

Esto se hace con el fin de ofrecerle a la cadena productiva, una solución rápida y eficiente que genere satisfacción a todos los integrantes de la cadena de abastecimiento, desde el proveedor hasta el consumidor final de este bien.

Las empresas de hoy en día tiene varias formas de elaborar sus productos, los cuales los contempla esta teoría de administración de la producción, basado en dos diferentes ambientes de manufactura:

- MTO (make to order – Hacer para la orden), el cual consiste en realizar los diferentes productos y o servicios que requiere un cliente en el momento que sea solicitado, ofreciéndole una fecha de entrega al cliente puntual y sin generar costos de inventario alguno.
- MTS (make to stock – Hacer para almacenar), difiere de manera absoluta al MTO, ya que este se enfoca en elaborar volúmenes necesarios de inventario, con el fin de que no se presentes escases los productos específicos que ofrece la organización, en el momento que un cliente requiera de ellos, satisfaciendo tanto al productor como el consumidor.

Dentro de este MTS, se encuentra el MTA (Make to availability – Hacer para la disponibilidad) esbozado por el Dr. Eli Schragenheim, el cual consiste en proporcionar de fuente inmediata de inventarios a los clientes, sus productos cuando sean necesario. Esta disposición de stock y frecuencia de tener con que satisfacer a sus consumidores, conlleva a tener un amplio compromiso con el mercado en general. Esta administración de producción favorece a las empresas y clientes, ya que a medida de su implementación hará que no se pierdan ventas para el productor, y para el consumidor que satisfagan su necesidad, además se evitará tener inventarios excesivos y costos para la empresa

Entre los principios básicos del MTA, tenemos los siguientes:

- Tanto el inventario como el tiempo de reposición están estrechamente correlacionados. El cual cada vez debe ser más rápido y corto, aquellas veces que se requiera la reposición de inventarios de

cualquier referencia garantizará la disponibilidad satisfacción y fidelización del cliente, así evitando la pérdida de ventas.

- Contar con una protección de las variaciones que presenta la demanda de los diferentes productos, esto es posible con el inventario que se tenga disponible en un nivel adecuado, y en casos extremos aquellos que se encuentren en proceso de elaboración (WIP)
- Tener presente al momento de establecer niveles de inventarios y tiempos de producción y reabastecimiento, el historial de las fluctuaciones de la demanda de los clientes facilitan esta labor. Generalmente se tiene una concepción de que el mañana no dista mucho del hoy, pero pueden presentarse eventualidades que deben ser sujeto de análisis y precaución
- Quien da la pauta para fabricar o no el producto que se tiene el inventario que se tenga de cada una de las referencias, y este brindara la información necesaria para dar las prioridades de producción. Clasificándolos de la siguiente manera:
  - Verde: Si el inventario final que se posee de la referencia es dos tercios o más del inventario objetivo, se considera a ser de baja prioridad.
  - Amarillo: Si la cantidad de inventario de una referencia se encuentra entre el siguiente rango: un tercio y dos tercios del nivel objetivo, aunque su nivel de prioridad es medio, se debe tener precaución de ella ya que en un momento inesperado pueda convertirse en roja.
  - Rojo: este se da en el momento que no se cuente con inventario de esta referencia y su nivel este en menos de un tercio del inventario adecuado, el riesgo de un agotamiento se incrementa en esta sección

Entre algunas bondades del MTA se tiene.

1. Cumplimiento a un compromiso de disponibilidad continua casi inmediato de las diferentes referencias.
2. Oferta de los diferentes productos a sus clientes y de manera puntual y precisa.
3. El ritmo de la fabricación es ligado totalmente por la demanda, ya que estos son los que dan las prioridades de producción dentro de la planta.
4. Es el productor el único dueño de sus inventarios.

Adicionalmente, no se debe centrar exclusivamente el MTA en la parte productiva, también debe tenerse en cuenta la forma en cómo se reabastecen dichos inventarios y que tiempos se gastan en esta actividad, ya que esto influye en que no se pierdan ventas por falta de los productos.

Para que esto no suceda deberá establecerse un inventario objetivo en el almacén, con el fin de satisfacer la demanda de los clientes y/o consumidores, sin dejar de reconocer que las fluctuaciones tanto de oferta como de demanda, son muy difíciles de predecir, se debe tener un Buffer adecuado para que estas variaciones no dejen de ser relevantes a la hora de la venta.

El no tener los productos, en el momento preciso para los clientes, hace que se dejen de percibir ventas y se pierdan clientes que vayan a buscar los artículos en otras partes de la competencia, por esto la importancia de tener la suficiente disponibilidad de los diferentes requerimientos que tiene el mercado.

Esto es posible con una buena visualización y perfección de los siguientes elementos:

- Cantidad mínima y máxima de inventario requerido
- Tiempo de elaboración del producto.
- Tiempo de distribución del producto.
- Demanda del producto.

Se sabe de lo impredecible que es la demanda, ya que se tiene estacionalidades generalmente de los productos, y es por esto que el inventario objetivo dependerá en un 100% del comportamiento que tenga el producto en el mercado. Además se debe analizar si el hecho que dicho inventario haya bajado su nivel en una unidad, o en un número poco significativo, deberá valorarse que tan adecuado es elaborar dicha cantidad o si es mejor para la compañía establecer un lote mínimo de producción para la eficiencia de la empresa y satisfacción de los clientes.

Con el fin de que el impacto de la demanda no sea tan fuerte, se planea de manera adecuada una provisión de las diferentes referencias de acuerdo la rotación con la que cada una cuenta. Esta provisión se basa en los pronósticos de ventas realizados en periodos anteriores y las respectivas demandas que se hayan presentado.

Esta información nos da las diferentes desviaciones que se presenta con la información histórica de la compañía, y de tal forma poder establecer una media adecuada para el inventario objetivo que se requiera para no perder ventas, una provisión que cubra entre una y dos desviaciones estándar de la media, tanto por encima como por debajo de ella.

El planear la provisión bajo pronósticos tiene las siguientes desventajas:

Las desventajas de la planificación de la producción sobre la base de un pronóstico son los siguientes:

- “La falta de una protección adecuada (Buffer) genera mala toma de decisiones y afecta las ventas. Esto en sí mismo puede crear escasez simultánea en algunas líneas de productos y ventajas en otros. Es el resultado de malos entendidos al elaborar pronósticos inexactos de las referencias con las que se cuenta.
- Si no se cuenta la incertidumbre de la demanda. Esto generará un costo asociado con la operación en un entorno incierto. La administración debe evaluar los posibles costos y asegurar que la organización puede sostener. Cuando se confía en un valor de provisión único (promedio) por sí sola, el costo potencial de la desviación real de la previsión no es ni siquiera considerado.
- La falta de reconocer la importancia del stock de seguridad. Aun cuando la seguridad del inventario se realiza sin criterios claros y certeros, es difícil administrarlo de manera óptima. Por lo tanto, cada vez que surgen problemas de liquidez en el stock de seguridad, se debe a una mala lectura en el mercado de la demanda.
- Ampliación de la provisión para demandas demasiado lejanas en el futuro. Una vez que el pronóstico se establece, que es muy tentador para la gestión de los inventarios, en aplicarlo durante períodos más largos. La motivación para ello es la intención de hacer la producción "más eficiente" a través de procesamiento por lotes y por la acumulación de amplio stock mucho antes de un pico de ventas que se prevea<sup>2</sup>”.

