



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS
RESTRICCIONES Y SU IMPACTO EN LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD EN LA
INDUSTRIA DE ROTOMOLDEO EN GUATEMALA**

Carlos Alejandro Ochoa Barrios

Asesorado por el Msc. Ing. Luis Andrés Moguel García

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS
RESTRICCIONES Y SU IMPACTO EN LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD EN LA
INDUSTRIA DE ROTOMOLDEO EN GUATEMALA**

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS ALEJANDRO OCHOA BARRIOS
ASESORADO POR EL MSC. ING. LUIS ANDRÉS MOGUEL GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Aldo Estuardo García Morales
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS
RESTRICCIONES Y SU IMPACTO EN LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD EN LA
INDUSTRIA DE ROTOMOLDEO EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 23 de enero de 2013.


Carlos Alejandro Ochoa Barrios

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0016-2013

Guatemala, 23 de enero de 2013.

Director:
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Carlos Alejandro Ochoa Barrios** con carné número **2002-12645**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

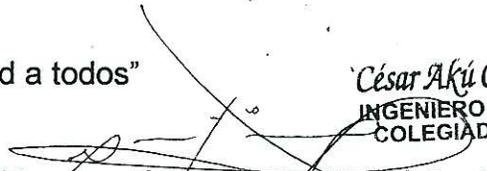
Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073


Msc. Ing. Luis Andrés Moguel García
Asesor (a)

LUIS ANDRES MOGUEL GARCIA
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 8188


Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de
Postgrado



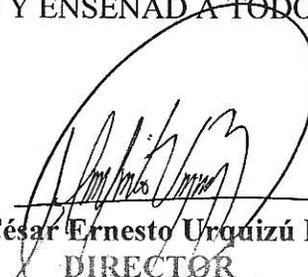
Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.045.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES Y SU IMPACTO EN LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE ROTOMOLDEO EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Alejandro Ochoa Barrios**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 116.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES Y SU IMPACTO EN LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE ROTOMOLDEO EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Alejandro Ochoa Barrios**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 20 de febrero de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser luz y guía en todo momento, por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para lograr alcanzar una meta más en mi vida.

Mis padres

Ligia Barrios y Carlos Ochoa, por todo su amor, esfuerzo, sacrificio e incondicional apoyo, por ser fuente de inspiración y ejemplo.

Mis hermanas

Ana Ligia y Ana Lucia Ochoa, por su constante amor y todo el apoyo brindado para alcanzar este logro.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por haberme permitido llegar hasta este punto y por brindarme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.
- Mi familia** Por ser una importante influencia en mi carrera, por su cariño y apoyo, por siempre compartir todas las etapas de mi vida ayudándome a crecer.
- Mis amigos** Por los momentos compartidos que me han ayudado a crecer, y por la sabiduría que cada uno ha compartido conmigo.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser fuente de conocimientos que hoy me permiten crecer y realizarme como persona.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. OBJETIVOS.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	15
7. HIPÓTESIS.....	19
8. CONTENIDO	21
9. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	25
10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	31

11.	RECURSOS NECESARIOS.....	33
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Cronograma de actividades.....31

TABLAS

- I. Presupuesto..... 34

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Moneda quetzal
%	Porcentaje
&	Y

GLOSARIO

Check list	Lista de cosas o tareas para ser hechas o revisadas.
Cronómetro	Reloj de gran precisión para medir fracciones de tiempo muy pequeñas.
Eficiencia	Relación que existe entre recursos utilizados en un proyecto y los logros conseguidos con el mismo.
Productividad	Indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida.
Restricciones	Limitaciones en el desarrollo de un proyecto o actividad.
Rotomoldeo	Proceso de moldeo de plástico por medio de moldes que giran sobre un eje horizontal.
Toc	Teoría de las restricciones por sus siglas en inglés Theory of Restrictions.

RESUMEN

El desarrollo de las industrias plásticas en Guatemala se ha incrementado debido a la gran demanda que tienen los productos elaborados con este material. En el país se han consolidado grandes industrias que producen productos a base de plástico. Sin embargo, este tipo de producción se caracteriza por no aplicar un correcto uso a los recursos que se utilizan en el proceso de fabricación, desde la materia prima pasando por la herramienta y maquinaria que interviene en el proceso y culminando con el recurso humano, el cual es vital para este tipo de proceso.

