

Teoría de las restricciones aplicada en la planificación de la producción en una planta de terminación de cueros

Autores: Guzmán Gracia; Pablo Vázquez ; Enzo Albertón ; Jesús Jaime

Instituciones: AUQTIC, Zenda

Palabras clave: Restricción, *Just in Time*, Centro de Capacidad Restringida, Amortiguador

Guzmán Gracia: Lluces 4949, CP 11900, Montevideo, Uruguay, tel +598 2 3050000, guzman.gracia@zendaleather.com

Resumen

La Teoría de las Restricciones utiliza la lógica de la causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar oportunidades de mejora. Está basada en el hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de acelerar el proceso es utilizar un “catalizador” en el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo. La teoría enfatiza en hallar y apoyar el principal factor limitante. En la descripción de esta teoría estos factores limitantes se denominan Restricciones, Cuellos de Botella o Centros de Capacidad Restringida.

El estudio comienza con una comparación desde el punto de vista teórico, entre la Teoría de las Restricciones y *Just in Time*, señalando las mejoras que la Teoría tiene respecto a *JIT* metodología de la cual es una revisión.

Basado en esto se realizó un trabajo de campo aplicado a una planta de terminación de cueros donde se estudiaron los Cuellos de Botella, Centros de Capacidad Restringida y se determinaron los correspondientes resortes de: Cuello de Botella, entrega y total respectivamente.

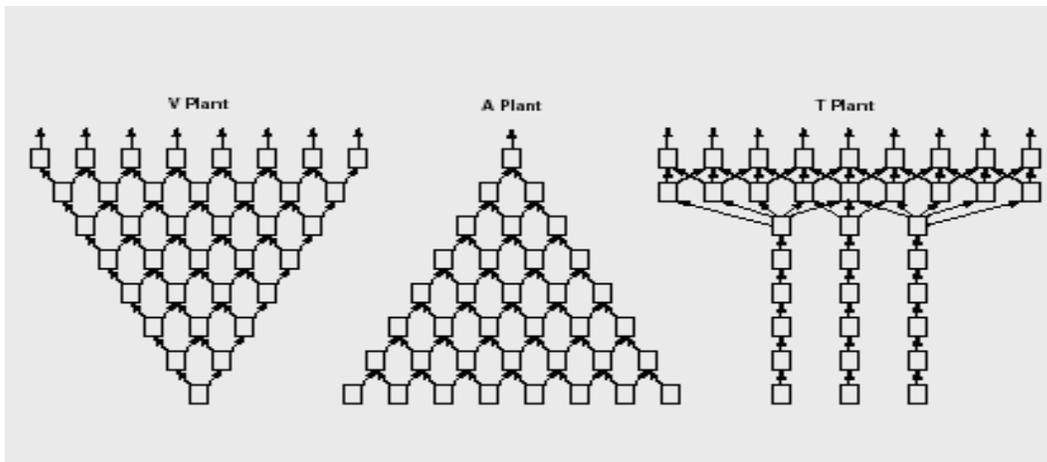
Introducción

La teoría de las restricciones es un conjunto de procesos de pensamiento que utiliza la lógica de la causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar. Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de acelerar el proceso es utilizar un catalizador en el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo. La teoría enfatiza en hallar y apoyar el principal factor limitante, estos factores limitantes se denominan restricciones o "cuellos de botella".

También se define que la meta de cualquier empresa con fines de lucro es elevar el *throughput* o tróput de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas. La única limitante para las ganancias son las restricciones inherentes a la globalidad de la organización.

Existen tres indicadores importantes, en su orden: el tróput, los inventarios y los gastos de operación. Tróput es la velocidad con que el sistema genera dinero a través de las ventas. Los inventarios se definen como todo el dinero que el sistema invierte en la compra de "cosas" que pretende vender y los gastos de operación como todo el dinero que el sistema gasta en transformar a los inventarios en tróput. Toda acción debe ser evaluada según el impacto que tenga sobre los tres indicadores señalados: tróput, inventarios y gastos de operación.

