

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN UN PROCESO DE FABRICACIÓN DE CHOCOLATES

APPLICATION OF THE THEORY OF CONSTRAINTS (TOC) IN A CHOCOLATE MANUFACTURING PROCESS

Rodrigo Paúl Cevallos E¹., Richard Toro Loor², Mariana Moreira Cedeño³
 Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí^{1,2}. Manta, Ecuador.
 rodrigo.cevallos@uleam.edu.ec¹, richard.toro@uleam.edu.ec², mmc_848@hotmail.com³

Rodrigo Paúl Cevallos E¹ <https://orcid.org/0000-0002-2157-7752>
 Richard Toro Loor² <https://orcid.org/0000-0002-7406-714X>
 Mariana Moreira Cedeño³ <https://orcid.org/0000-0003-3674-1452>

Recibido: 26/4/2020

Aceptado: 18/6/2020

Códigos de clasificación: JEL: L23, M11, E23, L66, D24

RESUMEN

Existen textos que confirman que la aplicación de la teoría de restricciones (TOC) ha sido exitosa en varias organizaciones, sin embargo, en ocasiones se tratan de investigaciones complejas que dificultan su comprensión. Por ello este estudio tiene como objetivo presentar un caso exitoso de la aplicación de esta teoría en una empresa de manufactura, de una manera didáctica y sencilla orientada a empresarios y estudiantes de diferentes áreas de ingeniería. Se ha aplicado una investigación del tipo mixto con un alcance descriptivo y explicativo, basado en una empresa de fabricación de chocolates donde se evidenció que, con la aplicación de los cinco pasos de mejora de la TOC, la capacidad de producción del recurso restricción se incrementó en un 38% sin necesidad de incurrir en inversiones, con lo que se pudo responder a un incremento de ventas del 25% sin generar gastos adicionales de operación.

PALABRAS CLAVE

Teoría de restricciones TOC, gestión de la producción, producción, manufactura de alimentos, toma de decisiones.

ABSTRACT

There are texts that confirm that the application of the theory of constraints (TOC) has been successful in several organizations, however, sometimes these are complex investigations that make them difficult to understand. Therefore, this study aims to present a successful case of the application of this theory in a manufacturing company, in a didactic and simple way oriented to businessmen and students of different engineering areas. A mixed type of research has been applied with a descriptive and explanatory scope, based on a chocolate manufacturing company where it was shown that, with the application of the five steps of TOC improvement, the production capacity of the restricted resource was increased by 38% without the need to incur investments, which made it possible to respond to a 25% increase in sales without generating additional operating expenses

KEY WORDS

Theory of constraints TOC, production management, production, food manufacturing, decision making

INTRODUCCIÓN

La “teoría generar de los sistemas” ha sido aplicada en la administración de una manera en la que se ve a las organizaciones como sistemas que mantienen un conjunto de elementos interrelacionados y que interactúan entre sí, de acuerdo con una estructura determinada (Marco, 2016). La teoría de restricciones o TOC (por sus siglas en inglés Theory Of Constraints) es una herramienta de gestión utilizada desde los años 70, por su principal autor, Eliyahu Goldratt que enfoca a la organización como un sistema, pero haciendo un símil con una cadena, éste solo puede tener la fuerza de su eslabón más fuerte, es decir, del elemento restricción (Sierra, Oncon, Quintero Segura, & González, 2019).

Existen diversos estudios que confirman que la aplicación de la TOC en diferentes empresas, les ha generado beneficios como optimización de los tiempos de entrega, mejora en el cumplimiento de pedidos, reducción del inventario e incluso incremento de ventas (Mabin & Balderstone, 2003). En el 2017 se la aplicó en un sistema de manufactura de moldes para inyección de plástico, donde se identificó la restricción en el proceso de diseño, por lo cual se implementaron sistemas modernos de diseños asistido por computador (CAD) y se invirtió en un equipo CNC (control numérico computarizado), reduciendo los tiempos de fabricación de moldes en cerca del 80% (Juiña, Cabrera, & Reina, 2017).

Otra de las empresas donde se ha aplicado exitosamente la TOC es una planta de fundiciones metálicas que tenía problemas con la programación de su producción, que generaban retrasos en varios pedidos, así como un inventario alto en ciertos procesos y, adicional a esto, se generaban en promedio 900 horas extra mensuales principalmente en el área de empaques (la cual fue identificada como el proceso restricción), elevando así los gastos operativos. La implementación de TOC permitió identificar que la restricción estaba en la sección de empaque, para posteriormente generar planes de producción basados en las prioridades de este “cuello de botella” y, también, reorganizando al personal de todos los procesos para que apoyen a la restricción. Este enfoque en la restricción redujo el inventario de semi-elaborados en un 84%, agilitó los tiempos de entrega y mejoró el flujo de caja de la empresa (Abisambra & Mantilla, 2008).

En otro ejemplo se resumió como la TOC aplicada en una industria de muebles le permitió identificar como restricción al proceso de mecanizado, con lo cual se enfocaron decisiones en ello como por ejemplo el cambio de políticas de uso de equipos y reasignación del personal de procesos no “cuello de botella”. La planificación de la producción se basó en la maximización del throughput¹ y todos estos esfuerzos generaron que, sin necesidad de inversión, las utilidades se incrementen en un 87,62% (Romero, Ortiz, & Caicedo, 2018).

En una empresa quiteña de producción de hormigón premezclado se hizo un estudio de los beneficios que puede generar la aplicación de la TOC, donde a través de una simulación se pudo identificar los equipos restricción y cómo su optimización puede incrementar en casi el 18% de su rendimiento, generando también indicadores financieros positivos si se decide aplicar estas soluciones (Checa, 2018).

Otro ejemplo donde se determinó el recurso restricción a través de un simulador, se hizo en una empresa colombiana de la industria de plásticos. Se apoyaron en software como ProModel y GAMS para identificar los cuellos de botella del proceso, así como para también simular los desempeños de los procesos y costos que se obtendrían con varias opciones de mejora. Esta aplicación conjunta de la TOC con los simuladores, le permitiría a la empresa incrementar significativamente su producción así como su rentabilidad, por lo cual se convierten en herramientas que facilitarán la toma de decisiones para la empresa (Herrera, Campo, Bernal, & Tilves, 2018).