Teniendo en cuenta que actualmente las organizaciones dan una alta importancia al logro de objetivos por medio de indicadores de eficiencia, productividad y calidad, se hace necesaria la aplicación de técnicas que permitan alcanzar fácilmente estos objetivos. Una herramienta que ha sido de gran ayuda para las industrias es la teoría de las restricciones, la cual permite medir el impacto de su aplicación en los índices de productividad en la industria plástica de rotomoldeo en Guatemala, además de tener la finalidad que se logre establecer si la correcta implementación de esta teoría a la industria de rotomoldeo puede llegar a eficientizar los procesos de tal forma que los índices de productividad se vean incrementados comparados con los valores que actualmente se tienen.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente trabajo está basado en la teoría de las restricciones, la cual forma parte de las líneas de investigación que deben desarrollarse en los estudios de maestría de la Escuela de Estudios de Posgrados de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se pretende con esta investigación determinar si la aplicación de la teoría de las restricciones en la industria plástica de rotomoldeo en Guatemala tiene un impacto significativo dentro de estas.

Esta investigación se llevará a cabo debido a que los índices actuales de productividad de la industria en mención se encuentran muy por debajo de lo esperado, principalmente en los procesos por rotomoldeo y se espera que se pueda determinar si el aplicar la teoría de las restricciones a los procesos de las industrias plásticas de rotomoldeo en Guatemala permite incrementar considerablemente los índices de productividad. Se identificarán las limitantes que se encuentran en cada uno de los procesos que conforman el sistema de producción y se establecerán las formas en la cuales estas limitantes deben de ser eliminadas de los procesos para que generen mejores indicadores de eficiencia y productividad.

Como objetivo principal se plantea aplicar la teoría de las restricciones y medir su impacto en los índices de productividad en la industria plástica de rotomoldeo en Guatemala, se tiene la finalidad que se logre establecer si la correcta implementación de esta teoría a la industria de rotomoldeo puede llegar a eficientizar los procesos de tal forma que los índices de productividad se vean incrementados comparados con los valores que actualmente se tienen.

Para ello se tomarán como base las industrias que se encuentran ubicadas dentro de la periferia de la capital de Guatemala; además, cada uno de los capítulos de la investigación contiene información muy importante a cerca de la aplicación de la teoría de las restricciones en los sistemas de producción por rotomoldeo en el país.

Se espera que al lograr establecer si la teoría de las restricciones, puede ser la herramienta necesaria que se necesita para que en general, toda la industria guatemalteca de plástico por rotomoldeo se una de las más eficientes y productivas a nivel regional. Y es que haciendo referencia a esta teoría cabe mencionar que no brinda respuestas claras, simples y de sentido común.

En términos generales se puede decir que de la presente investigación se espera obtener un resultado positivo en cuanto al incremento de los índices de productividad en las industrias plásticas de rotomoldeo y poder con ello contribuir a que las empresas sean mucho más competitivas de lo que ya lo son.

Capítulo I: se realiza una breve descripción del rotomoldeo en la industria plástica y como ha evolucionando a lo largo del tiempo, convirtiéndose en la actualidad en uno de los métodos más utilizados dentro de la industria del plástico. Se detalla también como esta metodología de producción ha incursionado en el país y los productos que se elaboran por medio de ella.

Capítulo II: se describen los fundamentos en los cuales Eli Goldratt se basó para crear la teoría de las restricciones y el impacto que esta ha tenido en la industria.

Capítulo III: abarca la situación actual de la industria del plástico en Guatemala, se hace mención al funcionamiento de los sistemas actuales de producción por rotomoldeo y como estos no son lo suficientemente eficaces para incrementar los índices de productividad en las industrias.

Capítulo IV: detalla el impacto que puede tener la correcta aplicación de la teoría de las restricciones en la industria plástica por rotomoldeo.

Capítulo V: describe la medición del impacto y es en este capítulo en donde se podrá apreciar las ventajas que tiene la aplicación de la teoría creada por Eli Goldratt.

La investigación se realizará por unidades producidas en una jornada laboral, utilizando como muestra las industrias plásticas por rotomoldeo ubicadas en el departamento de Guatemala, tomando como base los dos productos de mayor venta de cada una de ellas. El tiempo estimado será de ocho meses iniciando en noviembre de 2012 a junio de 2013.

2. ANTECEDENTES

No todas las empresas que trabajan el plástico por medio de la técnica de rotomoldeo tienen establecidos los correctos flujos que deben seguir para optimizar los recursos con que se cuenta. En Guatemala a pesar que existen varias empresas que se dedican a este tipo de manufactura no se ha tenido una referencia exacta de las limitantes que se tienen dentro de los procesos de cada una de las áreas involucradas en la cadena de valor del producto.

Si se tiene en cuenta también que el plástico en su mayoría es utilizado como reciclable y en los últimos años esta actividad ha cobrado auge en el país, se puede determinar que las cantidades de desperdicio son considerables a pesar que no se cuenta con un detalle exacto de las causas del por qué estas diversas empresas no han logrado estandarizar los procesos para evitar desperdicios de este tipo.