De acuerdo al diagrama de flujo de los materiales dentro de la planta, estas pueden dividirse en cuatro tipos. Estos son: tipo I - flujo lineal, tipo A – muchos flujos convergen en una sola unidad de producto terminado, tipo V - de una sola parte original se producen varios productos terminados y tipo T - combinación de plantas tipo A y V.



Definiciones

Restricción: es todo aquello que impida el logro de la meta del sistema o empresa.

Cuello de botella (CB): es aquel proceso cuya capacidad es menor o igual a la demanda que hay de él.

Centro de capacidad restringida (CCR): Cualquier recurso el cuál, si no es administrado y programado adecuadamente, es probable que origine una desviación en el flujo planeado del material o producto en la planta.

Drum (tambor): es la restricción física de la planta, el resto de la misma debe seguir el ritmo del tambor.

Buffer (amortiguador): resguarda al tambor, asegurando que siempre tenga trabajo. Se mide en unidades de tiempo más que en inventario intermedio.

Rope (cuerda): mecanismo mediante el cual los centros de trabajo subsecuentes jalan el material a través de producción.

Work in process (WIP): artículos sin terminar en un proceso de producción, no están completos aún debido a que pueden estar siendo fabricados o esperando a ser enviados para su estoqueo definitivo.

Kanban: marcador, tarjeta, placa u otro dispositivo, que se utiliza para controlar la secuencia de los trabajos.

Cinco pasos

Algunas herramientas poderosas para lidiar con las restricciones del sistema se extraen del análisis de la teoría. Dentro de las mismas se encuentra un proceso de cinco pasos que asegura que los esfuerzos de mejora sean alineados a una superación del sistema en su conjunto y no se pierdan en sub-optimizaciones no productivas de algunos componentes del mismo. Este proceso es iterativo y consta de los siguientes pasos:

- 1) Identificar las restricciones del sistema
- 2) Explotar las restricciones del sistema: implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.
- 3) Subordinar todo a la restricción anterior: todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor)
- 4) Elevar las restricciones del sistema: implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción.
- 5) Si en las etapas previas se elimina una restricción, volver al paso 1): para trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten.

El sistema DBR (*Drum, Buffer, Rope*)

DBR es un sistema de programación tipo jalado, que libera material en función del requerimiento del cuello de botella. El modelo DBR tradicional libera órdenes a producción de forma de sincronizarla con el recurso de menor productividad (CCR), que si es menor que la demanda del cliente se transforma en el cuello de botella del sistema. El tambor (CCR) es quién fija el “ritmo” de la producción.

La cuerda en DBR hace referencia al mecanismo que libera trabajo para el proceso de producción, asegurándose que el ritmo no sea superior al que el CCR puede manejar.

Para evitar que el CCR tenga tiempos muertos, se introduce un amortiguador previo al mismo, de forma de asegurarse que el trabajo llegue al CCR antes de estar programado para su procesamiento. El amortiguador de embarque es el que nos asegura que se cumpla la fecha de entrega comprometida con el cliente.

El introducir materias primas para la producción antes de que falte el tiempo equivalente al amortiguador de embarque para su entrega, y el programar los recursos que no correspondan al cuello de botella, solamente para aumentar su utilización, da como resultado un aumento del *WIP* y un enlentecimiento del sistema, ya que la máxima velocidad solo se alcanza si todo el sistema se encuentra alineado únicamente a aumentar la velocidad del cuello de botella.

Consideraciones teóricas

Theory of Constraints (TOC) vs Just in Time (JIT)

JIT busca eliminar todas las fuentes de desperdicio en las actividades de producción al proporcionar la parte correcta en el lugar adecuado y en el momento oportuno. Por lo tanto, las partes se producen justo a tiempo para satisfacer los requerimientos de manufactura, en el lugar del enfoque tradicional, que es producir las partes contra stock. El *JIT* tiene sus raíces en la manufactura repetitiva, fabricación de productos discretos estandarizados en gran cantidad, por ejemplo, automóviles, aparatos electrónicos y maquinaria, también se puede aplicar a la producción por lotes.

