



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA MANUFACTURA DE PUERTAS DE GARAJE FORJADAS, CASO DE ESTUDIO: MICROEMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA (IMEV)”

AUTORA: ANA MARÍA PILCO SALAZAR

TUTOR: ING. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE MSc

Proyecto de investigación presentada ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de **Magister en Gestión Industrial y Sistemas Productivos**

Riobamba – Ecuador

Junio, 2016

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Ana Pilco Salazar, declaro que el presente proyecto de Investigación es de mi autoría y que los resultados de los mismos son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, Junio 2016

Ing. Ana Pilco Salazar

C.I. 060427473-8



EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Proyecto de Investigación, titulado “**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA MANUFACTURA DE PUERTAS DE GARAJE FORJADAS, CASO DE ESTUDIO: MICROEMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA (IMEV).**” de responsabilidad de la Ing. Ana Maria Pilco Salazar, ha sido prolijamente revisada y se autoriza su presentación.

Tribunal:

ING. OSWALDO MARTINEZ GUASHIMA MSc.

PRESIDENTE

FIRMA

ING. IVÁN ACOSTA VELARDE MSc.

DIRECTOR

FIRMA

ING. CARLOS ALVAREZ PACHECO MSc.

MIEMBRO

FIRMA

ING. JORGE FREIRE MIRANDA MSc.

MIEMBRO

FIRMA

DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH

FIRMA

Junio, 2016

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Ana María Pilco Salazar, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Proyecto de Investigación ,y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Ana Maria Pilco Salazar

C.I. 0604274738

DEDICATORIA

A Dios por guiarme siempre por el camino correcto y regalarme cada día su bendición para alcanzar mis metas.

A mi amor Jaime Isaac y mi hijo Alejandro David, por ser mí motivo de superación cada día y gracias por el tiempo y paciencia en el desarrollo de este proyecto.

A mis padres Marcela y Rogelio, gracias por su infinito apoyo, esfuerzo y sacrificio, gracias por brindarme la mejor herencia, la educación dentro y fuera de casa.

Mis queridos hermanos, Lorena, Silvana, Jose Andres gracias por la confianza brindada y el apoyo en la ejecución de este proyecto

AnaMaría

AGRADECIMIENTO

Por el apoyo incondicional y desinteresado al Ing. Jaime Iván Acosta Velarde en calidad de amigo, compañero y tutor de tesis de grado, por su tiempo brindado.

Al Ing.. Jorge Freire y al Ing. Carlos Álvarez ya que con su aporte profesional y personal fueron parte indispensable en la culminación de este proyecto de tesis.

A la Industria Metálica VILEMA, IMEV por permitirme la ejecución de este proyecto, brindando las facilidades necesarias para la toma de datos y manejo de la información.

Y a todas las personas que me brindaron su ayuda cuando la necesite

A todos mil gracias

Ana María

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXO	xii
RESUMEN	xiii
SUMARY.....	xiv
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Sistematización del problema.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>General</i>	3
1.4.2. <i>Específicos</i>	3
1.5. Justificación.....	3
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1 <i>Teoría de Restricciones</i>	6
2.1.2 <i>El sistema DBR (DRUM, BUFFER, ROPE)</i>	11
2.1.3 <i>Tipos de restricción</i>	13
2.1.4 <i>Mejora Continua</i>	13
2.1.5 <i>Hojas de proceso</i>	18
2.1.6 <i>Diagrama de proceso</i>	19
2.1.7 <i>Productividad</i>	20
2.1.8 <i>Evaluación financiera</i>	23
CAPITULO III	
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Tipo de estudio.....	25
3.2 Población y muestra	26
3.3 Antecedentes de la empresa.....	27
3.4 Situación actual.....	28
3.4.1 <i>Descripción de los procesos de construcción de puertas forjadas de garaje</i>	35
3.5 Medición de trabajo	32
3.5.1 <i>Aplicación técnicas de cronometraje</i>	32