## 2. Metodología del proyecto

### 2.1 Descripción de los procesos

El proceso de producción de un sistema de escape para la línea de reposición es complejo. En la planta hay seis zonas definidas por las cuales debe pasar la producción antes de convertirse en producto terminado. Cada zona tiene características únicas.

Figura 1: Diagrama flujo del proceso



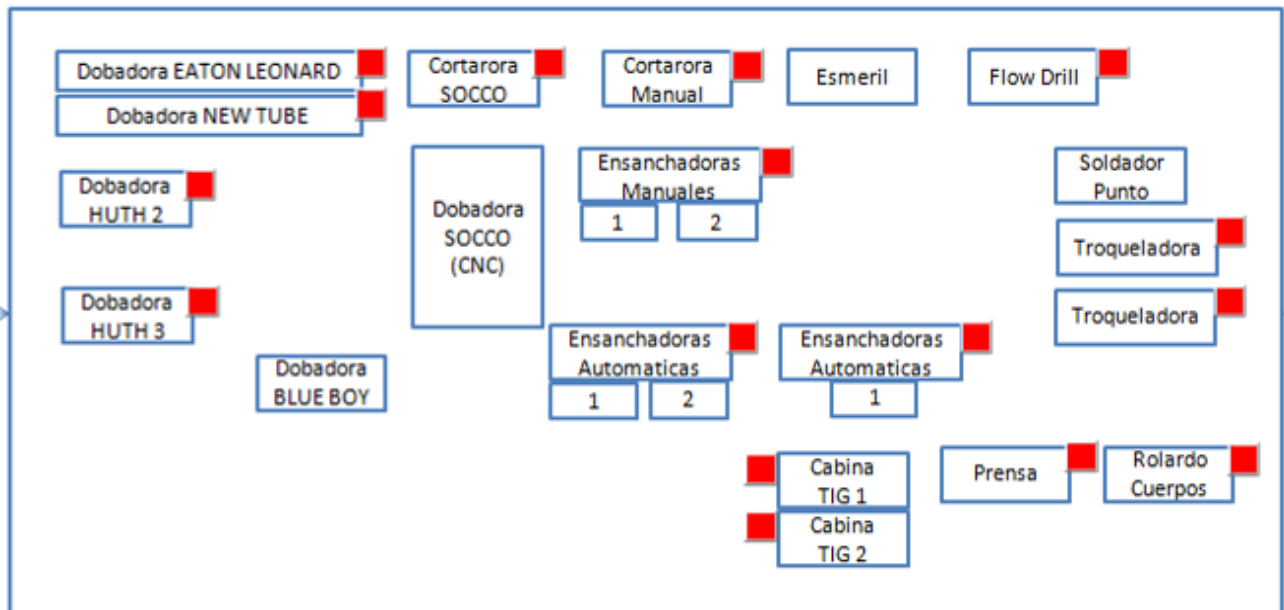
<sup>2</sup> SCHRAGENHEIM Eli, DETTEMER H. William y PATTERSON J. Wayne. Using simplified S-DBR for Making to Availability. Supply chain management at warp speed. NW U.S.: Auerbach Publications, 2009. p. 99.



Para efectos del trabajo solo profundizaremos en tres zonas. Tubería, Sub-Ensamble y Ensamble. Que son los que llevan la mayor carga y los que deben de sufrir los mayores cambios para llegar a obtener altos niveles de disponibilidad.

**Tubería:**

Figura 2: Lay out tubería.

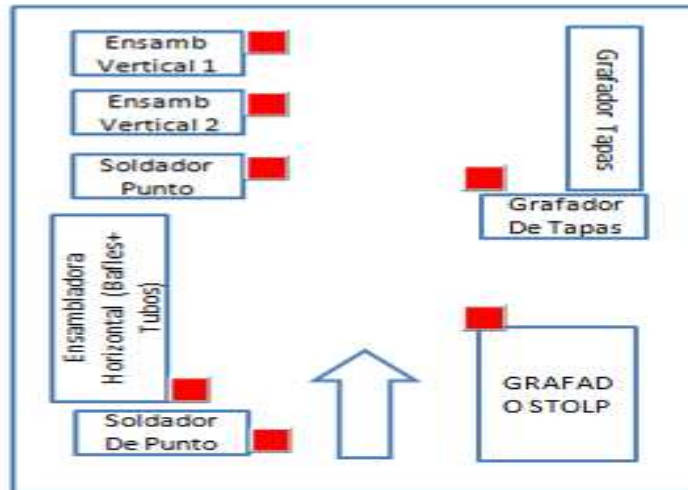


Tipo “Job Shop. El ambiente Job Shop está definido como una cantidad de M máquinas y N trabajos, cada trabajo tiene una prioridad la cual define el compromiso para terminarlo y está compuesto por M operaciones, cada operación es realizada por una sola máquina. Cada máquina procesa una operación al tiempo. Las operaciones de un trabajo se realizan en diferentes máquinas en una secuencia que se debe respetar”<sup>3</sup>. Esta zona se encarga de procesamiento de toda la tubería interior y exterior para las diferentes referencias.

<sup>3</sup> RODRÍGUEZ VEL.ÁSQUEZ Elkin, SÁNCHEZ Andrés Felipe y CHAVERRA PEÑA, Jorge Mario: Desarrollo de una herramienta para la minimización de tardanza total en ambientes job shop apoyada en búsqueda tabú. [En línea] (2006) <[http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/rodriguez\\_etal06.pdf?&lang=es&output=json&session-id=df9dbf7fa560265888be8ab9dce8216a](http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/rodriguez_etal06.pdf?&lang=es&output=json&session-id=df9dbf7fa560265888be8ab9dce8216a)> [citado en junio 2006]