Para disminuir el tiempo de entrega, hay que disminuir el depósito *kanban*. Esta constante disminución de materia prima entre los distintos centros de trabajo llega hasta su nivel mínimo, el cual en función de las distintas variables dependientes del proceso puede llevar al caos dentro de él, por falta de materia prima en otros procesos. Mientras

que *TOC* se focaliza en maximizar la producción de un centro de trabajo (el C.B.) subordinado el resto a éste, sin preocuparse por maximizar todo el proceso. *TOC* promueve la generación de amortiguadores de tiempo y no de *WIP* para resolver estos problemas, con un seguimiento de éstos para tomar decisiones de intervenir en tiempo y forma cuando la situación lo requiera.

Se analizó el caso de una planta de terminación de cueros, mediante la utilización de *TOC*, tomándose como objeto de estudio la planta de Zenda en Montevideo.

Parte de la información se ha modificado por motivos de confidencialidad, pero de tal manera de que los resultados no dejen de tener validez y continúen representando fielmente el espíritu del trabajo.

Con el fin de lograr que el trabajo fuera de interés para los responsables del departamento de operaciones de la planta, trabajamos en base a los objetivos por ellos planteados, siendo estos:

- Aumentar porcentaje de cumplimiento de entregas
- Determinar *WIP* óptimo
- Aumentar productividad de la planta

Metodología

Se siguieron los procedimientos de Cinco Pasos y *Drum-Buffer-Rope* descritos anteriormente.

Primeramente se trazó el diagrama de flujo del proceso dentro de la planta, marcando las diferentes estaciones dentro del mismo, para luego establecer la capacidad de cada una de estas e identificar los potenciales CCR o CB. En función de las anteriores definiciones se puede caracterizar a la planta en estudio como una planta básicamente de tipo I en función del flujo del *WIP*, ya que este es típicamente lineal.

DIAGRAMA DE FLUJO STANDARD



Para identificar la restricción del sistema, se llevaron a cabo una serie de estudios de datos vinculados a la forma de trabajo ya existente en la fábrica.

Se realizó un relevamiento de datos de producción diaria en la planta en estudio que abarcó dos meses de la misma. Se estudiaron stocks intermedios, capacidad ociosa de máquinas, productividades reales de cada centro de trabajo y reprocesos. Del análisis de los datos obtenidos se pueden descartar los procesos de fondo y fulón como restricciones del sistema, ya que se encontró capacidad ociosa en ambos.

A partir de esto se plantearon las siguientes hipótesis:

1. El cuello de botella es el proceso de aplicación de laca.
2. El cuello de botella es el proceso de grabado de los cueros.

Desarrollo de las hipótesis

Focalizando el estudio en los procesos de laca y grabado se confirma que la funcionalidad entre producto y tiempo utilizado de máquina por cuero procesado, no varía igual para ambos centros de trabajo al cambiar el artículo. Dado que los distintos productos tienen tiempos de procesos y *set-up*, muy diferentes debemos caracterizar el mix de producción antes de hacer ningún cálculo de productividad.

Caracterización de la producción

Dada esta variación nos vimos obligados a discriminar los diferentes artículos producidos en esta planta de acuerdo a algún criterio, eligiendo el de la productividad. Por lo tanto se fijaron dos categorías para poderlas estudiar por separado de acuerdo a

sus características:

A- artículos de productividad máxima. Ej: pigmentados en colores oscuros.

Supongo productividad 100% para todas las etapas dado que son los más productivos.

B- artículos de productividad menor. Ej: colores con doble tono, colores claros.

En promedio presentan productividades equivalentes a los artículos tipo A para fondo, grabado y fulón, pero en la laca final la productividad baja significativamente respecto de la que presentan los artículos tipo A, esto se debe fundamentalmente a tiempos de *set-up* más largos debido, por ejemplo, a problemas de ajuste de color, pese a que en el momento de pintar los cueros la velocidad de la máquina puede ser la misma.

De los datos de ventas se extrae que la producción de A es 70% y la de B es 30%.

Cálculos

Una vez establecido el mix de producción y habiendo caracterizado la misma de acuerdo a un criterio simple, el relevamiento de los datos nos entregó las cantidades de cueros producidos en cada etapa. Para calcular las productividades simplemente se dividió la cantidad de cueros procesados entre el tiempo insumido tanto productivo como improductivo.