Sin embargo, en la investigación acerca de una nueva métrica financiera a través de la teoría de las restricciones (Rivera, 2000), se plantea que esta teoría consta de dos partes diferenciales, de las cuales se logran los mejores resultados cuando se aplican en simultáneo, entre estas la metodología para la solución de problemas, la cual se enfoca en la solución a los procesos que afecten el sistema y la lógica operacional; se basa en operaciones de logística, producción, planeación, contabilidad y finanzas de la empresa.

La aplicación efectiva y simultanea de las partes de las cuales se plantea, está formada la teoría de restricciones, mejora de manera significativa la productividad general de la empresa, esto debido a que la primera parte se

enfoca en la capacidad de producir resultados los cuales únicamente vendrán si se aplica correctamente la segunda parte de la teoría, que es la mejora de procesos a todo nivel dentro de la empresa ya que al realizar procesos productivos los resultados se verán reflejados en incrementos de productividad en la empresa.

El desarrollo de las industrias plásticas en Guatemala se ha incrementado debido a la gran demanda que tienen los productos elaborados con este material. En el país se han consolidado grandes industrias que producen productos a base de plástico. Sin embargo, este tipo de producción se caracteriza por no aplicar un correcto uso a los recursos que se utilizan en el proceso de fabricación, desde la materia prima pasando por la herramienta y maquinaria que interviene en el proceso y culminando con el recurso humano.

En Guatemala es mínima la aplicación de las técnicas expuestas en la teoría de las restricciones para la industria plástica a base de rotomoldeo; aunque este tipo de producción ha cobrado mucho auge en los últimos años, es difícil mencionar alguna empresa de este tipo que pueda manifestar síntomas de mejora logrados por la implementación de TOC.

Dentro de los estudios recientes sobre el tema de TOC se encuentra la aplicación de un nuevo enfoque llamado Drum-Buffer-Rope (DBR), esta es una metodología de planeamiento, programación y ejecución, DBR aplica perfectamente la mecánica de programación de TOC y es más, la hace fácil de entender e implementar. Esta metodología es producto de los últimos estudios realizados a la teoría de las restricciones debido a que el mejoramiento de las técnicas aplicadas en la industria se mantiene a la vanguardia de nuevas mejoras a las herramientas existentes que por años han logrado resultados satisfactorios.

3. OBJETIVOS

General

Aplicar la teoría de las restricciones y medir su impacto en los índices de productividad en la industria plástica de rotomoldeo en Guatemala.

Específicos

1. Determinar las causas del bajo índice de productividad en las industrias plásticas de Guatemala.
2. Analizar los métodos adecuados para medir la eficiencia de las industrias plásticas en Guatemala.
3. Establecer nuevas técnicas de trabajo para reducir el porcentaje de rechazo.
4. Determinar el impacto de los índices de productividad a través de mediciones a los niveles de eficiencia y eficacia.

4. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del presente trabajo es importante, puesto que toma como base la línea de investigación de la teoría de las restricciones aplicada a la industria plástica en Guatemala. Esta investigación se llevará a cabo debido a que los índices actuales de productividad de la industria en mención se encuentran muy por debajo de lo esperado principalmente en los procesos por rotomoldeo y se espera que se pueda determinar si al aplicar la teoría de las restricciones a los procesos de las industrias plásticas en Guatemala, los índices de productividad se incrementan de manera considerable.

El motivo por el cual se ha dispuesto desarrollar la presente investigación se da por un incremento en los desperdicios plásticos en una industria plástica de rotomoldeo, lo cual generó una pérdida económica considerable y bajos índices en la productividad, esto ocasiona que en algunas empresas se compensen estos bajos índices de productividad con algunas limitaciones hacia los colaboradores de la empresa.

Los resultados obtenidos de la investigación ayudarán a eficientizar los procesos de trabajo del plástico y se podrá mejorar incluso en la parte tecnológica, ya que al mantener procesos estables y eficientes se realizarán análisis más detallados de la maquinaria y programas que se utilizan actualmente y como la mejora de estos puede influir de una forma aún más positiva en el incremento de índices de productividad dentro de los procesos.

Los beneficios de esta investigación se reflejarán en los indicadores de productividad, la industria plástica basada en rotomoldeo sin lugar a dudas será

la mayor beneficiada luego de concluida dicha investigación, ya que se podrá realizar los análisis correspondientes para determinar las inversiones tanto en procesos como en tecnología que se deben realizar para incrementar los índices de productividad.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fabricación de productos plásticos a través de la técnica de rotomoldeo suele ser un proceso bastante complejo, desde que se obtiene la materia prima para trabajar hasta que el producto es terminado y listo para ser despachado.