### Sub-Ensamble:

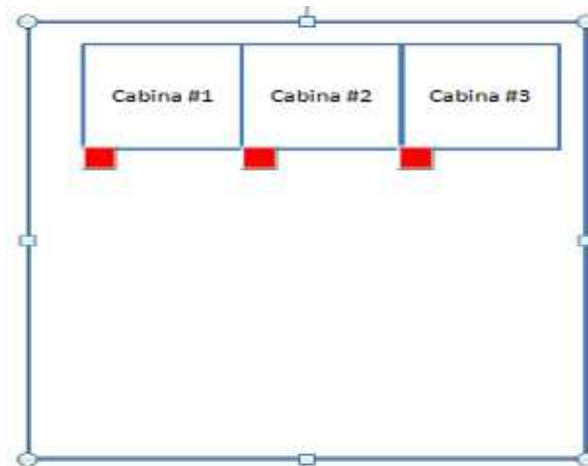
Figura 3: Lay out sub-ensamble



Esta es una línea producción donde las operaciones son secuenciales y se debe respetar las precedencias. Esta zona se encarga de realizar todas las operaciones grafados longitudinales, ensamble de partes interiores, unión de cuerpos interiores y exteriores con soldadura de punto y grafado de tapas

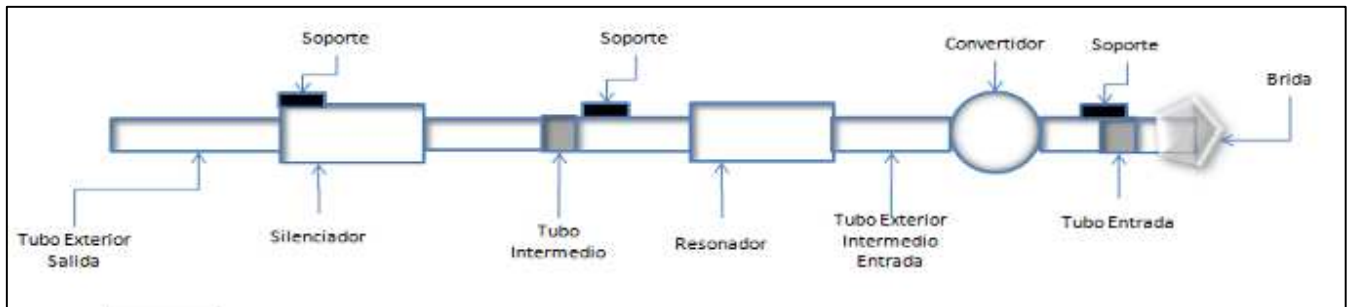
### **Ensamble**

Figura 4: Lay out ensamble



En la zona de ensamble se unen todas las diferentes partes del sistema de escape según especificaciones y SOS del producto.

Figura 5: Gráfico especificación producto



Aunque todas las referencias deben de pasar por estas tres zonas, dependiendo de la programación de referencias se tiene una carga diferente de máquinas. La línea de reposición cuenta con 155 diferentes referencias para vehículos desde camiones, volquetas y carros de bajo cilindraje; esto complica la programación, el seguimiento y el control del trabajo en proceso.

### 3. Implementación propuesta MTA para la línea de reposición de UMO S.A.

Siguiendo los procedimientos presentados por el Dr. Eli Schragenheim, en su libro: Supply Chain at Warp Speed, la siguiente es la metodología utilizada para llevar a cabo la implementación del MTA para la línea de reposición.

#### 3.1 Estado inicial

La línea de reposición contaba con un sistema precario al momento de obtener las necesidades del cliente. El departamento comercial mensualmente entregaba la gestión de demanda de cada una de las referencias, lo cual significa que las ventas estaban basadas en pronósticos y presentimientos por parte de los vendedores. Cada referencia se revisaba y se estimaba cual podría ser el consumo del mes siguiente. El modelo se corría iniciando cada mes. El jefe de planta y el director comercial se reunían para concertar la producción de cada referencia para el mes en curso. Basar todo un sistema de producción en un modelo de pronósticos trae consecuencias inevitables.

El pronóstico es un proceso matemático-estadístico destinado a determinar la información sobre el futuro. A menudo se pasa por alto el hecho de que se cuenta sólo con información parcial. Una planta que trabaje fabricando para stock debe conocer el volumen de ventas en el futuro para que los productos apropiados se puedan producir en el momento adecuado. Los pronósticos parecen dar la respuesta definitiva a la pregunta: "¿Cuánto hay que producir y cuándo?" Sin embargo, un problema importante con los pronósticos es que mucha gente ignora la "información parcial", que ellos otorgan. Podemos decir con seguridad que el uso de

la predicción en la mayoría de las áreas de gestión está llena de ignorancia, y poca confiabilidad, lo cual conduce a decisiones equivocadas, los resultados son altamente indeseables, y los financieros mediocres.

Los resultados no eran los mejores bajo este sistema. Los agotados y los excesos rondaban la bodega y la planta de producción siempre está inundada de prioridades. En todas las zonas se tenía demasiado trabajo en proceso. Convirtiéndose en un sistema de producción lento y caótico. A continuación se muestra la disponibilidad en la bodega de producto terminado.

Figura 6: Estado inicial disponibilidad.



Se puede observar que el 33% de las referencias (aproximadamente 51) no contaban con inventario, el 23% estaba en riesgo de ventas perdidas por tener bajo inventario y solo el 44% de estas estaba con seguras y disponibles para la venta.

Además las ventas perdidas eran una gran preocupación.

Tabla 1: Tabla ventas perdidas

Presupuesto de ventas	100%
Pedidos clientes	106%
Cumplimiento ventas	91%
Ventas perdidas	15%

En total en el año de 2010 se tuvieron ventas pérdidas por aproximadamente un 15% del presupuesto de ventas. Para que esta pérdida no siga tomando fuerza de la empresa se implementa un sistema MTA, para tener la disponibilidad necesaria y precisa de stock en bodega.

### 3.2 Pasos de implementación MTA

#### 3.2.1. Paso 1: Definir los niveles de inventario objetivo inicial.

De lo comentado anteriormente de los pronósticos, debe quedar claro que el objetivo es asegurarse de que se puede satisfacer casi cualquier solicitud de productos, mientras que simultáneamente se evita el exceso de inventario final. Un resultado natural de este último criterio es la maximización de la rotación del inventario. Esto significa que se debe encontrar un nivel apropiado por establecer el inventario final para todos los artículos que tienen previsto ofrecer una garantía.

El nivel objetivo apropiado para que cada elemento mantenga la disponibilidad debe ser igual a la mayor demanda que podría razonablemente esperar que se produzca dentro de un período de tiempo definido. Ese período es definido por el tiempo de reposición promedio más un margen de seguridad para protegerse contra una demora razonable en la reposición.

Tabla 2: Tabla definición nivel inventario objetivo.