Laca

Productividad de cueros tipo A: 82 cueros/hora

Productividad de cueros tipo B: 42 cueros/hora

Cueros tipo A: 70%

Cueros tipo B: 30%

Cantidad máquinas operativas por día: 3 máquinas * 2 turnos = 6

Horas por turno: 9

El cálculo de producción máxima diaria tomando el mix de producción presentado y las productividades relativas observadas sería:

$(70\% * 82 \text{ crs/h} + 30\% * 42 \text{ crs/h}) * 6 \text{ máquinas} * 9 \text{ horas} = 3780 \text{ cueros por día}$

Capacidad de producción promedio semanal: 18900 cueros.

Grabado

Producción diaria promedio de cada grabadora 1040 cueros / día.

3 grabadoras * 1040 cueros / grabadora = 3120 cueros por día

Capacidad de producción promedio semanal: 15600 cueros.

A partir de estos datos se determinó que el cuello de botella se encuentra en el proceso de grabado, punto que se comenta más detalladamente en la conclusión y se tomó como base en los siguientes cálculos.

Amortiguadores

Se determinaron los amortiguadores para el grabado, por ser el cuello de botella, y el amortiguador de entrega, tomando como tamaño de lote cien cueros, calculándolos como el doble de la suma del tiempo insumido para su procesamiento incluido el *set-up*, para todas las etapas. Amortiguador de grabadora para cueros tipo A

PROCESO	TIEMPO (HORAS)
FONDO	1,5
LACA	1,25
REPOSO	6
GRABADO	2
SUMA	10,75
AMORTIGUADOR	21,5

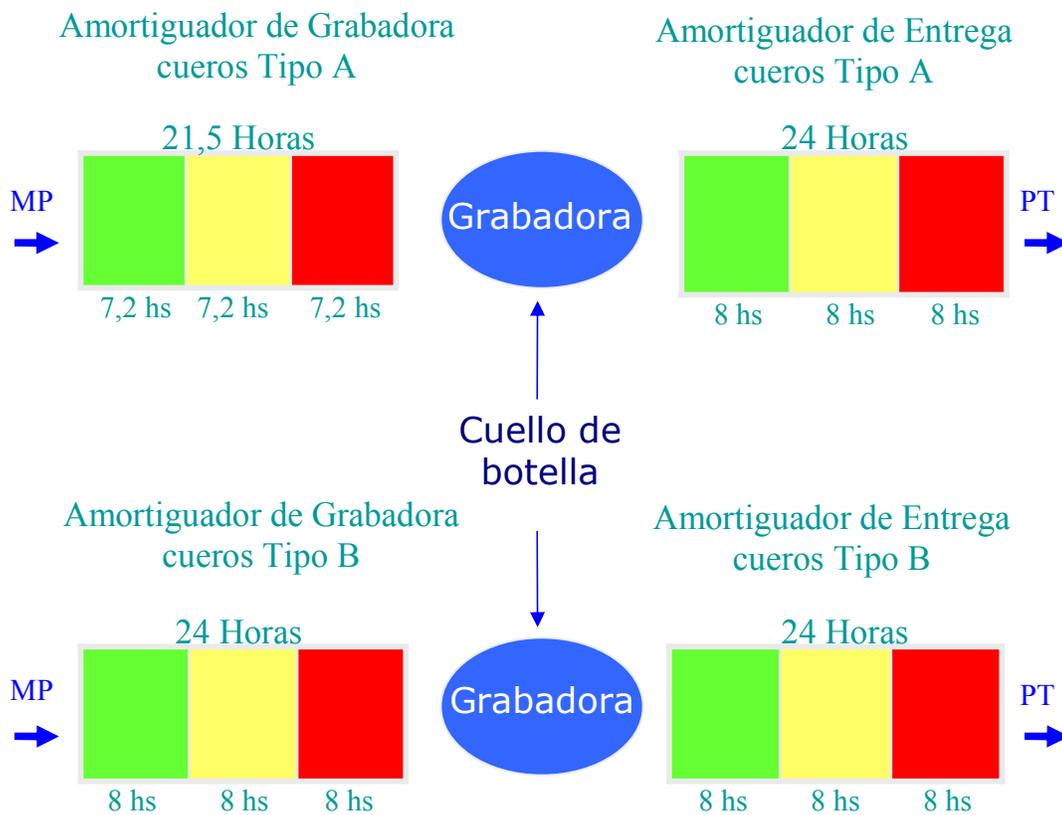
Amortiguador de grabadora para cueros tipo B