En cuanto a la aplicación de la TOC una cadena de suministro, se tiene el caso exitoso de la empresa Sismode que implementó un sistema de planificación híbrido de producción para disponibilidad (MTA) y producción bajo pedido (MTO). En cuatro meses logró incrementar su índice de confiabilidad de entregas a tiempo del 51% al 80%, mientras que el nivel de agotados disminuyó de 6,5% a 4,6% (Carrión, 2020).

Así como estos casos, se tienen muchos otros ejemplos de empresas que generaron resultados muy positivos después de la aplicación de TOC. Sin embargo, a veces es un poco complejo comprender la forma en la que se aplicó y qué tipo de decisiones se pudieron tomar gracias a esta herramienta. La simplicidad inherente es uno de los pilares de la TOC, pero precisamente es lo que en ocasiones no es aplicado en muchos de los textos que intentan ejemplificar su aplicación.

El propósito de este artículo es describir un caso exitoso que resume como la TOC permitió, a una empresa manufacturera de chocolates, tomar buenas decisiones ante un posible incremento de la demanda que terminaría en generar restricciones y poner en riesgo sus ingresos, si no se tomaba acción alguna. Es de suma importancia que los empresarios cuenten con este tipo de investigaciones donde se indiquen los

¹Throughput: traducido al español significa “rendimiento”, con este término la TOC se refiere a la velocidad en la que el sistema u organización puede generar ingresos a través de las ventas (Corbett, 2005).

beneficios que se pueden alcanzar si se aplica de una forma adecuada la TOC, así como otras herramientas de gestión apalancadas en este enfoque de priorizar las decisiones en las restricciones. Además, se hará un resumen de los principales conceptos en los que se basa la TOC, pasando por los cinco pasos de mejora continua que propone, con el objetivo de interiorizar mejor estos conocimientos.

Antecedentes de la empresa

Una empresa dedicada a la fabricación de cremas y gotas de chocolate, que ya tiene presencia en el mercado ecuatoriano por más de una década, ha incrementado sus ventas hasta el punto en que, para cumplir con la demanda semanal promedio, la planta estaba totalmente ocupada las 120 horas (o 15 turnos de 8 horas) que se tienen entre lunes a viernes. En la Figura 1 se observa el proceso productivo, así como las capacidades de producción que inicialmente tenía la empresa, los promedios semanales de producción y la utilización promedio de cada proceso medido en horas efectivas de trabajo.

El proceso comienza con la mezcla de ingredientes como manteca de cacao, grasa, leche en polvo, lecitina, entre otros. Esta mezcla pasa a un proceso de refinación que consiste en mezclar y moler todas las partículas hasta que su tamaño sea menor a 20 micras, el cual le dará la textura adecuada al chocolate. Una vez refinado pasa a unos tanques de maduración donde el producto reposa por alrededor de 8 horas, hasta tener la temperatura adecuada para pasar a 2 procesos de empaque: a) fabricación de gotas a través del túnel de enfriamiento; b) llenado de tarrinas de crema de chocolate. Todos estos productos terminan el proceso cuando son encartonados y paletizados, para su envío a la bodega de producto terminado.

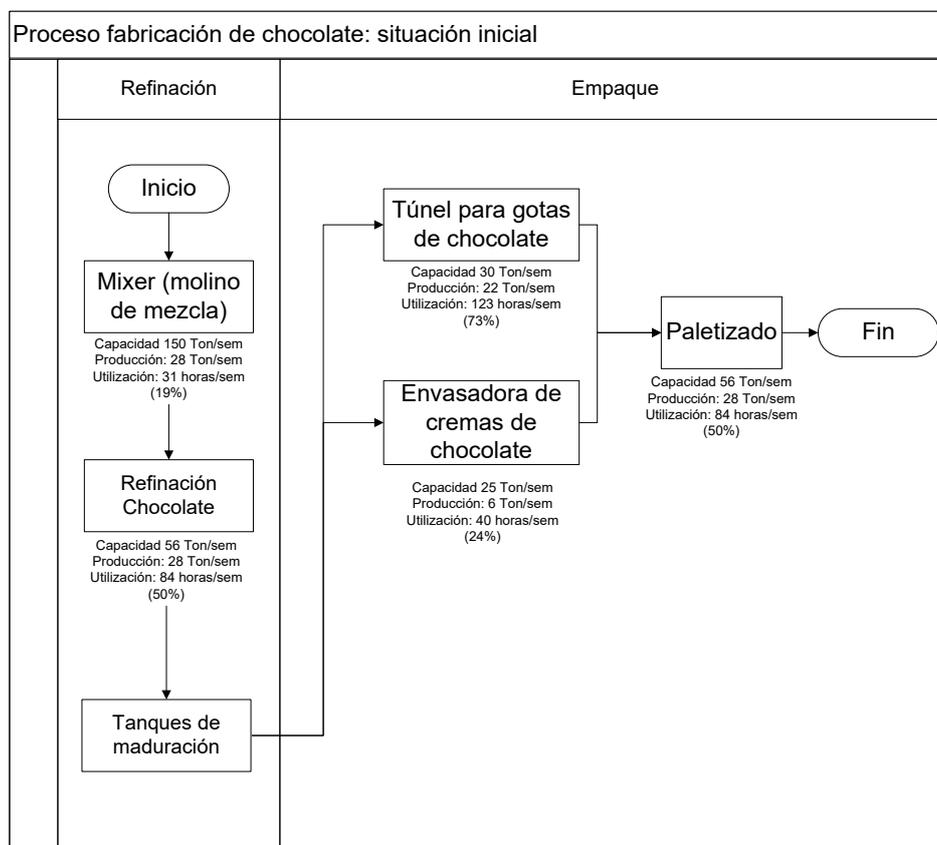


Figura 1. Diagrama de flujo de producción de chocolate

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, en la situación actual, se fabrican en promedio 28 toneladas de chocolate a la semana, 22 en forma de gotas y 6 de crema. Esta producción genera que, a la semana, se requiera laborar por lo menos 84 horas en la sección de refinación, donde existen 2 personas. Esto significa que no se trabajen los fines de semana, evitando así gasto en horas extra en esta sección.