Los procesos en la mayoría de industrias de este tipo suelen ser muy variados, por lo mismo no se sigue un flujo continuo en la forma de trabajar, lo cual genera que las eficiencias en las líneas de producción sean muy bajas y a su vez esto repercute en los índices generales de productividad.

Aunado a lo anteriormente expuesto, en Guatemala se carece de antecedentes a cerca de análisis e investigaciones adecuadas a los procesos productivos de las industrias plásticas a base de rotomoldeo o moldeo rotacional por medio de la teoría de las restricciones y a su vez la escasa información que está disponible no refleja mejoras de consideración a la productividad de las plantas productoras.

Hoy en día se observa que en la industria plástica, los índices de productividad están por debajo de lo esperado. Esto por cambios constantes en los procesos, los cuales en su mayoría se deben a las muchas restricciones existentes entre áreas de trabajo y estas a su vez forman parte de un proceso más general de producción.

En su mayoría las industrias que se dedican a la elaboración de productos plásticos a base de rotomoldeo tienden a consumir sus recursos de

una manera inadecuada debido a que este tipo de proceso suele ser inestable dadas las condiciones del mismo. Todo ello desde luego constituye un problema para las industrias y más aun si se suma una complicación adicional: los procesos ineficientes, los cuales se deben en muchas ocasiones a la falta de aplicación de correctas técnicas de ingeniería.

De acuerdo al problema descrito se han formulado las siguientes preguntas como ayuda en el planteamiento del presente trabajo de investigación:

- ¿Es posible incrementar el índice de productividad aplicando la teoría de las restricciones en la industria plástica Guatemalteca?
- ¿Cuáles son las causas que originan el problema de bajos índices de productividad en las industrias plásticas en Guatemala?
- ¿Qué tipos de herramientas de la ingeniería se pueden aplicar para lograr mejoras al proceso de producción de las industrias plásticas en Guatemala?
- ¿Es posible realizar la medición del impacto de la teoría de las restricciones en los índices de productividad?
- ¿Están identificadas todas las restricciones del proceso de producción en cada una de las áreas que conforman el mismo?

Para establecer si es posible lograr una mejora y un incremento en los índices de productividad se realizará la investigación acerca del impacto que pueda tener aplicar la teoría de restricciones en la industria plástica por

rotomoldeo en Guatemala, específicamente en las industrias que se localizan dentro y en las afueras de la ciudad. Utilizando para ello el período comprendido entre los meses de octubre del 2012 y junio del 2013, tiempo en el cual se estima lograr llevar a cabo la totalidad de la investigación así como lograr establecer si la investigación cumplió con los objetivos trazados.

6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Para dar inicio es importante conocer como en el país se introdujo la industria plástica, la que a lo largo de los años fue creciendo no solo en cantidad sino en calidad ya que la tecnología con la que se trabaja es de muy alto nivel. Por tanto el primer capítulo de la presente investigación está fundamentado en la historia de la industria del plástico en Guatemala.

Según antecedentes históricos respecto a la primera planta de plástico en general de Guatemala, fue *Guateplast*, fundada a fines de los años 40, por Jorge Rybar de origen Checoslovaco, y fue también la primera fábrica de plástico de toda Centroamérica. Esta dio inicio con una línea de inyección para peines.

Paralelamente se crea a fines de los 40, un centro de distribución de bolsas plásticas, que eran hechas en México. De a poco se comenzaron a fabricar localmente, y nacen algunas industrias de film soplado, películas y empaques flexibles, y entre ellas está *Extrudoplast*, fundada por el Dr. Imrich Fischmann junto al señor Félix Valdez, en junio de 1955. Castillo (2007)

La base en la cual se desarrolla esta investigación es la Teoría de las Restricciones, la cual no es más que una técnica muy eficiente de ingeniería, por medio de la cual se pretende analizar los procesos de producción de la industria plástica por rotomoldeo o moldeo rotacional y con ello establecer las razones por las cuales no se cumplen los índices de producción esperados.

Como introducción al capítulo número dos se puede mencionar que la teoría de las restricciones fue descrita por primera vez por Eli Goldratt al principio de los años 80's y desde entonces ha sido ampliamente utilizada en la industria. 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. Abisambra & Mantilla (2008)

El análisis al que se hace referencia en el capítulo tres, contempla una descripción de los principales problemas y restricciones que se encuentran en los sistemas de producción de las industrias plásticas por rotomoldeo en Guatemala.

Su finalidad no es más que demostrar como los actuales sistemas de producción no atacan realmente los problemas y se preocupan más en simplemente lograr cumplir con las metas fijadas sin importarles realmente la eficientización de los procesos que a su vez son parte vital dentro del sistema productivo.