PROCESO	TIEMPO (HORAS)
FONDO	1,5
LACA	2,5
REPOSO	6
GRABADO	2
SUMA	12
AMORTIGUADOR	24

Amortiguador de entrega para cueros tipo A y B

PROCESO	TIEMPO (HORAS)
REPOSO	2
FULÓN	10
SUMA	12
AMORTIGUADOR	24

A continuación se presenta un diagrama de flujo de la producción con el fin de visualizar los resultados anteriormente expuestos.



Los amortiguadores calculados se dividieron en tercios con el objetivo de simplificar su seguimiento durante la producción. Uno de los axiomas fundamentales de la teoría indica que el *WIP* debe situarse en el primer tercio (verde), situación en la cual los

programadores no deben tomar acción. De encontrarse un lote en el tercio amarillo solamente se debe verificar que el mismo se encuentre liberado hacia el próximo centro de proceso. En caso de encontrar un lote en el último tercio (rojo) el programador debe tomar una acción, para evitar incumplir con las metas fijadas en el programa de producción.

Total de cueros en planta

Calculado para una producción de 3100 cueros por día, nos tomamos un amortiguador de entrega de cuarenta y ocho horas, cubriéndonos para que sea el mismo para cueros tipo A y B.

Producción del C.B. (grabadoras): $3120/18 = 173$ cueros/hora

Para hallar la cantidad de cueros óptima debo multiplicar las horas del amortiguador por la productividad del cuello de botella.

$48 \text{ horas} * 173 \text{ cueros/hora} = 8340$ cueros

Aproximando obtengo: Total cueros en planta 8500

Conclusiones

Como se dedujo en los cálculos realizados el CB es la grabadora, aunque una variación en el mix de ventas podría hacer que el mismo se desplazara hacia la laca final, por lo que es fundamental el seguimiento del mix, por parte de los responsables de la planta, de manera de no pasar por alto un movimiento de esta clase.

El *WIP* óptimo hallado fue 8500 cueros, este número es bastante inferior a la cantidad de cueros que maneja la planta en la actualidad, y este exceso es uno de los motivos del atraso de la misma, ya que genera ineficiencias y enlentece el sistema, generando retrasos y errores en las previsiones de entrega.

Bajar el *WIP* no es la única forma de aumentar la productividad de la planta, esta disminución debería ir acompañada de una forma diferente de programación para la planta, que no intente maximizar las capacidades locales de cada uno de los centros de trabajo, sino que apunte a maximizar la eficiencia del CB. Todo cambio que logre aumentar la productividad del CB, no importa si hace bajar la eficiencia del resto del sistema, debe ser llevado a cabo ya que en definitiva aumentaría el tróput, salvo que

estos cambios fueran de tal magnitud que logren que el cuello de botella se traslade hacia otro sector de la planta, debiendo entonces comparar esta situación con la anterior, para evaluar cual es la más ventajosa.

Bibliografía

GOLDRATT, E. M. *La meta: un proceso de mejora continua*. 3. ed. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 2005.

GOLDRATT, E. M. *La carrera: un proceso de mejora continua*. Traducción: Nicholas A. Gibler. 8. ed. Monterrey, Nuevo León, México: Ediciones Díaz de Santos, 2002.

SCHROEDER, R. G. *Operations management: contemporary concepts and cases*. 6. ed. Boston, USA: Irwin/McGraw-Hill, 2000.

GOLDRATT, E. M. *El síndrome del pajar: cómo extraer información del océano de datos*. Traducción: Nicholas A. Gibler. 5. ed. Monterrey, Nuevo León, México: Ediciones Díaz de Santos, 2002.