Al contrario de la sección de empaque, donde en promedio se requieren 123 horas semanales de trabajo efectivo (debido al túnel de gotas), lo cual significa que los 3 turnos de lunes a viernes están saturados y por lo menos se requiere 1 turno de fin de semana para terminar el trabajo pendiente. Por lo tanto, este turno extra que se requiere implica un gasto semanal de \$200, debido a que en esta sección

trabajan 5 personas quienes ganan \$40 por cada turno durante el fin de semana. Al año, esto significa un gasto de \$10.400. Esto se demuestra en el siguiente cálculo:

$$5 \frac{\text{personas}}{\text{turno}} \cdot \frac{1 \text{ turno}}{\text{semana}} \cdot \frac{\$40}{\text{persona}} \cdot 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = \frac{\$10.400}{\text{año}}$$

Para el año siguiente, se tiene un proyecto que incrementaría las ventas en un 25% de todos los productos, es decir, que la planta debería incrementar su producción semanal de 28 a 35 Ton/sem. Para alcanzar este incremento, se conoce además que la empresa tiene la opción de invertir \$20.000 en la automatización de cada uno de sus procesos, lo que les permitirá incrementar un 25% de su capacidad de producción. Sin embargo, antes de realizar ninguna inversión, se ha considerado valorar la aplicación de la TOC para potenciar al proceso de toma de decisiones.

La empresa, una vez que ha reconocido la oportunidad de incrementar sus ventas, ha validado que sería necesario que la sección de Refinación trabaje en promedio 105 horas semanales, esto implica que estaría copado de lunes a viernes y necesita 1 turno de fin de semana (tal como se observa en la Figura 2). Como se indicó, aquí trabajan 2 personas, por lo cual el turno de fin de semana genera un gasto en horas extra de \$80 semanales, que al año implica \$4.160.

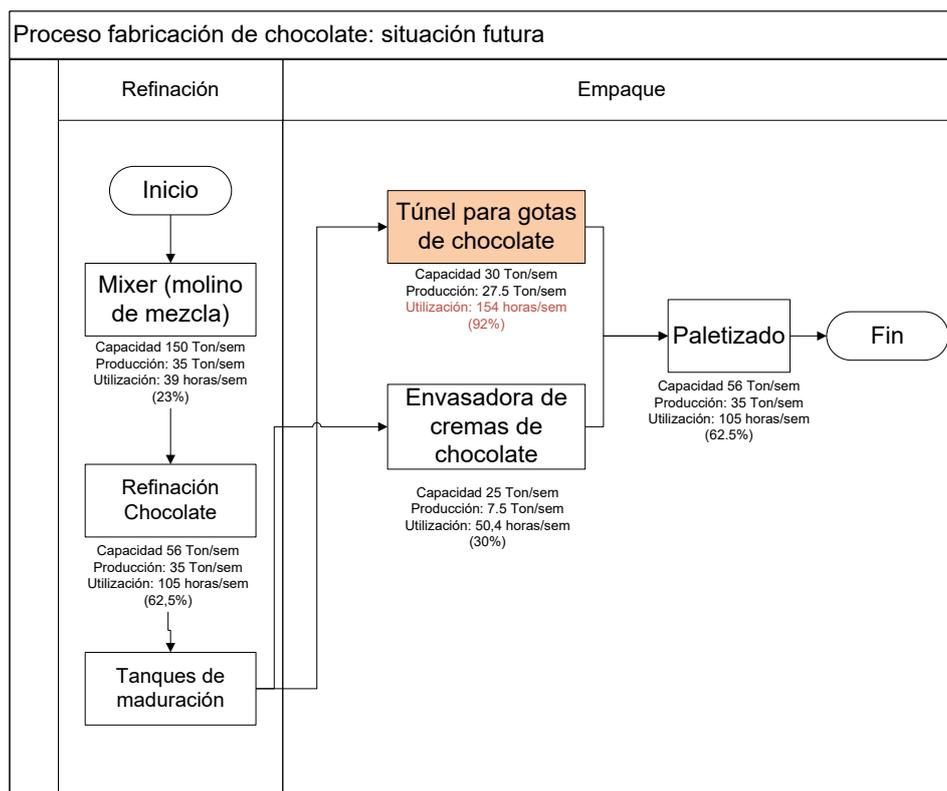


Figura 2. Procesos y utilización de equipos con incremento de producción
Fuente: Elaboración propia

Mientras que la sección de empaque, requiere trabajar en promedio 154 horas efectivas a la semana, ya que el túnel de gotas requiere ese tiempo de trabajo. Prácticamente se debe trabajar de lunes a domingo, ya que a estas horas hay que sumarles posibles paros por mantenimiento preventivo y/o correctivo, cambios de formato y posibles imprevistos. Copando prácticamente las 168 horas de la semana.

Este ritmo de trabajo, que por un lado es muy deseable para muchos empresarios que tienen en mente que sus equipos fueron adquiridos precisamente para trabajar todo el tiempo, por otro lado, en cambio implica ineficiencias a los procesos productivos debido a factores como:

- Mano de obra con alta presión de trabajo: la empresa cuenta con 3 turnos de trabajo para la planta, con los cuales se cubren las 24 horas de trabajo al día. Pero en muchas ocasiones este grupo de personas tiene que sacrificar sus días de descanso para ir a trabajar. La consecuencia de esto es que el personal puede llegar a sentir cansancio y estrés, lo cual se puede convertir

en un grado menor de colaboración y compromiso con sus actividades, menores índices de productividad e inclusive el riesgo de ocurrencia de accidentes se incrementa notablemente.