3.5.2	<i>Método Westinghouse</i>	33
3.6	Teoría de restricciones	43
3.6.1	<i>Identificación de restricciones</i>	43
3.6.2	<i>Análisis de Valor Agregado proceso actual</i>	44
3.6.3	<i>Detección de Restricción</i>	47
3.6.4	<i>Capacidad máxima del sistema</i>	49
3.6.5	<i>Análisis de Valor Agregado proceso de pintura</i>	50
CAPÍTULO IV.		
4	DESARROLLO DEL METODO MEJORADO	52
4.1.	Explotar restricciones	52
4.2.	Identificar nuevas restricciones	58
4.2.1	<i>Capacidad máxima del sistema</i>	58
4.2.2	<i>Análisis de Valor Agregado proceso de formado de piezas</i>	60
4.2.3	<i>Análisis de Layout y diagrama de recorrido</i>	62
4.3.	Identificar nuevas restricciones	69
4.3.1	<i>Capacidad máxima del sistema</i>	69
4.3.2	<i>Análisis de Valor Agregado proceso con propuestas</i>	71
4.4	Evaluación financiera	74
4.5	Índices de productividad	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.		
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		85
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Flujo de producción	31
Figura 2-3: AVA Actual	45
Figura 3-3: Pareto.....	48
Figura 4-3: AVA Actual pintura	51
Figura 1-4: AVA Actual formado	61
Figura 2-4: Layout	62
Figura 3-4: Recorrido.....	63
Figura 4-4: Pert	65
Figura 5-4: Valor agregado con propuesta.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6-4: Índice de producción total.....	82
Figura 7-4: Índice de producción laboral.....	82
Figura 8-4: Índice de producción por trabajador	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Simbología para diagramas de procesos	19
Tabla 1-3: Procesos y actividades para elaboración de puertas forjadas de garaje	28
Tabla 2-3: Tiempo Normal (TN).....	32
Tabla 3-3: Tiempo Normal (TN).....	34
Tabla 4-3: Suplemento IMEV	36
Tabla 5-3: Tiempo Estándar (TS).....	38
Tabla 6-3: Nivel de ruido	40
Tabla 7-3: Diagrama de procesos	41
Tabla 8-3: Resumen Tiempo Estándar (TS).....	42
Tabla 9-3: Análisis de valor agregado actual	44
Tabla 10-3: Detección de restricción	47
Tabla 11-3: Pareto	48
Tabla 12-3: Capacidad máxima actual	49
Tabla 13-3: AVA Pintura	50
Tabla 1-4: Explotar restricciones	52
Tabla 2-4: Estudio referencial horno	53
Tabla 3-4: Presupuesto horno de pintura	54
Tabla 4-4: Muestra proceso pintura	55
Tabla 5-4: TS mejorado pintura	56
Tabla 6-4: Identificación nueva restricción.....	58
Tabla 7-4: Capacidad máxima.....	59
Tabla 8-4: AVA Formado de piezas	60
Tabla 9-4: Inventario de máquinas	64
Tabla 10-4: Explotar nueva restricción	64
Tabla 11-4: Diagrama de actividades múltiple	66
Tabla 12-4: Diagrama de proceso	67
Tabla 13-4: Identificar nuevas restricciones	69
Tabla 14-4: Capacidad máxima.....	70
Tabla 15-4: AVA con propuesta	71
Tabla 16-4: Ingreso	75
Tabla 17-4: Balance de resultados inicial	75

Tabla 18-4: Egresos por propuesta.....	76
Tabla 19-4: Proyección de ingresos	76
Tabla 20-4: Egresos por propuesta.....	77
Tabla 21-4: Utilidad diferencial	78
Tabla 22-4: TMAR.....	78
Tabla 23-4: VAN	79
Tabla 24-4: TIR.....	79
Tabla 25-4: Período de recuperación de capital	80
Tabla 26-4: Relación Costo Beneficio	80
Tabla 27-4: Demanda proyectada	81
Tabla 28-4: Resumen de resultados	81
Tabla 29-4: Índices de productividad total.....	82
Tabla 30-4: Índices de productividad laboral.....	82
Tabla 31-4: Índices de productividad por trabajador	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Fotografias horno