Haciendo foco en las restricciones, TOC se presenta como la habilidad de construir y transmitir soluciones simples, de sentido común, para cualquier organización humana. Una de las consecuencias es la falta de sincronización. La falta de sincronización ocurre, cuando un subsistema o más de uno, tratando de mejorar su propia eficiencia actúa de manera que pone en peligro la eficiencia de todo el sistema. Goldratt (1984)

En el libro denominado La nueva economía, se hace mención que si los varios componentes de una organización están optimizados, la organización no

está optimizada y tiene numerosos ejemplos de esta situación, por ejemplo: un departamento de compras que al intentar reducir los costos de la adquisición, compra materias primas que ponen en peligro la producción y su calidad. Deming (1993)

Respecto a la teoría de las restricciones se puede decir que es una metodología sistémica de gestión y mejora de una empresa. En pocas palabras, se basa en las siguientes ideas: la meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas.

Si no gana una cantidad ilimitada, es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones. Contrariamente a lo que parece, en toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero. Restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Las restricciones, lo que le impide a una organización alcanzar su más alto desempeño en relación a su meta, son en general criterios de decisión erróneos. Abisambra & Mantilla (2008)

Por tanto es de esperar que la aplicación de esta teoría en los sistemas de producción de la industria del plástico por moldeo rotacional, muestre resultados mejorables en comparación con los obtenidos en los últimos años. Al lograr estos resultados se podrá medir de mejor forma el grado de incidencia que tiene la teoría planteada por Goldratt en los sistemas de producción.

Como toda herramienta de ingeniería para la mejora de los sistemas de producción, esta técnica busca medir el impacto de su aplicación a través de el incremento de los índices de productividad, para ello será necesaria la

aplicación de técnicas como estudios de tiempos y movimientos, balances de líneas y análisis y elaboración de diagramas de proceso.

La Teoría de Restricciones da respuestas claras, simples, de sentido común, a esta interrogante. Se trata de un enfoque sistémico que permite ejercer un control genuino, dentro de la variabilidad y la incertidumbre, concentrando la atención en unos pocos puntos, aquellos que realmente gobiernan al sistema: sus restricciones. Para la TOC, una restricción, en una empresa, es aquello que impide hoy, sistemáticamente, lograr más beneficios. Origuela (2008)

Lejos de ser un dolor de cabeza, las restricciones son una bendición para los gerentes... solo si se las identifica correctamente. Por el contrario, cuando las ignoramos, perdemos control y el sistema se desestabiliza. Precisamente, son los paradigmas no cuestionados - y las políticas y procedimientos originados en ellos - los que llevan a ignorar la existencia de las restricciones. Origuela (2008)

7. HIPÓTESIS

A continuación se presentan la hipótesis de la investigación y las variables que se tomarán para esta.

Hipótesis de investigación

La aplicación de la teoría de las restricciones en la industria plástica por rotomoldeo en Guatemala incrementa sus índices de productividad.

Hipótesis nula:

La aplicación de la teoría de las restricciones en la industria plástica por rotomoldeo en Guatemala no incrementa sus índices de productividad.

Variable independiente:

La teoría de Restricciones.

Variable dependiente:

Los índices de productividad de la industria plástica por rotomoldeo.

8. CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS / HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. INICIOS DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO POR ROTOMOLDEO EN GUATEMALA
 - 1.1. Inicios del rotomoldeo
 - 1.2. El rotomoldeo en Guatemala
 - 1.3. Empresas de rotomoldeo
 - 1.4. Productos por rotomoldeo

2. TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES
 - 2.1. Eli Goldratt y la teoría de las restricciones
 - 2.2. Finalidad de la teoría de las restricciones
 - 2.3. Usos de la teoría de las restricciones
 - 2.4. Impacto de la aplicación de la teoría de las restricciones en la industria
 - 2.5. Aplicaciones de la teoría de las restricciones

3. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA PLÁSTICA POR ROTOMOLDEO EN GUATEMALA
 - 3.1. Situación actual de la industria plástica en Guatemala

- 3.2. Funcionamiento de los sistemas de producción en industrias plásticas por rotomoldeo en Guatemala
 - 3.3. Análisis de indicadores actuales de productividad en industrias plásticas por rotomoldeo en Guatemala
 - 3.4. Análisis de técnicas de ingeniería implementadas actualmente en las industrias plásticas por rotomoldeo en Guatemala
4. IMPACTO DE LAS TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES EN LA INDUSTRIA PLÁSTICA POR ROTOMOLDEO
- 4.1. Identificación de oportunidades de mejora
 - 4.1.1. Mejora al sistema de producción
 - 4.1.2. Áreas que conforman el sistema
 - 4.1.3. Actualización de los procedimientos de fabricación
 - 4.2. Mejoras a los procesos
 - 4.2.1. Diagramas de procesos mejorados
 - 4.2.2. Balance de líneas
 - 4.3. Aseguramiento de la calidad
 - 4.3.1. Plan de mejora continua
 - 4.3.2. Auditorias de procesos
 - 4.3.3. Control del procesos
5. MEDICIÓN DEL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES
- 5.1. Como medir la mejora en los índices de producción.
 - 5.2. Resultados esperados
 - 5.3. Ventajas y beneficios de la aplicación
 - 5.4. Evaluación de índices de productividad