Producto	Demanda semanal máxima	Tiempo Promedio de reposición en cuatro semanas (un mes)	Consumo medio estimado mensual	Factor de seguridad en reposición	Nivel de inventario inicial
Referencia 1	100	30 días	320	1,5	480

Para nuestra implementación se tuvo en cuenta que la posibilidad de que se obtengan la máxima demanda semanal sostenida durante cuatro semanas es muy baja. Si calculamos el stock objetivo con la máxima demanda daría un inventario de 600 unidades, con lo cual estaríamos obteniendo un sobre inventario de 120 unidades de esta referencia. La estimación del stock objetivo inicial no es un cálculo engorroso, se necesita de un dato lo suficientemente bueno para comenzar la implementación.

Se utilizó un factor de seguridad del 50%, ya que este es el más recomendado para testear el stock objetivo en tiempo de reposición. Esto suele ser un buen punto de partida.

#### 3.2.2 Paso 2: Generar la orden de producción

Una vez que los niveles de inventario objetivo se han establecido, el trabajo de producción es para su mantenimiento, esto significa que cada vez que el inventario de cualquier SKU es inferior a la meta, se debe generar una nueva orden de producción en forma inmediata.

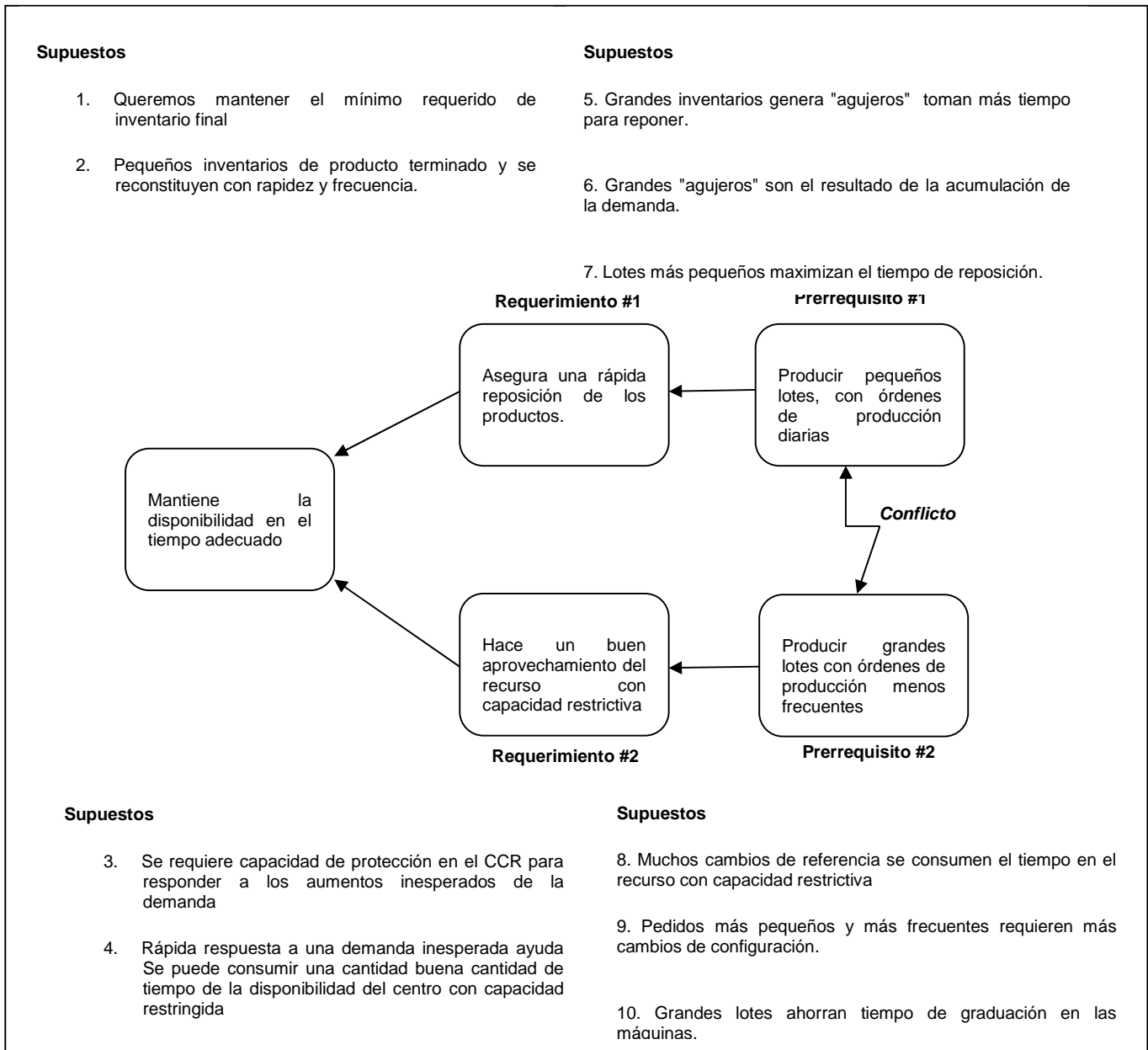
Es común que día a día se venda de cada referencia pocas unidades o una sola unidad, lo cual hace que el inventario este por debajo del nivel objetivo constantemente, pero no es lógico que se elaboren ordenes de

producción por cada unidad del inventario que se consume, se poblaría la planta con órdenes de pocas unidades, lo cual generaría caos en la planta.

*El conflicto de producir grandes lotes y pequeños lotes.*

Como romper este conflicto en una planta de producción para mantener una estrategia de disponibilidad

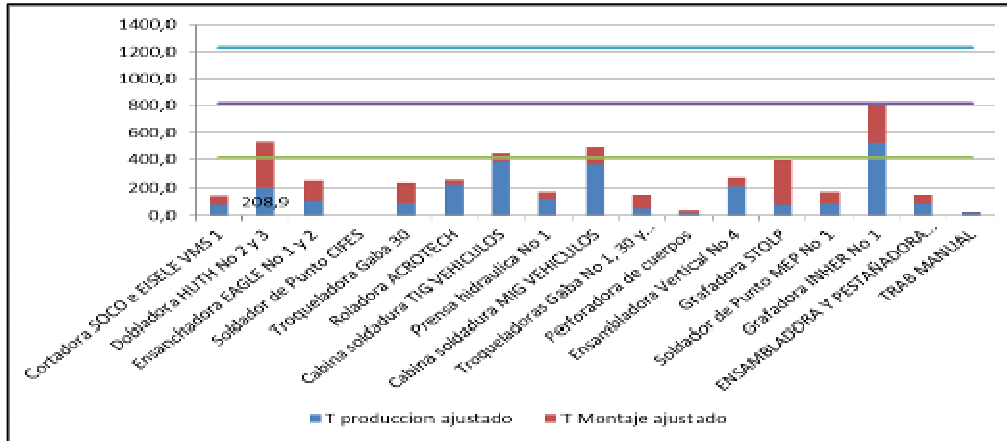
Figura 7: Conflicto de lotes<sup>4</sup>.