Anexo B: Fotografias baroladora

Anexo C: Diagrama hombre máquina

RESUMEN

Se aplicó la Teoría de Restricciones para Mejorar la Productividad en la manufactura de puertas de garaje de la Microempresa: Industrias Metálicas Vilema; como primer paso, se realizó el levantamiento de información mediante la técnica de cronometraje y por medio de la observación directa en la planta; a partir de ello se realizaron los diagramas de proceso y la aplicación de la metodología del Análisis del Valor Agregado para determinar las actividades no generadoras de valor en el proceso productivo. La información inicial, indica el tiempo promedio de producción de una puerta forjada de garaje, que es 4,91 días. La información obtenida, determinó que la causa de restricción en el sistema es el proceso de pintura, para explotarla se propuso la implementación de un horno de secado, reduciéndose el proceso de pintura, a una hora; posteriormente se realizó un nuevo análisis; evidenciándose que el proceso de formado de piezas causaba la nueva restricción del sistema, con el diseño Layout se pudo observar que la planta cuenta solamente con una baroladora, para explotar la restricción se propuso integrar una nueva baroladora al proceso de producción de puertas, disminuyendo de esta manera el tiempo de esta actividad a la mitad de lo que tardaba inicialmente. Posterior a las propuestas realizadas, se obtuvo un incremento en los ingresos de la empresa, considerando que la capacidad máxima de producción subió de 13 a 27 puertas mensuales, teniendo la proyección de ingresos una TIR de 272,98% y un costo beneficio de 14,51.

Palabras clave: <PRODUCTIVIDAD>, <PUERTAS FORJADAS DE GARAJE>, <TEORÍA DE RESTRICCIONES>, <TIEMPOS DE PRODUCCIÓN>, <VALOR AGREGADO>, <EMPRESA INDUSTRIAS METALICAS VILEMA [IMEV]> <GUANO (CANTÓN)> <CHIMBORAZO (PROVINCIA) >

SUMMARY

This research was intended to apply The Restriction Theory to improve the forge garage door manufacturing productivity in the Metal Industry Vilema. In this study aim, data collecting was carried out at first through the manufacturing process timekeeping and the direct observation technique for the process diagram plotting as well as the application of the Aggregate Value Analysis methodology in order to determine non-profit activities into the forge garage door manufacturing process. The initial information, showed not only the average time required for the forge garage door production, which accounts for 4,91 days but also the cause of this production system restriction determining that it takes place in the painting process therefore it was necessary to propose the use of a drying oven to face this restriction, thus, it was tested showing 1 hour reduction in painting process time. On the other hand, a further manufacturing process exploration showed that another cause of this production system restriction was in the pieces shaping, through the Layout system it was determined that the production plant had only one baroladora therefore to face this restriction it was necessary to implement an additional one, which allows to diminish the pieces shaping process time by half in regarding the time required initially. The study results revealed that the enterprise incomes were increased after this study proposal implementation since its productivity increased 13 – 27 forge garage doors a month which was reflected in the TIR incomes projection accounting for 272,98% as well as in 14,51 cost – benefit

Research Key Words: < PRODUCTIVITY > < FORGE GARAGE DOOR > < RESTRICTION THEORY > < PRODUCTION TIME > < AGREGATED VALUE > < METAL INDUSTRY ENTERPRISE VILEMA (MIEV) > < GUANO CANTON > < CHIMBORAZO PROVINCE >

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación denominado: “Mejora de la Productividad mediante la aplicación de la teoría de restricciones en la manufactura de puertas de garaje forjadas, caso de estudio: Microempresa Industrias Metálicas Vilema (IMEV)”;

nace de la necesidad de mejorar los tiempos de entrega de producto a los clientes de la empresa, de tal manera que es necesaria la realización de un estudio del proceso global de elaboración de puertas forjadas en la industria IMEV, tomando como herramienta base la Teoría de Restricciones, misma que hace referencia a cualquier elemento que limite al sistema de producción en el cumplimiento de su meta, es decir, para el caso de IMEV, la restricción limita a la empresa en la generación de ganancias sustentables.