- Elevado gasto de horas extra: el hecho de trabajar más de 120 horas a la semana (24 horas al día por 5 días laborables), obliga a trabajar los fines de semana lo cual implica gastos adicionales por horas extra. En el caso analizado, se requeriría trabajar 5 turnos de fin de semana en la sección de Empaque, lo cual generaría un gasto semanal en horas extras de \$1000, que al año implica alrededor de \$52.000. Esto se basa en el cálculo siguiente:

$$5 \frac{\text{personas}}{\text{turno}} \cdot \frac{5 \text{ turno}}{\text{semana}} \cdot \frac{\$40}{\text{persona}} \cdot 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = \frac{\$52.000}{\text{año}}$$

- Poca efectividad del mantenimiento preventivo: al tener necesidad de cubrir una demanda cada vez más grande, la planta productiva tiene constantemente que pugnar con el conflicto de paralizar los equipos para darles los mantenimientos preventivos adecuados, o continuar con la producción hasta completar los pedidos. Cuando se decide optar por la segunda opción, es muy frecuente que los equipos comiencen a sufrir de interrupciones de manera imprevista debido a la falta del mantenimiento apropiado, lo cual acentúa el conflicto al tener que realizar mantenimientos correctivos de manera urgente y, una vez que se reinicia la producción, será muy complicado tomar la decisión de paralizar para realizar el mantenimiento preventivo.

Adicional a esto, la alta gerencia proyecta que la demanda de sus chocolates siga creciendo los próximos años. Por lo tanto se deben buscar estrategias que le permita a la empresa estar preparada para responder ante estas necesidades de ventas ya que, como se evidencia en la Figura 2, el túnel de gotas estará con una utilización de un 92% lo cual no le permitiría responder a ningún posible crecimiento de la demanda.

Ya se han solicitado cotizaciones a varios proveedores de equipos para la producción de chocolates para evaluar la posibilidad de compra de equipos nuevos con mayor capacidad que los actuales, sin embargo, la inversión requerida únicamente en equipos sobrepasa fácilmente el medio millón de euros, sin considerar con los costos de transporte e instalación de equipos, así como gastos necesarios para la adecuación de la planta.

Otro factor que la gerencia ha considerado como desfavorable para la compra de equipos nuevos es que, muy probablemente se requerirá de la contratación de personal nuevo, lo que incidirá notablemente en el gasto del rubro de nómina de la empresa.

Bajo este escenario se ha planteado que la aplicación de la teoría de restricciones como una herramienta útil para determinar estrategias que le permitan a la empresa mejorar los índices de productividad, priorizando las necesidades de inversión.

Marco referencial

La mejora continua (también conocida como “kaizen” por el término japonés que significa “hacer cosas pequeñas mejor”) es un objetivo que toda organización busca y es uno de los pilares fundamentales de la calidad total (Iñaki, Arana, Carmisón, Casadesús, & Martiarena, 2008). El proceso para su gestión se lo conoce como “ciclo de Deming” y consiste de cuatro etapas que se describen en la Figura 3 y que implican:

a) Planificar (P-plan) las mejoras, lo que implica establecer objetivos y los métodos adecuados para lograrlo y debe estar basado en un diagnóstico de la situación inicial del proceso que se desea mejorar (Guajardo, 2003);

b) Realizar (D-do) las mejoras de acuerdo con lo planificado, para lo cual se requiere capacitar al recurso humano que va a ejecutarlo a fin de alcanzar su compromiso con la mejora;

c) Comprobar (C-check) que las mejoras realizadas están acordes con lo planificado, tanto en su ejecución como en los resultados alcanzados. En el caso de que se detecten diferencias o “gaps” entre lo planificado y lo realizado, para tomar acción en hasta alcanzar o superar los objetivos iniciales;

d) Actuar (A-act) que implica tomar acción para reducir los “gaps” entre lo planificado y lo realizado. Además, incluye la documentación para formalizar la mejora. Generalmente implicará además que se piense en la necesidad de planificar una nueva mejora, con lo cual se da comienzo a un nuevo ciclo PDCA (Cano, 2017).

Este ciclo, no implica nada más que aplicar la lógica para plantear mejoras de forma ordenada, correcta y puede ser usado en cualquier tipo de organización o proceso. Y, además, este ciclo que es el más conocido y aplicado en sistemas de gestión de calidad en especial por las normas NTP-ISO 9001 y la familia

de normas que lo componen, por lo general se apoya en otras herramientas de gestión que le permiten mejorar sus resultados (García, Quispe, & Ráez, 2003).



Figura 3. Ciclo de Deming o PDCA (mejora continua)
(Cuatrecasas & González, 2017)

La teoría de restricciones plantea que toda organización debe ser analizada como un sistema, compuesta por varios elementos que interactúan entre sí y que, ante varios problemas, existirán pocas causas que lo generan. A estas posibles causas, las denomina “restricciones” o cuellos de botella, los cuales son simplemente recursos que limitan la velocidad a la que fluyen los procesos en la empresa. Esta teoría propone un ciclo de mejora continua que, aunque distinto al PDCA, lo puede complementar. El ciclo TOC consiste en los siguientes cinco pasos (Penagos, Acuña, & Galvis, 2012):

a) Identificar la restricción: reconocer qué elemento del sistema es el de menor capacidad o aquel que está limitando a generar más ingresos. En un sistema debe haber una o muy pocas restricciones. También se las puede denominar cuellos de botella (Álvarez, 2018).

b) Explotar o sacarle la máxima eficiencia a la restricción: una vez identificada, se pueden tomar acciones que permitan aprovechar su máxima capacidad. La velocidad de la operación de toda la organización, depende de esta restricción. Por tanto, si la velocidad de la restricción puede incrementarse, toda la organización se beneficiará de este incremento (Goldratt, 2013).

c) Subordinarse a la restricción: todos los recursos o procesos que no son restricción, deben buscar la manera de asegurar que la restricción trabaje a su máxima capacidad. Una de las primeras formas de subordinarse es mantener el mismo ritmo de la restricción (quien será el tambor de la empresa), con lo cual se reducirán los inventarios a un nivel adecuado.

d) Elevar la restricción: si después de realizar los 3 pasos anteriores, se mantiene la restricción en el mismo proceso o recurso, se puede pensar en realizar una inversión que permita elevar la capacidad de producción de la restricción. Este incremento de capacidad le permitirá a la empresa también incrementar su velocidad.

e) Volver al primer paso: una vez aplicados los primeros pasos, es muy probable que la restricción dejará de serlo y, por ende, aparecerá una nueva. Es necesario comenzar de nuevo desde el paso 1 para identificar la nueva restricción.