<sup>4</sup> SCHRAGENHEIM Eli, DETTEMER H. William y PATTERSON J. Wayne. Using simplified S-DBR for Making to Availability. Supply chain management at warp speed. NW U.S.: Auerbach Publications, 2009. p. 108.

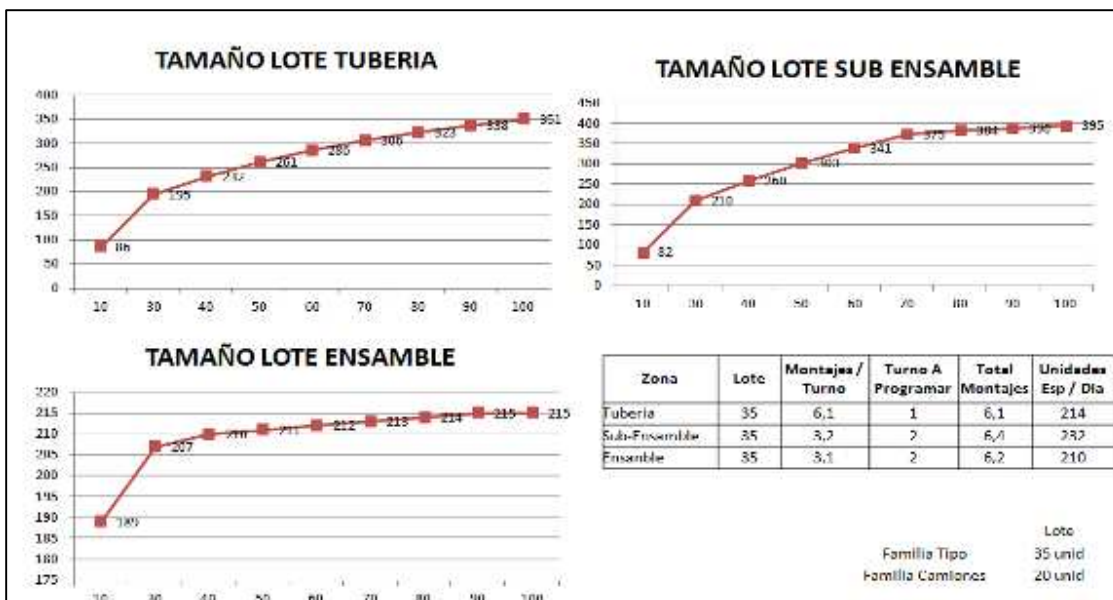
La solución de este conflicto es definir unos lotes de tamaños mínimos para la orden de producción antes de lanzarla a la planta. Como es esto posible, hallamos la restricción global de planta, este es el centro de trabajo que marca el ritmo de trabajo, se podrán fabricar tantas unidades por turno como este centro de trabajo tenga capacidad. En el próximo gráfico hallaremos la restricción de la planta.

Figura 8: Identificación centro con capacidad restringida



Para obtener este gráfico, se simularon los tiempos de producción y de montaje para 6 referencias, las cuales abarcan la mayoría de los procesos de la planta. Claramente se encuentra que la restricción global de planta es la grafadora Inher. Esta marca el ritmo en la planta. Además realizamos la simulación en cada zona para observar el comportamiento de unidades finales contra tamaños de lotes diferentes.

Figura 11: Identificación tamaños de lotes



Así hayamos el tamaño mínimo de lote para justificar una orden de fabricación nueva, por ejemplo yendonos cien por ciento a la norma, si el inventario objetivo de una referencia es de 100 unidades y tenemos la política interna de que se lanza una nueva orden de producción cuando solo una unidad es vendida el inventario quedará en 99 unidades, en lugar de crear una orden con una sola unidad vamos a ordenar la producción del lote mínimo (lote mínimo 35 unidades), de estas 35 unidades una repone el consumo y las demás unidades incrementarán el inventario, esto aumenta la cantidad de inventario de la referencia pero asegura continuamente que la eficiencia en la planta es la adecuada, además el inventario inicial nunca sobre pasará las 134 unidades. A lo cual el inventario máximo siempre será conocido, ayudando así a estimar espacios de almacenamiento final para cada una de las referencias, sirviendo a la capacidad y el lay out de la bodega de producto terminado.

Se debe recordar que el lote mínimo es la cantidad mínima a programar, en el cual la planta se comporta bajo eficiencia óptimas, cualquier cantidad por encima mayor de esta cantidad ayuda a la eficiencia y eficacia de la planta, por lo cual se podrá generar ordenes de producción que esten por encima de 35 unidades.

### **3.2.3 Paso 3: Administrar el buffer**

La gestión del buffer permite eficazmente poner en firme la disponibilidad, las órdenes de fabricación se han previsto sin una fecha de entrega, los operarios en planta necesitan tener una guía para procesar y mover las órdenes de un centro de trabajo a otro. En consecuencia una política de prioridades es esencial, los operarios así como el director de operaciones deben saber si el esfuerzo extraordinario, es necesario para procesar una orden específica, aun cuando no se requiere un esfuerzo especial, los operarios deben saber cuándo comenzar o cuando cambiar de SKU.

El papel de la gerencia del buffer es el encargado de proporcionar la prioridad de cada una de las órdenes para señalar al operario cuando se necesita un esfuerzo extraordinario y mover los pedidos correctos hacia adelante.

Cuando se inserta un buffer para proteger el plan de producción frente a la variación, su consumo indica el estado actual de riesgo para el área protegida. Cuando el exceso de la protección que se ha consumido, el peligro de agotar las unidades es alto y se pone en riesgo el plan de la disponibilidad. Si sucede que el buffer se ha agotado, se tomarán medidas extraordinarias para recuperar el stock.

A diferencia del MTO, en MTS (Make to stock) la forma de protección es la pila (cantidad) del producto, no el tiempo. Cuando la demanda aumenta, la protección disminuye con gran rapidez. La protección restante está representada por las unidades terminadas para la venta y por las unidades en proceso que esperamos que lleguen antes de que el inventario se agote totalmente.