Cuando la demanda de puertas forjadas sobrepasa la capacidad de producción semanal (3 puertas), no se logra entregar a tiempo a los clientes; teniendo un índice aproximado de pedidos entregados dentro del tiempo ofrecido del 64%.

El presente estudio pretende elaborar una propuesta para explotar las restricciones existentes en el proceso productivo de puertas forjadas de garaje.

El proceso presenta un problema potencial de programación de su capacidad, por esta razón es necesario identificar y tratar las restricciones en base a la aplicación TOC, con el propósito de alcanzar sus objetivos organizacionales.

1.1. Planteamiento del problema

Hoy en día todas las empresas buscan implementar procesos de mejoramiento continuo basados en la utilización de técnicas y herramientas que les permitan generar ventajas competitivas; de otro modo, si las empresas no se ajustan a las tendencias actuales de los mercados, no podrán garantizar una permanencia sostenible. Para que un país sea competitivo es necesario aplicar las ideas innovadoras en hechos concretos que se traduzcan en beneficios tangibles, económicamente viables y sostenibles en el tiempo; es decir dar un salto de las ideas a la realidad, de pensar a hacer.

Industrias IMEV es una empresa ubicada en el cantón Guano, misma que tiene como actividad principal la fabricación de puertas forjadas de garaje, para lo cual cuenta con talento humano experimentado en toda la línea de producción y en procesos de apoyo, aunque con poco conocimiento técnico acerca de herramientas de gestión con las que se podría incrementar su productividad. Actualmente en IMEV debido a la carencia de herramientas y técnicas de gestión adecuadas, se da como resultado tiempos de producción altos, ya que en promedio, la línea de producción de puertas tarda al menos 5 días (40 horas) para la fabricación de una puerta forjada de garaje. Además se presenta un índice de productividad de 0,275 puertas por hora hombre, lo cual a su vez refleja que la producción tiene cuellos de botella, dados por la falta de planificación de la producción, afectando directamente a la calidad del producto y por ende a la satisfacción de los clientes.

Conforme a lo mencionado es necesaria la realización de un estudio del proceso global de elaboración de puertas forjadas en la industria IMEV, tomando como herramienta base la Teoría de Restricciones, misma que hace referencia a cualquier elemento que limite al sistema de producción en el cumplimiento de su meta, es decir, para el caso de IMEV, el cuello de botella limita a la empresa en la generación de mayores ganancias.

1.2. Formulación del problema

¿La aplicación de la teoría de restricciones, permite la identificación de factores que afectan el proceso productivo en la elaboración de puertas forjadas en la empresa IMEV de la ciudad de Riobamba?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los métodos o procedimientos que actualmente se utilizan en la producción de puertas forjadas de hierro en IMEV?
- ¿De qué manera se puede identificar las actividades críticas en el proceso de elaboración de puertas forjadas?
- ¿Cuál es el método que me permite optimizar la productividad?
- ¿De que manera influye la teoría de restricciones en la elaboración de un método mejorado?

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Mejorar la productividad mediante la aplicación de la teoría de restricciones en la manufactura de puertas de garaje forjadas, caso de estudio: Microempresa Industrias Metálicas Vilema (IMEV)

1.4.2. Específicos

- Identificar los métodos y procedimientos involucrados en la fabricación de puertas forjadas.
- Aplicar la teoría de restricciones en los procesos de elaboración de puertas forjadas con el fin de identificar los cuellos de botella existentes.
- Diseñar el método de trabajo más eficiente basado en la identificación de las actividades críticas.
- Evaluar e implementar el método mejorado en la elaboración de puertas de garaje forjadas.