La TOC propone que, cuando el sistema enfoca sus esfuerzos en mejorar o romper las pocas restricciones, se lograrán beneficios importantes para toda la organización. Los tres primeros pasos requieren una mínima inversión o incremento de gasto operativo, pues simplemente proponen enfocarse a optimizar la restricción. Y además propone que este ciclo puede apoyarse en 4 principios fundamentales (Cohen, 2008):

1. Simplicidad inherente: los problemas de un sistema tienen un conflicto raíz que causa los efectos negativos que se intenta eliminar. El entendimiento del conflicto raíz permitirá solucionar los problemas.
2. Cada conflicto debe ser removido: no se debe buscar soluciones que satisfagan a medias a las partes involucradas en un conflicto. Siempre se deberán entender las necesidades de las partes para enfocar una solución que las satisfaga.
3. La gente es buena: no es bueno buscar culpables ni considerar a quien piensa distinto que es malo, simplemente tiene una necesidad distinta. Pero todos estarán dispuestos a buscar soluciones ganar-ganar.
4. Nunca digas ya lo sé: siempre se debe estar dispuestos a aprender.

En el siguiente caso de estudio, se explicará cómo la empresa aplicó el ciclo de mejora continua que propone la TOC, enfocado en los principios básicos principalmente en la simplicidad.

METODOLOGÍA

Este artículo aborda una metodología no experimental, con enfoque mixto, ya que se plantea identificar cualitativamente cómo puede influenciar la TOC en el proceso de toma de decisiones, así como también se evaluará cuantitativamente el efecto en términos de rentabilidad que logró la empresa con esta aplicación. Se tuvo un alcance descriptivo para resumir de una forma didáctica la forma en que se aplicaron los cinco pasos de mejora continua de la TOC. Al mismo tiempo se manejó una orientación explicativa o también conocida como “causa-efecto” para validar el efecto que generó la aplicación de la TOC en la productividad de la organización, que es la unidad de análisis. Los instrumentos para ilustrar la capacidad de producción de la planta serán los diagramas de proceso, en los cuales también se ha incluido las velocidades y ocupaciones de cada elemento del proceso productivo.

Los pasos de mejora continua TOC que se aplicaron fueron comentados en el marco teórico y son los siguientes:

- a) Identificar la restricción: aquí se indicará como un diagrama de flujo del proceso junto con una evaluación de la ocupación de equipos fueron utilizados para identificar la restricción del proceso.
- b) Explotar la restricción: se mencionarán decisiones que la empresa tomó, para evitar que el proceso restricción tenga desperdicios, ya sea por tiempos improductivos, mala calidad, mermas, entre otros.
- c) Subordinarse a la restricción: en este punto se indicarán qué definiciones la empresa tomó para asegurar que todos los demás procesos dejen de trabajar pensando únicamente en su propio desempeño, para comenzar a enfocar sus esfuerzos en apoyo para la restricción.
- d) Elevar la restricción: aquí se resumirá qué decisiones se tomaron para minimizar las inversiones que le permitan a toda la empresa incrementar su capacidad de producción, así como los análisis financieros que se realizaron para validar la factibilidad económica de la inversión.
- e) Regresar al paso inicial: una vez que la empresa incrementó su capacidad, es probable que la restricción ya no sea la misma y se encuentre en otro proceso. Entonces se intentará resumir cómo la organización identifica donde está la nueva restricción, para plantear lineamientos que le permitan comenzar nuevamente este ciclo de mejora continua.

Los diagramas de proceso serán una herramienta clave para mostrar de forma didáctica las capacidades e interacción que se da durante la cadena de producción de esta empresa, facilitando además la comprensión del problema que se afronta y el impacto positivo que tendrán las estrategias que se planteen en la capacidad de producción (Hernandez, Martinez, & Cardona, 2015).

Para finalizar, se hará un análisis para verificar si el ciclo de mejora continua, propuesto por la TOC es distinto o se contrapone al ciclo de Deming o PDCA.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA TOC

Antes de que la empresa realice inversión alguna, se siguieron los pasos del ciclo de mejora continua de la TOC de la siguiente manera:

Identificar la restricción:

Después de la cuantificación de utilización de equipos, que se resumen en la Figura 2, se pudo observar que los procesos dentro de la sección de refinación tienen una ocupación promedio del 62,5%, mientras que el mixer tiene solo un 23%. En cuanto a la sección de empaques, se observa que el túnel de gotas tiene una ocupación superior al 92%, mientras que la envasadora de cremas tiene el 30% y el

Facultad de Ciencias Administrativas. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.

https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/business_science

Licencia de Creative Commons (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>)

paletizado el 62,5% de utilización efectiva. Gracias a este análisis, se puede identificar que la restricción es el túnel de gotas ya que es el proceso con mayor utilización efectiva.

Adicional, otro síntoma que ponía en alerta es que los tanques de maduración que alimentan al túnel, generalmente se mantienen con un inventario elevado de producto, lo cual evidenciaba que, en la siguiente sección, de empaque, se encontraba el “cuello de botella”.