El buffer se expresa en porcentaje y su fórmula es la siguiente:



Figura 10: Ecuación inventario objetivo inicial.<sup>6</sup>

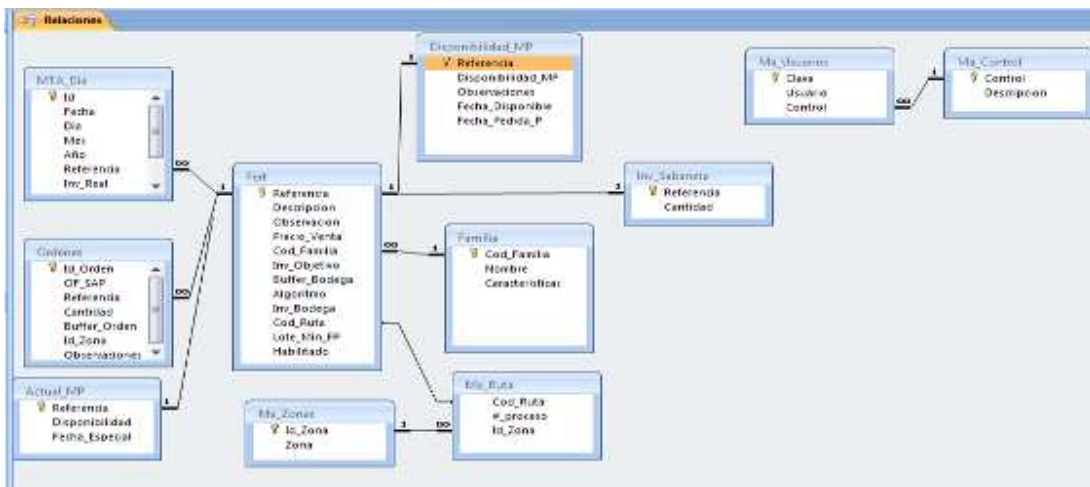
$$\text{Estado del buffer} = \left( \frac{\text{Nivel de inventario objetivo} - \text{inventario existente} - \text{inventario en proceso}}{\text{Nivel de inventario objetivo}} \right) \times 100$$

Si el porcentaje del estado del buffer se encuentra entre 0% y 33%, su color es verde, los cuales son aquellos que poseen menos prioridad dentro de la planta, son amarillos aquellos que se encuentre por encima del 33% y menores al 66%, son aquellos los cuales aún no tienen mucha prioridad y es el estado ideal para toda orden.

Si se cuenta con un estado superior al 66% y 99.9%, son de color rojo, los cuales cuentan con un inventario que está próximo a agotarse y tiene una altísima prioridad con el fin de que no se presenten posibles ventas perdidas. Si no se tiene existencias del producto de la orden en planta se considera que son de color negro y su buffer esta consumido en un 100%, por lo cual son aquellas ordenes de mayor prioridad dentro de la planta. A lo cual podemos concluir que el buffer no se consume más del 100%.

### 3.3 Sistema UMO MTA.

Figura 11: Estructura entidad relación base de datos



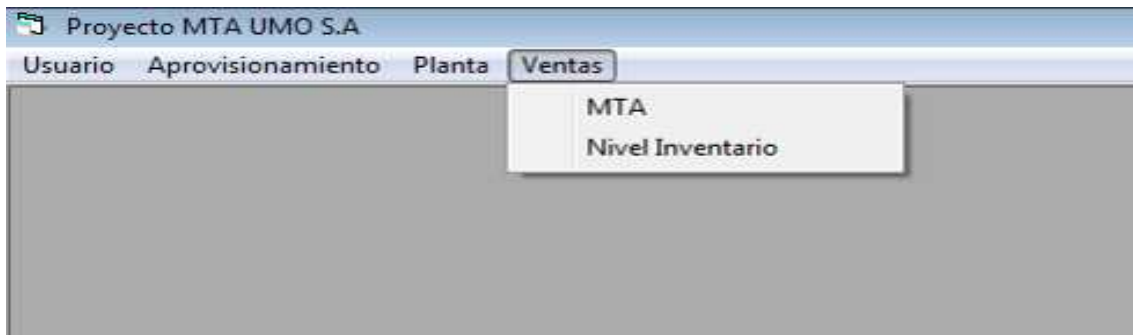
<sup>5</sup> SCHRAGENHEIM Eli, DETTEMER H. William y PATTERSON J. Wayne. Using simplified S-DBR for Making to Availability. Supply chain management at warp speed. NW U.S.: Auerbach Publications, 2009. p. 111.

Figura 12: Interfaz entrada programa.



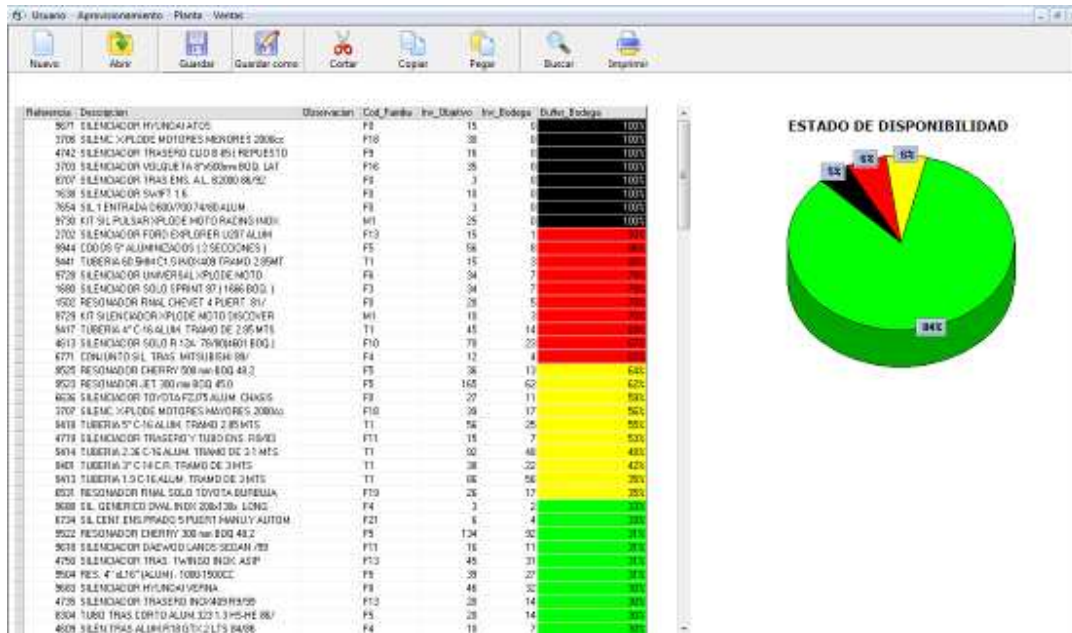
Interfaz de inicio, el sistema cubre toda la cadena desde aprovisionamiento pasando por planta y llegando hasta ventas. En un sistema que este cultivando la disponibilidad como ventaja competitiva decisiva, el cliente marca el ritmo y la planta y aprovisionamiento siguen el consumo. Por lo anterior primero se mostrara ventas.

Figura 13: Entrada a ventas MTA.