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

9. MÉTODOS Y TÉCNICAS

En la investigación a desarrollar y basándose en el tema elegido para el desarrollo de la misma, se ha determinado que el tipo de investigación a utilizar está basado en un enfoque cuantitativo con un diseño de la investigación del tipo no experimental transeccional exploratorio debido a que se recopilarán los datos necesarios para poder cumplir los objetivos planteados en la investigación.

El por qué se ha elegido dicho tipo de investigación está sustentado en que la investigación permitirá conocer un conjunto de variables que se explorarán minuciosamente en un momento específico contemplado dentro de la investigación. Por la metodología que se aplicará en la presente investigación se espera obtener una descripción de las variables y analizar así su incidencia e interrelación en un momento dado. Sampieri (2010)

Para realizar la selección de la muestra que será objeto de estudio es necesario definir la unidad de análisis, se tomará como base una muestra del tipo aleatoria simple; esta será la industria plástica por rotomoldeo, estableciendo como población las industrias que se dedican a la fabricación de piezas plásticas en el municipio de Guatemala.

El diseño de la investigación es el siguiente: se realizará un proceso de recolección de datos de todos aquellos procedimientos que conforman el sistema de producción por rotomoldeo, identificando en un formato establecido cada uno de ellos por nombre, área a la que pertenece, puesto del encargado de ejecutar el proceso, frecuencia con la que se realiza el proceso, actividades

que afecten el correcto desarrollo del proceso, indicadores actuales de productividad del área, registros de eficiencia de procesos y registros de mala atención al cliente tanto interno como externo.

Terminado el proceso de recolección de datos, se tabularán en una hoja electrónica elaborada en el programa Microsoft Excel, en el cual se podrán analizar los datos por medio de las herramientas con las que cuenta este programa como lo son el análisis de correlación, cálculo de la desviación estándar, elaboración de gráficos de control y diagramas de Pareto. Todo esto permitirá identificar aquellos procesos considerados críticos dentro del sistema.

En consecuencia con los objetivos propuestos, el trabajo se realizará en las siguientes fases:

Primera fase: Objetivo específico 1

Determinar las causas del bajo índice de productividad en las industrias plásticas de Guatemala, para lograrlo será necesario seguir la siguiente secuencia de actividades:

- Estudio de los actuales índices de productividad de las empresas, para determinar las áreas que afectan considerablemente la productividad global de cada una de ellas.
- Analizar los diagramas de flujo de proceso de cada una de las áreas involucradas en el sistema de producción, partiendo de aquellas áreas que no contribuyen al incremento de los índices de productividad, esto con la finalidad de obtener tiempos de proceso actuales.

- Establecer las restricciones detectadas en el análisis de los flujos de proceso y plasmarlas en un documento elaborado en Microsoft Word, que será utilizado como parte del informe de diagnóstico actual.
- Entrevistas con dueños de procesos para validar información analizada de los flujos de proceso, para ello se realizará un *check list* a través del cual se espera detectar los principales problemas que tienen las áreas.
- Realizar cuadro comparativo por medio del cual se podrán visualizar aquellas diferencias en tiempos esperados detectados en la ejecución de un proceso y el tiempo actual de ejecución de los mismos.
- Archivar datos recopilados para elaboración de informe de diagnóstico actual.
- Análisis de la existencia de técnicas actuales de producción y calidad, para el control de los procesos y desperdicios dentro del sistema de producción.
- Elaboración de informe de diagnóstico actual en el cual se presentarán resultados de la información recopilada y se identificarán las causas actuales del bajo índice de productividad en cada una de las industrias que serán objeto de análisis.

Segunda fase: Objetivo específico 2

Analizar los métodos adecuados para medir la eficiencia de las industrias plásticas en Guatemala, esto se logrará realizando las siguientes actividades:

- En áreas administrativas se realizará una encuesta por medio de la cual se medirá el nivel de servicio al cliente interno, se tabularán los datos obtenidos en una hoja electrónica y los resultados serán analizados para establecer si los procesos en estas áreas son eficientes o no.
- Para las áreas operativas se realizarán balances de línea, para ello será necesario la elaboración de hojas de toma de tiempo así como la utilización de un cronómetro especial para el desarrollo de esta actividad y de acuerdo a los resultados obtenidos se analizará si la aplicación de este método es la más adecuada para medir la eficiencia.
- Se realizarán análisis de tiempos y movimientos con la finalidad de detectar aquellas actividades que no agregan valor al proceso, para ello se llevará un registro en una hoja electrónica de todas aquellas actividades que no deberían de existir en el proceso y al final del análisis se presentará una propuesta de mejora al proceso para realizar pruebas que permitan validar que el método propuesto es el más adecuado para medir e incrementar la eficiencia.