1.5. Justificación

La presente investigación tiene como propósito principal fomentar la productividad en la fabricación de puertas de garaje forjadas en la empresa IMEV, alineándose de esta manera al objetivo N°10 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, mismo que hace referencia a lo siguiente:

“Impulsar la transformación de la matriz productiva, diversificando y generando mayor valor agregado en la producción nacional a través de la consolidación de la transformación productiva de los sectores prioritarios industriales y de manufactura, con procesos de incorporación de valor agregado que maximicen el componente nacional y fortalezcan la capacidad de innovación y de aprendizaje colectivo; de igual forma promoviendo la intensidad tecnológica en la producción primaria, de bienes intermedios y finales, articulando la investigación científica, tecnológica y la educación superior con el sector productivo” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013, p. 9)

Muchas empresas de manufactura apenas pueden mantenerse en su mercado, e incluso pierden posicionamiento en el mismo, debido a la ausencia de personal que sepa planificar de manera integrada toda la cadena de suministros. Ser un planificador, requiere un dominio en las técnicas y herramientas de gestión, es decir, hace falta invertir en conocimientos, para dominar los Modelos de Gestión de vanguardia que existen en el mercado y que permiten gestionar los procesos empresariales. Ese vacío teórico podrá ser cubierto por la propuesta de modelo en la presente investigación, ya que a través de ella las personas competentes en las empresas podrán familiarizarse, entrenarse y aprender a planear bajo el Modelo de Gestión de Teoría de Restricciones, lo cual permitirá que los ejecutivos de empresas manufactureras e inclusive estudiantes universitarios vinculados con las Ciencias Administrativas, no solo dominen las técnicas soportadas en ese Modelo, sino puedan ver y palpar de mejor manera los efectos de no equilibrar apropiadamente los recursos escasos (cuellos de botella), y controlar apropiadamente el flujo productivo.

Del estudio realizado en IMEV se tiene como resultado la creación de un modelo basado en la aplicación de la teoría de restricciones en el proceso de elaboración de puertas forjadas de garaje, por medio del cual se pueda identificar la restricción del proceso, en otras palabras, determinar los cuellos de botella existentes que impiden operar el máximo de la capacidad instalada de la planta, por ende se podrán proponer mejoras al sistema productivo, optimizando así la producción y asignando eficientemente el personal en cada puesto de trabajo junto con los recursos necesarios.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La Teoría de Restricciones nació como solución a un problema de optimización de la producción y, hoy en día se ha convertido en un concepto evolucionado que propone alternativas para integrar y mejorar todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios (Thrumán & Louzinek, 1998, p. 4)

La teoría de restricciones (TOC) fue creada por el Dr. Eli Goldratt en 1979 y desde entonces ha evolucionado hasta convertirse en la mejor forma de administrar cualquier tipo de empresa.

TOC ha desarrollado algunas aplicaciones en diversas áreas de la gestión de empresas tales como:

Finanzas: Contabilidad de Throughput

Operaciones: “Tambor-Amortiguador-Cuerda” que permite focalizar la producción en el recurso escaso.

La Cadena de Abastecimiento: Ha desarrollado un novedoso sistema de medición.

En Proyectos: La “Cadena Crítica” que permite reducir sustancialmente el tiempo de ejecución de un proyecto.

En marketing: Se ha desarrollado una metodología que ayuda a encontrar la forma de incrementar el valor percibido por el cliente.

Para resumir, se puede decir que TOC constituye una filosofía de gestión de mejoramiento continuo y se focaliza en las restricciones del sistema, ya que ellas determinan el resultado de la organización.

La teoría de restricciones ha demostrado por medio de su aplicación en empresas como General Motors, Ford Motor, Texas Instruments, Harris Corporation, Lucent-Bell, etc, que se pueden obtener resultados exitosos.