Explotar la restricción:

Esta etapa intenta buscar estrategias para sacarle el máximo provecho a la restricción. Entre las acciones que se tomaron están:

- Se realizó un plan de producción de gotas de chocolate que minimice los cambios de fórmula de chocolate. Por ejemplo, los lunes se arranca con la producción de chocolate en gotas negro, desde las gotas pequeñas hasta las más grandes, hasta cubrir la necesidad de estos productos. Solo entonces se cambiaría a fabricar gotas de chocolate blanco, ya que se toman varias horas limpiar las cañerías y puntos de inyección de gotas hasta asegurar que no haya restos de chocolate negro que contamine las fórmulas del blanco. Esto se hizo porque el cambio de tamaño de gota toma menos tiempo que el cambio de fórmula y color.
- Se identificó que era fácil instalar unos ventiladores pequeños dentro del túnel, que apresure el enfriamiento de las gotas.
- Mientras se instalaban los ventiladores, también se aprovechó para hacer un mantenimiento total al sistema de enfriamiento del túnel.

Subordinarse a la restricción:

En esta etapa se intenta reconocer cómo los otros procesos que no son restricción, deben dejar de accionar buscando su beneficio local para pasar a apoyar a la restricción, logrando así beneficios globales para toda la organización. Ejemplo de estas acciones son:

- El proceso previo de refinación, sería programado a una velocidad que siga el tiempo de producción de la restricción. Es decir, no se lo programará a su máxima capacidad de 56 ton/sem, sino más bien al ritmo de la restricción (es decir del túnel de gotas). Con esta correcta planificación de la refinación, se asegurará que en los tanques de maduración siempre exista chocolate fresco disponible para la sección de empaques, que además servirá como inventario pulmón que asegure que el túnel de gotas siempre tenga producto disponible para su proceso, explotando así a la restricción.
- Al personal de la sección de refinación, también se le solicitó su cooperación para que, en los momentos que se esté realizando cambios de formato o fórmula en el túnel de gotas, participen y colaboren con el equipo, a fin de reducir el tiempo de limpieza.
- El personal de mantenimiento del área, también apoyó al programar chequeos diarios al túnel de gotas, a fin de asegurar que cada día trabaje a una velocidad óptima.
- Los operadores del túnel de gotas, fueron capacitados en técnicas de mantenimiento general, a fin de que puedan reconocer de forma temprana posibles desperfectos en el túnel de gotas, previniendo así daños mayores.

Antes de continuar con el ciclo de mejora TOC, se hará un análisis para verificar si las decisiones tomadas han generado algún impacto en el proceso. Se pudo verificar que la capacidad del túnel se incrementó de 30 a 33 ton/sem. Al considerar que la producción semanal promedio sería de 27,5 ton/sem, entonces se logró reducir la utilización del túnel de 92% (como se ve en la Figura 2) al 83%, reduciendo la carga de trabajo de 154 a 140 horas/sem. Vale la pena hacer notar que estas mejoras permitieron explotar a la restricción con una pequeña inversión.

Ya entendiendo estas mejoras, se podrá continuar con la aplicación de los últimos pasos del ciclo de mejoramiento continuo de la TOC.

Elevar la restricción:

Este cuarto punto implica buscar estrategias que amplíen la capacidad del proceso restricción, e incluso se puede pensar en inversiones para ello. En el caso del túnel de gotas, en los pasos anteriores se había analizado que, con el incremento de capacidad de enfriamiento, se había mejorado su productividad. Sin embargo, se tenía la inquietud: ¿qué sucedería si el túnel incrementa la velocidad de la banda que transporta las gotas? Se había evidenciado que el sistema de frío tenía capacidad para soportar más gotas corriendo por dentro del túnel, sin embargo, el sistema de alimentación de gotas era mecánico y tenía una complejidad grande controlar su velocidad.

Se validó con los fabricantes de equipos que, el control de velocidad del alimentador de gotas podría ser actualizado a un sistema semi-automático, a través de la incorporación de un controlador electrónico PLC (Programmable Logic Controller). La compra de este dispositivo, su programación e instalación requeriría de una inversión aproximada de \$15.000, pero le permitiría incrementar la capacidad de producción del túnel de gotas en por lo menos un 25%.

Antes de generar esta implementación, se debe realizar un análisis económico que permita validar si es rentable. Si esta estrategia requiere una inversión, así mismo debe identificarse los beneficios que genera. En la Figura 4 se observa que, si el túnel de gotas incrementa su capacidad, entonces requerirá bajar sus horas de trabajo a 111 horas/sem, es decir, solo se requiere trabajar los 5 días laborables sin necesidad de trabajar fines de semana.

Si no se realiza esta inversión, con las mejoras alcanzadas en los tres primeros pasos del ciclo de mejora continua TOC, ya se había alcanzado la reducción del trabajo del túnel a 140 horas/sem, que equivale a los 5 días laborables más 3 turnos de fin de semana.

En resumen, el elevar la capacidad de producción con la implementación de la automatización en el sistema de alimentación de gotas, le permitiría a la empresa ahorrar 3 turnos de fin de semana en el área de empaçado. Esta mejora significa entonces generarle a la empresa un ahorro anual de \$31.200, tal como se muestra a continuación:

$$5 \frac{\text{personas}}{\text{turno}} \cdot \frac{3 \text{ turnos}}{\text{semana}} \cdot \frac{\$40}{\text{persona}} \cdot 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = \frac{\$31.200}{\text{año}}$$

Se puede entonces calcular que la inversión de \$15.000 puede ser recuperada en 0,48 años, que equivale a un poco menos de 6 meses. Por lo tanto, se convierte en una inversión atractiva. Adicional se gana un incremento de capacidad importante, que permitiría poder responder a posibles crecimientos de la demanda, ya que la capacidad se incrementó hasta 56 ton/sem, ya que la nueva restricción dentro de la planta serían la refinería y el paletizado.