Tercera fase: Objetivo específico 3

Establecer nuevas técnicas de trabajo para reducir el porcentaje de rechazo a través del desarrollo de las actividades siguientes:

- Elaborar un listado de todas aquellas actividades que no generan valor al proceso y por lo tanto deben ser eliminadas o sustituidas por otras que generan valor. Para ello se tomará como base la información recopilada para el cumplimiento de los objetivos específicos 1 y 2.

- Elaboración de propuesta de mejoras a los procesos de producción, para ello se deberán elaborar diagramas de flujo mejorados en herramienta Microsoft Visio.
- Reunión con dueños de procesos para presentar propuesta de mejoras a procesos.
- Explicación del funcionamiento de los procesos mejorados los cuales tienen la finalidad de lograr eliminar la mayor cantidad de desperdicio, entiéndase recursos, tiempo y materia prima.
- Análisis de hojas de producción para determinar la cantidad de rechazo generado en un turno de trabajo. La principal información que se recopilará de las hojas de producción será: cantidad de producto aceptado, cantidad de producto rechazado, la fecha en que se realizó el análisis, el nombre del supervisor de turno y la eficiencia del turno de trabajo.

Cuarta fase: Objetivo específico 4

Determinar el impacto de los índices de productividad por medio de mediciones a los niveles de eficiencia y eficacia.

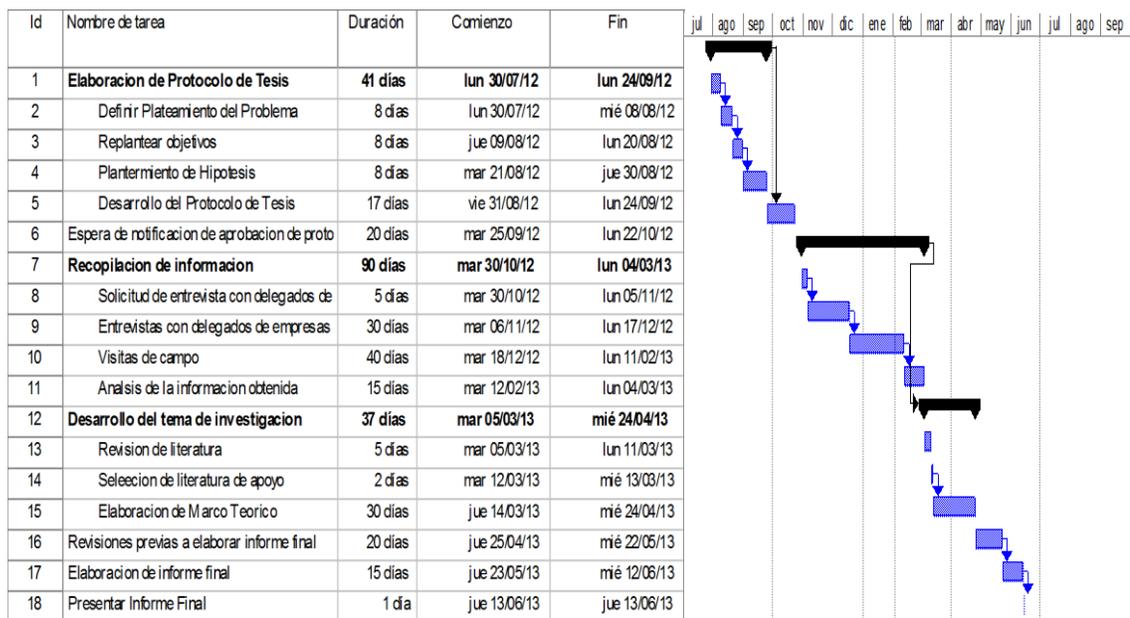
- Realizar el cálculo de la eficiencia y eficacia en cada uno de los procesos, para las áreas administrativas estos serán calculados de acuerdo al nivel de satisfacción de la encuesta se servicio.
- Tabular los datos obtenidos en hoja electrónica agregando las mediciones realizadas previamente en el informe de diagnóstico actual.

- Determinar las posibles causas del impacto que la aplicación de la propuesta llegara a tener en los índices de productividad.
- Presentación de informe final con resultados obtenidos en el cumplimiento de los objetivos propuestos.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se presenta la programación de las actividades a realizar para llevar a cabo la investigación.