2.1.1 *Teoría de Restricciones*

Según lo manifiesta Goldratt (1993), es todo un proceso de mejoramiento continuo, basado en un pensamiento sistémico, que ayuda a las empresas a incrementar sus utilidades con un enfoque simple y práctico, identificando las restricciones para lograr sus objetivos, y permitiendo efectuar los cambios necesarios para eliminarlos. (Lapore & Cohen, 2002, p. 11).

Para desarrollar el proceso de mejora continua propuesto por Goldratt, la Teoría de Restricciones se basa en el siguiente ciclo compuesto por cinco pasos: (Lapore & Cohen, 2002, p. 11)

- Identificar la (s) restricción (es) del sistema.
- Decidir cómo explotar la (s) restricción (es) del sistema.
- Subordinar todo lo demás a la decisión anterior.
- Elevar la (s) restricción (es) del sistema.
- Si se ha roto la limitación, Identificar la (s) restricción (es) del sistema.

2.1.1.1 *Identificar la (s) restricción (es) del sistema.*

Significa encontrar los puntos, los recursos que no son suficientes, con el objetivo de definir en qué medida estos limitan el desempeño general del sistema. En este paso se debe tener presente que: (Lapore & Cohen, 2002, p. 13)

- El número de restricciones es sumamente limitado;
- No desperdiciar el uso de una restricción;
- Se debe apreciar el valor de la magnitud del impacto de las restricciones sobre la organización;

2.1.1.2 *Decidir cómo explotar la (s) restricción (es) del sistema.*

Explotar simplemente significa sacar el mayor provecho, no malgastar la limitación; las no restricciones deben surtir todo lo que el proceso limitante debe o necesita consumir, pero no más. (Lapore & Cohen, 2002, p. 14)

2.1.1.3 *Subordinar todo lo demás a la decisión anterior.*

La subordinación define el rol de las operaciones que no están limitadas. Su propósito es proteger el conjunto de decisiones relativas a la explotación de las limitaciones durante las operaciones diarias, es decir, en este espacio se debe abrir la (s) restricción (es) del sistema. (Lapore & Cohen, 2002, p. 15)

2.1.1.4 *Elevar la (s) restricción (es) del sistema.*

Significa que es el momento de: (Lapore & Cohen, 2002, p. 17)

- Levantar la (s) limitación;
- Agregar más y más de las cosas que no teníamos lo suficiente;
- Romper la (s) restricción (es);
- hacer avanzar la compañía;

2.1.1.5 *Si se ha roto la limitación, Identificar la (s) restricción (es) del sistema.*

Si se siguen con éxito los cinco pasos y en especial no se permite que la inercia frene el proceso, una organización puede romper la limitación una tras otra y seguir progresando. No se debe permitir que la inercia provoque una limitación del sistema. Si se ha roto una limitación, inmediatamente algo pasará a convertirse en una limitación.

Dettmer (1997) concluye que una restricción conocida también como cuello de botella, se define como cualquier elemento que está limitando al sistema en el cumplimiento de la meta para la que fue creado, es decir, para el caso de empresas con fines de lucro, generar ganancias sustentables. Se distinguen dos tipos de recursos productivos: (Dettmer, 1997, p. 87)

- **Recurso Restricción (RRC):** es aquel cuya capacidad es menor o igual a la demanda que hay de él.
- **Recurso no Restricción:** es aquel cuya capacidad es mayor que la demanda que hay de él.

De acuerdo a (Berrío, 2008, p. 176), cuando un sistema no puede generar más rentabilidad es porque algo se lo está impidiendo, esto es debido a las restricciones que pueden ser una persona, un equipo, una máquina, una pieza, una política de la empresa, la ausencia de alguna herramienta de apoyo, etc.

Las restricciones no son negativas ni positivas, son una realidad puesto que en una gran cadena de recursos interdependientes solo unos pocos de ellos, los cuellos de botella (o restricciones) condicionan la salida de toda la producción, es por ello que hay que utilizarlos para manejar el flujo del sistema productivo.