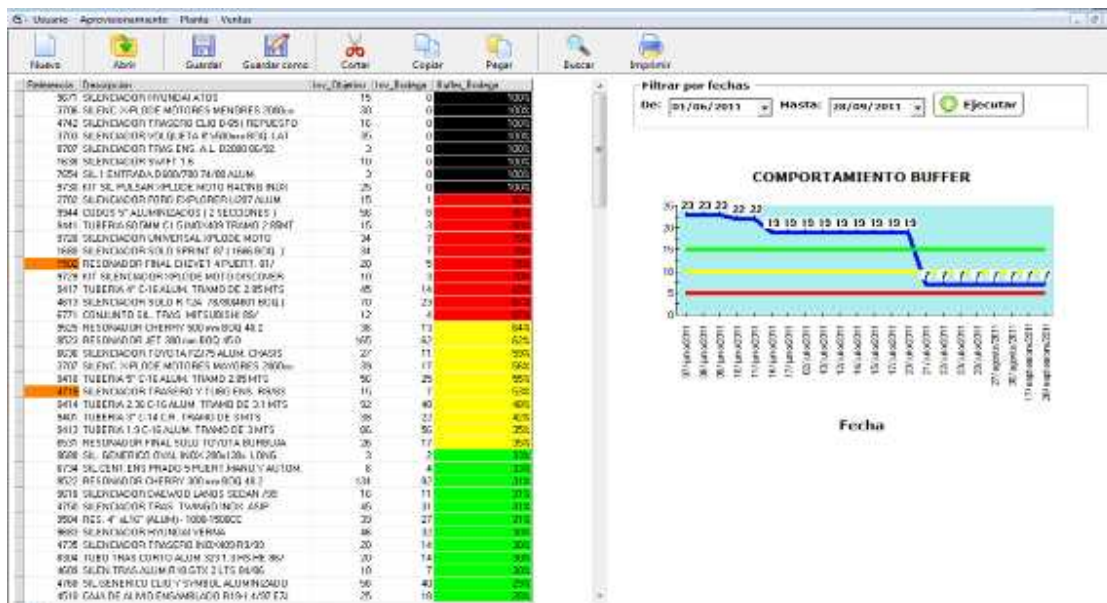
MTA: Se muestra la disponibilidad en bodega por cada SKU, y el estado actual de la disponibilidad con la que cuenta la línea.

Figura 14: Pantalla de ventas (nivel de inventario)



Nivel de inventario: El seguimiento del consumo de cada nivel de inventario objetivo por cada SKU, es vital para mantener el sistema fresco y nivelado con la realidad. Se debe tener en cuenta de uno de los supuestos para la implementación de esta herramienta es que futuro cercano es igual al día actual, por esta razón se deben mantener monitoreando los niveles de inventario para elevar o disminuir stock según movimientos de inventario.

Figura 15: Pantalla comportamiento del buffer.



**Planta.**

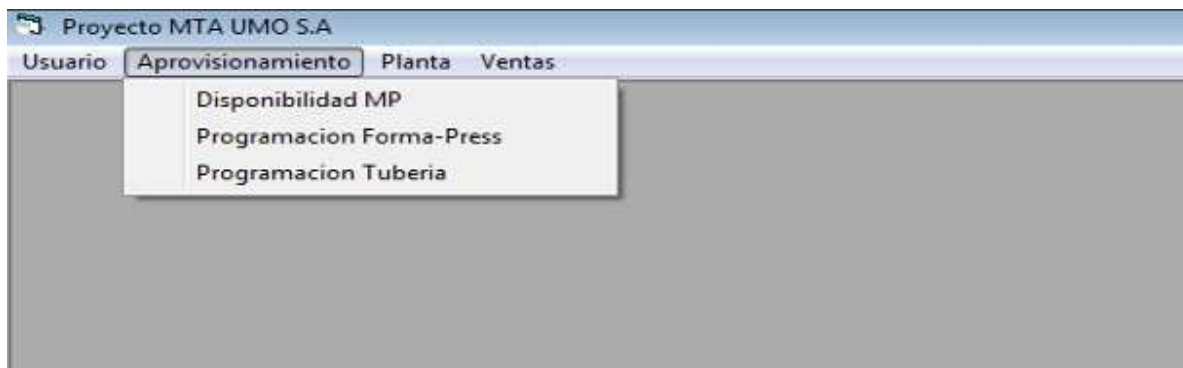
Planeación: Según consumo de inventario se arrojan a planta unas necesidades de fabricación por referencia. Se debe recordar que el lote óptimo calculado para la planta es de 35 unidades. Se cruzan estas necesidades con la disponibilidad de MP y se programan las fechas de entrega.

Figura 16: Pantalla de planta.

Referencia	Descripción	Qty	Objeto	Disponibilidad MP	Fecha	Estado	Observaciones
3706	SILENC. X-PLODE MOTORES MENORES 200cc	30		30		35	1,00%
3703	SILENCIADOR VOLQUETA B402DIN BCO LAT	20		70		35	1,00%
1638	SILENCIADOR SWIFT 1.5	10		35		35	1,00%
1621	SILENCIADOR HILUNDA A103	15		35		35	1,00%
8707	SILENCIADOR TRASENS. AL. B2000 85/82	2		15		35	1,00%
3709	MOT. SIL. PULSER-FLUIDE MOTO RACING INDI	20		50		35	1,00%
2132	SILENCIADOR HELIX SILENCIADOR UNIMALL	15		15		35	
3728	SILENCIADOR UNIVERSAL FLUIDE MOTO	14		50		35	
1632	RESONADOR FINAL CHEVET 4 PUERT. B1/	20		35		15	
3719	MOT. SIL. PULSER-FLUIDE MOTO DISCOVERY	13		35		35	
4613	SILENCIADOR SQUADRA 13A, 78504801 BCO	70		35		35	
9523	RESONADOR JET 300 cc B03 450	160		55		35	52%
1636	SILENCIADOR TREVITA F205/ALM. QWASIS	22		35		35	54%
3707	SILENC. X-PLODE MOTORES MAYORES 200cc	39		35		35	56%
4719	SILENCIADOR TRASERO Y TUBO ENH. R8/83	10		35		35	53%
3698	SIL. GEMINICI DVAL IND. 200/100K LONG	3		35		35	
9522	RESONADOR CHERRY 300 cc B03 482	134		130		35	31%
9618	SILENCIADOR DAEWOO LANOS SEDAN 98	15		35		35	31%
3694	PULS. 4 V. 167/ALUMI. 1005/8000	30		35		35	31%
9633	SILENCIADOR HILUNDA VERVA	45		35		35	30%
4629	SILEN. TRASE. ALM. R18 GTX ZLTS 84/86	10		35		35	30%

**Aprovisionamiento.**

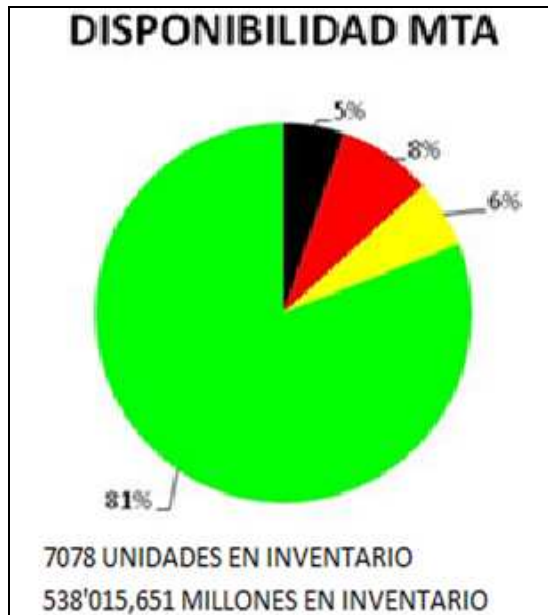
Figura 17: Entrada aprovisionamiento.