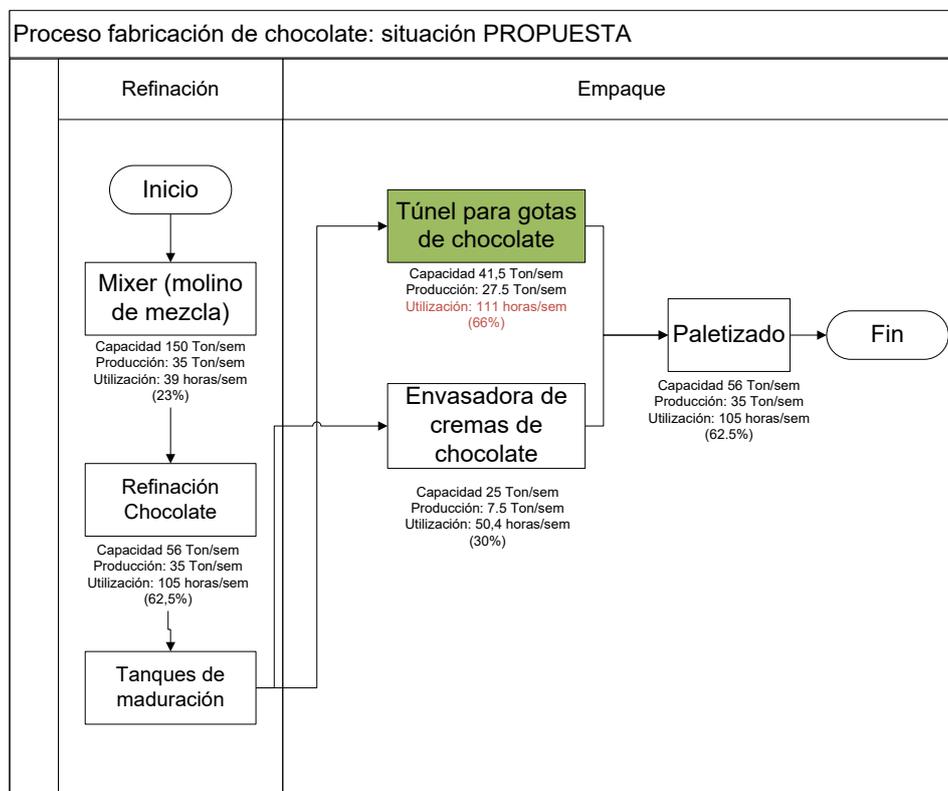


Figura 4. Procesos y utilización de equipos con mejoras propuestas
Fuente: Elaboración propia

Regresar al paso inicial

Una vez que la empresa aplicó la mejora y elevó la capacidad de producción de la restricción, es necesario validar si la restricción se mantiene en el mismo recurso o ha aparecido un nuevo “cuello de botella”. Como se observa en la Figura 3, la utilización de los equipos se mantiene por debajo del 70%.

Aparentemente se podría decir que no se tiene una restricción dentro de la empresa, mas no significa que no exista.

El hecho de no tener una restricción interna, solo puede significar que está fuera de la organización. Es decir, que ahora la restricción está en el mercado y, por lo tanto, las nuevas estrategias para incrementar los ingresos para la organización, ahora deben enfocarse en buscar nuevos clientes o desarrollar nuevos productos para ampliar la demanda.

Al haber identificado la nueva restricción, el ciclo de mejora TOC se convierte en un mejoramiento continuo ya que ahora las decisiones deben enfocarse a esta nueva restricción.

DISCUSIÓN

Después de conocer las buenas decisiones que se tomaron gracias a la TOC, muchos se preguntarán: ¿por qué la TOC y no otra herramienta? Y para responder esta pregunta, primero se debe aclarar que la teoría de restricciones no intenta sobreponerse sobre otros instrumentos de gestión, pero lo que sí puede hacer es potenciar los beneficios que se puede alcanzar cuando son combinadas y apalancadas en la TOC.

Por ejemplo, vale la pena hacer notar que la TOC no se contrapone con el famoso ciclo de mejora continua planteado por Edward Deming (PDCA) que es la base del TQM. El ciclo de Deming plantea que todo proceso debe ser planificado (P-plan), para a continuación realizar (D-do) según el plan, seguidamente se comprueba (C-check) que lo realizado y los logros alcanzados sean acordes al plan, para terminar actuando (A-act) en los gaps que se determinen entre lo planeado y lo ejecutado. Y al comparar estos 4 pasos del PDCA con los 5 pasos de la TOC, se puede identificar que están totalmente alineados, tal como se describe a continuación:

- El primer paso del ciclo de Deming “planificar” tiene relación con el paso de “identificar la restricción” ya que propone que cualquier mejora debe ser planificada, pero con un enfoque en la restricción.
- El segundo paso del ciclo de Deming “hacer” está relacionado con los pasos 2 (explotar), 3 (subordinar) y 4 (elevar) proponen ejecutar accionar.
- El tercer paso de “comprobar” exige que se compruebe que las acciones tomadas en el paso anterior, hayan dado resultados. Por ejemplo, solo se avanzará al paso 4 (elevar) cuando se haya validado que se han ejecutado a cabalidad los pasos 2 y 3.
- El cuarto paso de “actuar” se relaciona de una manera con que, antes de ejecutar ninguna inversión en el paso 4, se tomarán las “acciones” correctivas que sean necesarias en los pasos 2 y 3. Si estos ya han sido ejecutados a cabalidad, la “actuación” en sí será avanzar al paso 4 para elevar la capacidad de la restricción.

En este caso de estudio, antes de aplicar la TOC se tenía considerado invertir en nuevos equipos como la única aparente solución a la falta de capacidad de producción. Sin embargo, gracias a la aplicación TOC se lograron mejoras con menor inversión. En un principio, solo con los tres primeros pasos se logró incrementar la capacidad del túnel de chocolates en un 10% sin necesidad de realizar inversiones grandes. De hecho, con estas mejoras se hubiera generado un ahorro al reducir en 2 turnos de trabajo a la semana.

Al momento de evaluar una mejora que requiere inversión, la organización reconoció que no había necesidad de que toda la planta incremente su capacidad sino únicamente se enfocaron en la restricción. Esto redujo significativamente la inversión, mas, el incremento de capacidad de la restricción permitió poder cubrir el incremento de ventas sin generar gastos adicionales de operación.