Según Goldratt (1993), lo que determina la capacidad de la planta es la capacidad del recurso con restricción de capacidad, por lo que se debe balancear el flujo de todos los recursos productivos al ritmo del cuello de botella y aprovechar el tiempo al máximo pues una hora perdida en este tipo de recursos es una hora perdida en todo el sistema productivo. Las empresas que utilizan la Teoría de Restricciones como herramienta para el mejoramiento continuo de sus procesos logran fortalecer su competitividad a nivel de calidad, servicio al cliente y bajo costo; logran también la reducción en el tiempo de entrega, mejora en el cumplimiento de las fechas de entrega, reducción en los inventarios, incremento de las ventas y el incremento de las utilidades netas. (Lapore & Cohen, 2002, p. 75)

A nivel general, la Teoría de Restricciones se desarrolla en procesos de pensamiento así como en aplicaciones a distintas áreas entre las cuales se distinguen la producción, finanzas, administración de proyectos, marketing, ventas, sistemas de distribución, recursos humanos, entre otros. (Lapore & Cohen, 2002, p. 75)

En base a Aguerre (2009), para explotar la restricción es preciso sacarle lo que más se pueda al recurso restricción o cuello de botella sin perder tiempo, es decir, se debe obtener el máximo rendimiento del recurso con restricción de capacidad dentro de las 8 horas laborables pues se conoce que cualquier minuto perdido en el rendimiento del recurso con restricción de capacidad repercute en el nivel de producción de todo el sistema. (Kofman, 2006, p. 87)

La reducción del lote de transferencia definido como la cantidad de unidades que pasan a la siguiente operación, es otra manera de explotar la restricción ya que si éste se reduce y es el mismo para cada operación, se necesita menos tiempo de procesamiento total en el sistema y se logra disminuir el inventario en proceso lo que a su vez contribuye a agilizar de alguna manera el proceso y resolver problemas de manera rápida.

La continuidad en la búsqueda de la mejora requiere de un sistema de medición y de un método que involucre y fomente la participación del personal. Para definir el sistema de medición se requiere definir el sistema de indicadores de la meta. En TOC, la meta de una empresa es ganar dinero ahora y siempre. (Kofman, 2006, p. 90)

De acuerdo a Goldratt (1993), la medición de la meta se realizará a través de los indicadores como el Throughput (T), Gastos Operativos (GO), Inventarios (I). (Lapore & Cohen, 2002, p. 78)

2.1.1.6 *Throughput (T)*

Goldratt (2002), define como: La velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas. Mide cuánto dinero genera el sistema tomando en cuenta: (Lapore & Cohen, 2002, p. 92)

- Utilidades a través de ventas
- Ingresos como intereses cobrados
- Regalías por patentes, etc.

El Throughput asociado a un producto se define matemáticamente con la siguiente fórmula:

$$T=N(PV-CTV)$$

Siendo:

T: Throughput

N: Cantidad de unidades cobradas en un período.

PV: Precio de venta del producto

CTV: Costos Totalmente Variables. Son aquellos que aumentan de manera directamente proporcional con el volumen de ventas, tales como materias primas y componentes, servicios de terceros, comisiones por ventas, pago por proyecto, etc. (Lapore & Cohen, 2002, p. 97)

2.1.1.7 *Gastos Operativos (GO)*

Es todo el dinero que el sistema gasta en convertir el inventario en Throughput. (Lapore & Cohen, 2002, p. 99).

Son todos los gastos directamente proporcionales con las ventas. Es decir los gastos en los que la empresa incurre aunque no venda. Por ejemplo: sueldos y jornales (semanales, mensuales,

etc.), amortizaciones, arrendamiento, materias primas, cuotas de préstamos, pagos de servicios públicos, etc..