Disponibilidad MP: se carga la disponibilidad de MP, se calcula el ajuste de esta disponibilidad frente a las necesidades y se calcula como estarían los stocks futuros después de utilizar esta materia prima. Aquí salen reprogramación de materia prima que no alcanza para completar los stocks objetivos además de la programación de SKU que estas sin inventario o con riesgo de ventas perdidas y no tiene disponibilidad de MP.



Figura 19: Estado final de disponibilidad.



Los resultados financieros han mejorado sustancialmente. Se ha incrementado un 19.5% las ventas por mes. Además el listado de pedidos pendientes es insignificante en la actualidad, afectando positivamente la utilidad de la empresa de manera significativa

## **5. Conclusiones.**

La metodología del MTA bajo teoría de restricciones, es una herramienta que permite a las empresas tener disponibilidad en sus respectivas bodegas de manera adecuada y precisa, facilitando su almacenamiento ya que conoce por referencia que cantidad máxima posee y que espacio puede destinar para esto, previniendo que se presente pérdida de ventas.

El conocer los procesos de la compañía facilita que la implementación de un modelo productivo como este se pueda desarrollar, ya que esto da un punto de partida esencial para visualizar el estado que se quiere con el cambio que se pueda presentar en las operaciones.

Este trabajo de grado se inició reconociendo y estudiando a fondo las falencias que presentaba el departamento comercial en cuanto a ventas que no se generaban por no tener la disponibilidad necesaria de las diferentes referencias que ofrecían, lo cual no generaba en la compañía los máximos resultados que tiene UMO S.A. por generar.

Ya reconocida la falencia de la compañía se observó que la herramienta más adecuada para mejora es el MTA, ya que generaría incrementos de las ventas que antes no se tenía, y para que se mantuviese la eficiencia de la planta se identificaron lotes de producción adecuados que permitiera a la planta generar buenos indicadores.

Su implementación fue una labor rigurosa, ya que se debería contar con todo el personal involucrado, para cambiar la mentalidad con la cual se venía trabajado y adecuarlos a esta metodología de fabricación. Poco a poco se fueron implementados cada uno de los pasos que se mencionaron en el trabajo, arrojado de tal forma resultados enriquecedores.

La teoría de restricciones actualmente es una teoría que marca la pauta en cuando a operaciones productivas y cada vez va tomando más fuerza en este mundo globalizado, ya que ha brindado resultados satisfactorios para las empresa que han tomado su filosofía, lo cual es para nosotros totalmente enriquecedor poder aplicarlo y de tal forma palpando su efectividad.

La aplicación de esta metodología en la compañía en UMO S.A. generó grandes impactos, ya que en primera instancia se identificó el inventario objetivo de cada referencia, se mantenía la materia prima adecuada para la producción de los lotes establecidos, generando la eficiencia de la planta, y generando

mayor volumen de ventas disminuyendo costos y gastos de la operación, lo cual se verá reflejado en los estados financieros de la compañía de manera significativa y rentable.



## **6. Recomendaciones.**

La identificación de un recurso con capacidad restrictiva es esencial, ya que se reconoce la actividad que restringe el flujo de la planta, y allí se identificaron los tiempos de alistamiento y los de la producción como tal, dando unos amplios tiempos de preparación de las máquinas, a lo cual es recomendable la aplicación de herramientas como el SMED, con el fin de reducir estas demoras que se presentan.

El establecimiento de un buffer no es un dato elaborado de manera indefinida, a manera que se vaya presentando variaciones en la demanda, se deberá reformar el tamaño del buffer adecuado, a lo cual este se debe tener un monitoreo constante en caso de que este deba aumentarse o disminuirse de acuerdo a las necesidades que se presente el mercado, y así contar con el inventario adecuado. Aquellos productos que permanezcan gran tiempo en color verde, se podrá re-identificar con otro color diferente a los mencionados en la administración del buffer con el fin de darle un mejor manejo a estos.

Las ventas perdidas con las que contaba la compañía ya se han disminuido notoriamente, es por esto que ya esta dificultad fue trasladada al departamento comercial, quien tiene una disponibilidad suficiente. Al ser este proyecto una versión inicial, aún sujeta a cambios, se deberá hacer de igual forma un seguimiento al tamaño de los lotes de producción con el fin de ajustar el inventario que se requiera de cada una de las referencias de la línea de reposición de UMO S.A.

## 7. Bibliografía

- SCHRAGENHEIM, Eli; DETTEMER, H. William y PATTERSON, J. Wayne. Supply Chain at Warp Speed . 1 ed. Editorial Aurebach Publications 2009.
- GOLDRATT, Eliyahu. La Meta: Un proceso de mejora continua. 1 ed. Monterrey, México: Ediciones Castillo, 1998.
- GOLDRATT, Eliyahu. El síndrome del pajar: Hacer que un dato se vuelva información para la toma de decisiones. España: Editorial Díaz de Santos, 1994.
- CORREA Z, Andrés. Nuevas técnicas de administración para aumentar la rentabilidad en las pymes. Colombia, Abril 2011
- RODRÍGUEZ VEL.ÁSQUEZ Elkin, SÁNCHEZ Andrés Felipe y CHAVERRA PEÑA, Jorge Mario: Desarrollo de una herramienta para la minimización de tardanza total en ambientes job shop apoyada en búsqueda tabú. Medellín 2006. Trabajo de grado (Ingeniería Industrial). Universidad Nacional de Colombia.
- <http://www.umo.com.co/espanol/filosofia.htm>
- RODRÍGUEZ VEL.ÁSQUEZ Elkin, SÁNCHEZ Andrés Felipe y CHAVERRA PEÑA, Jorge Mario: Desarrollo de una herramienta para la minimización de tardanza total en ambientes job shop apoyada en búsqueda tabú. [En línea] (2006) [http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/rodriguez\\_etal06.pdf?&lang=es&output=json&session-id=df9dbf7fa560265888be8ab9dce8216a](http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/rodriguez_etal06.pdf?&lang=es&output=json&session-id=df9dbf7fa560265888be8ab9dce8216a)