Figura 1. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

11. RECURSOS NECESARIOS

Los recursos que se utilizarán para llevar a cabo la investigación son los siguientes:

- Humanos
 - Un ingeniero asesor del trabajo de investigación
 - Personal operativo industria del plástico
 - Técnico delegado por industria de rotomoldeo
 - Proveedores de materia prima
 - Un asesor del trabajo de investigación

- Materiales
 - Hojas electrónicas en Microsoft Excel para contabilizar producción real y esperada.
 - Hoja de toma de tiempos para determinar tiempos estándar del proceso.
 - Microsoft Visio, para elaboración de diagramas de flujo de proceso.
 - Calculadora Casio XF-89 para cálculo de piezas producidas por la cantidad de kilos.

- Tablero de mando o balance score card, como parte de las mejoras en la eficiencia del personal.
 - Equipo de computación
 - Lapiceros
 - Impresoras
 - Papel bond
- Tiempo
 - El tiempo estimado de la investigación es de 9 meses iniciando en el mes de octubre de 2012 a finales de junio 2013.
- Presupuesto

Tabla I. **Presupuesto**

Recurso	Monto
Combustible por visitas a empresas	Q 1 000,00
Compra de materiales para toma de datos	Q 200,00
Cronometro marca Q&Q	Q 350,00
Alimentación en visitas a industrias	Q 350,00
Compra de literatura relacionada al tema	Q 2 000,00
Telefonía	Q 500,00
Dispositivos de computación	Q 800,00
Pago asesor de la investigación	Q 2 500,00
Total Presupuesto estimado	Q 7 700,00

Fuente: elaboración propia.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Abisambra & Mantilla (2008). Aplicación de la teoría de restricciones (toc) a los procesos de producción de la planta de fundición de Imusa. Consultado Marzo 15, 2012 en <http://revistapostgrado.eia.edu.co/Revista>.
2. Baeza De León, Julio Alejandro (2007). Incremento de la productividad en una empresa dedicada a la producción de productos para acabados de la construcción (Tesis de Lic., Universidad de San Carlos de Guatemala).
3. Barrientos, Claudia María (2006). Estudio para la implementación de buenas prácticas de operación en el ingenio la Unión, como alternativa a un programa de producción más limpia (Tesis de Lic., Universidad de San Carlos de Guatemala)
4. Bengoa, G. (2002). Evaluación de impacto ambiental. 1ra. Edición. Argentina, Espacio Editorial 2002.
5. De la Barrera & González (2001) Validación de la lúdica como herramienta metodológica complementaria en la enseñanza del método de producción tradicional y del método de producción de la teoría de restricciones (TOC) para el manejo de los entornos multitarea. Consultado Marzo 16, 2012 en: <http://web.ebscohost.com/ehost>

6. Debernardo (2001). Nacimiento y evolución de la Teoría de las Restricciones (TOC). Consultado Marzo 15, 2012 en <http://www.cimatic.com.ar/toc/articulos>.
7. Deming, W. (1993). The New Economics for Industry (2ª. Edición). España: Madrid.
8. García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. 2a. Edición. McGraw Hill.
9. Goldratt, E. (1984). La meta (2da. Edición), México: México D.F.
10. González Velásquez, Eddi Orlando (2006). Directrices para el incremento de la productividad en la industria del bordado sobre prenda (Tesis de Lic. Universidad de San Carlos de Guatemala)
11. Gutiérrez, M. Administrar para la calidad: conceptos administrativos del control total de la calidad. 2da. Edición. México, Limusa, 1992.
12. Hernández Galindo, Zaida L. (2005). Principios de producción más limpia en Alimentos Kern's de Guatemala S.A. (Tesis de Lic. Universidad de San Carlos de Guatemala).
13. Hoyos (2001). Teoría de las restricciones y Eliyahu M. Goldratt. Consultado Agosto 23, 2012 en http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial.
14. Krick, E. Ingeniería de Métodos. México, Limusa, 1967.

15. Niebel, F. (2000) Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos. México, Alfa omega 2004.
16. Origuela (2008). Aplicación de la Teoría de Restricciones a un proceso Constructivo. Consultado Agosto 23, 2012 en <http://www.motiva.com.pe/Articulos/AplicacionTeoriaRestricciones.pdf>
17. Suárez (2001). Uso de la Teoría de Restricciones y manejo de colas al inicio de la gestión de la Función de Mantenimiento. Consultado Septiembre 5, 2012 en: <http://confiabilidad.net/articulos/uso-de-la-teoria-de-restricciones-y-manejo-de-colas-al-inicio-de-la-gestion/>