CONCLUSIONES

Una vez que se aplicó el ciclo de mejora continua en esta empresa, se puede mencionar las siguientes conclusiones:

La teoría de restricciones TOC es una herramienta que sí permite enfocar el proceso de toma de decisiones hacia puntos críticos de la empresa, maximizando sus beneficios. Además, la TOC está alineada con el ciclo de Deming también denominado PDCA, lo cual significaría que la TOC no se contrapone a otras herramientas de gestión y más bien las puede complementar, tal como lo hace el ciclo PDCA.

En este caso, la aplicación de la TOC permitió generar un incremento de la productividad de un 9% sin necesidad de inversión o gastos. Adicionalmente, la TOC permitió identificar un proyecto de mejora

cuya implementación es recuperable en menos de 6 meses y además incrementa la capacidad de producción para responder a posibles crecimientos de la demanda. Por tanto, se demuestra que es en una inversión rentable.

En esta publicación, se ha demostrado que el ciclo de mejoramiento continuo propuesto por la TOC contiene cinco pasos que sí se basan en el pilar de “simplicidad inherente”, pues al contrario de otras herramientas de gestión que requieren un alto grado de especialización, la TOC puede ser aplicado fácil y principalmente con un buen sentido común acompañado por el conocimiento del proceso. Así se facilita la toma de decisiones y se lo hace más eficiente.

Referencias Bibliográficas

- Abisambra, A., & Mantilla, L. (2008). Aplicación de la teoría de restricciones (TOC) a los procesos de producción de la planta de fundición de Imusa. *Soluciones de postgrado EIA*(2), 121-133.
- Alvarez, P. (2018). Introducción a la teoría de restricciones. *Estrategia Focalizada*, 5-25. https://www.researchgate.net/publication/327318642_INTRODUCCION_A_LA_TEORIA_DE_RESTRICCIONES_TOC
- Cano, C. (2017). *La administración y el proceso administrativo*. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Carrión, X. (2020). Análisis de la aplicación de la teoría de restricciones (TOC) en la industria como un sistema de mejoramiento continuo. Caso de estudio Sismode Cía. Ltda. *Universidad Andina Simón Bolívar*. <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7269/1/T3153-MBA-Carrion-Analisis.pdf>
- Checa, C. (2018). Plan de mejora de la productividad en la planta de hormigón premezclado mediante el uso de la teoría de restricciones. *UDLA*. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9464/1/UDLA-EC-TMDOP-2018-14.pdf>
- Cohen, O. (2008). *Mejorar siempre: una guía para gerenciar operaciones al estilo TOC*. Medellín, Colombia: Ediciones Piénsalo.
- Corbett, T. (2005). *La contabilidad del truput*. Medellín, Colombia: Ediciones Piénsalo.
- Cuatrecasas, L., & González, J. (2017). *Gestión integral de la calidad* (Quinta ed.). Barcelona: Profit Editorial. <https://www.profiteditorial.com/libro/gestion-integral-de-la-calidad/>
- García, M., Quispe, C., & Ráez, L. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial Data*, *VI*(1), 89-94. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81606112.pdf>
- Goldratt, E. (2013). *La meta: un proceso de mejora continua*. Monterrey, México: Ediciones Castillo.
- Gujardo, E. (2003). *Administración de la calidad total*. México DF: Pax México. https://books.google.com.ec/books?id=9zYyYc6i9JwC&pg=PA42&lpg=PA42&dq=tomioka+circulo+de+deming&source=bl&ots=2aAY2_K8Xh&sig=ACfU3U1FaD-F9c9_SWZJnU8xmQ49HkY2gg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjTpqqg_4jqAhXwSzABHVBiAOQQ6AEwDHoECACQAQ#v=onepage&q=tomioka%20circulo
- Hernandez, H., Martínez, D., & Cardona, D. (2015). Enfoque basado en procesos como estrategia de dirección para las empresas de transformación. *Saber, Ciencia y Liebrtad*, *XI*(1), 141-150.
- Herrera, G., Campo, J., Bernal, J., & Tilves, R. (2018). Modelo de teoría de restricciones con consideraciones de optimización y simulación - Un caso de estudio. *Espacios*, *39*(3), 10-27. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n03/a18v39n03p10.pdf>
- Iñaki, H., Arana, G., Carmisón, C., Casadesús, M., & Martiarena, A. (2008). *Gestión de la calidad y competitividad de las empresas de la CAPV*. Donostia: Instituto Vasco de Competitividad. <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/orkestra/orkestra07.pdf>
- Juñia, L., Cabrera, V., & Reina, S. (2017). Aplicación de la teoría de restricciones en la implementación de un sistema de manufactura CAD-CAM en la industria metalmecánica-plástico. *Enfoque UTE*, 56-71. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v8n3/1390-6542-enfoqueute-8-03-00056.pdf>
- Mabin, V., & Balderstone, S. (2003). The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications. *International Journal of Operations &*

- Production Management*, 568-595.
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/01443570310476636/full/html>
- Marco, F. (2016). *Introducción a la gestión y administración en las organizaciones*. Buenos Aires: Universidad Nacional Arturo Jauretche.
- Medina, A., Nogueira, D., & Hernández, A. (2017). Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería*, XXVII(2), 328-342.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000200328
- Penagos, J., Acuña, M., & Galvis, L. (2012). Teoría de restricciones aplicada a empresas manufactureras y de servicios. *INGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla*(12), 79-86.
- Romero, J., Ortiz, V., & Caicedo, Á. (2018). La teoría de restricciones y la optimización como herramientas gerenciales para la programación de la producción. Una aplicación para la industria de muebles. *Métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 74-90.
www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2964
- Sierra, L., Oncon, T., Quintero, A., & González, I. (2019). *La lúdica como herramienta práctica para el aprendizaje de la teoría de las restricciones*.
https://www.researchgate.net/publication/332547266_Teoria_de_las_restricciones