Los Gastos Operativos tienen la siguiente fórmula:

$$GO=SUELDO+GASTO DE FABRICACIÓN$$

2.1.1.8 Inventario (I)

Es todo el dinero que el sistema invierte en elementos que se propone vender. (Lapore & Cohen, 2002, p. 103)

Inventario es el dinero almacenado o retenido dentro del sistema. Algunos componentes del inventario son: stocks de materias primas, de material en proceso y de productos terminados, edificios propios, maquinaria, dinero en efectivo, patentes, clientes por cobrar, etc. Así definida, la Inversión consiste en todos aquellos elementos que pueden transformarse en dinero mediante su venta.

TOC sostiene que cualquier valor que se asigne a estos elementos es inexacto, ya que solo cuando alguien los compra se sabe cuánto valen realmente. Los criterios de evaluación de Inversión que usa TOC están enfocados, al igual que todas las medidas de desempeño definidas en la metodología, a inducir a las personas de la organización a actuar según lo que es bueno para el sistema y a disuadirlas de actuar según lo que es malo para el sistema. Estos inventarios son también conocidos como Inversiones operativas (Lapore & Cohen, 2002, p. 103)

Beneficio Neto: Su fórmula corresponde a la sumatoria de todo el Throughput de un período, por ejemplo 1 mes y la resta de todos los Gastos Operativos correspondientes a ese periodo. (Lapore & Cohen, 2002, p. 103)

$$BENEFICIO NETO= THROUGHPUT – GASTOS OPERATIVOS$$

Para todo esto, se plantea como objetivo el identificar la restricción del proceso productivo de elaboración de puertas forjadas de garaje y elaborar una propuesta para la mejora continua en virtud de explotarla utilizando TOC.

2.1.2 El sistema DBR (DRUM, BUFFER, ROPE)

Es un proceso que se podría describir de la siguiente manera:

1. Programar las entregas de productos a los clientes utilizando las fechas de entrega.
2. Programar las restricciones de capacidad considerando los programas de entrega.
3. Optimizar los programas de las restricciones de capacidad.
4. Programar el lanzamiento de las materias primas y componentes teniendo en cuenta los programas de las restricciones.

Los detalles del proceso de programación de la producción dependen de cada caso en particular y deben ser tenidos en cuenta en caso de una implementación manual. En caso de una implementación apoyada por un software comercial basado en TOC, éste ya contempla la gran mayoría de las peculiaridades de cada sistema productivo.

2.1.2.1 Bases Del Modelo DBR

En todas las plantas hay algunos recursos con capacidad restringida. El método DBR reconoce que dicha restricción dictará la velocidad de producción de toda la planta. El principal recurso con restricción de capacidad será tratado como "el tambor" que es el que marcará la velocidad de producción de toda la planta. También se necesitará establecer " un amortiguador " de inventario frente al factor limitativo. Este amortiguador protegerá el throughput de la planta de cualquier perturbación que se produzca en los factores no cuellos de botella. Y finalmente, para asegurarse que el inventario no crezca más allá del nivel dictado por el amortiguador, deberá limitarse la velocidad a la cual se liberan materiales a la planta. Debe amarrarse " una cuerda " desde el cuello de botella a la primera operación; en otras palabras la velocidad a la cual se liberaran materiales a la planta será gobernada por la velocidad a la cual está produciendo el cuello de botella.

2.1.2.2 Etapas Del Modelo DBR

Supuesto: una parte del producto pasa por varias máquinas y solo una es cuello de botella. Y esta parte se ensambla con otra que se adquiere directamente a un tercero formando el producto final. (Dettmer, 1997, p. 143)

- a) El primer paso será programar la producción del recurso cuello de botella (C.B.) tomando en cuenta su capacidad limitada y la demanda de mercado que está tratando de atender.
- b) El segundo paso será programar la producción de los restantes recursos que no son C.B.
- c) Programar las operaciones subsiguientes al C.B. es una tarea sencilla. Una vez que una parte se termina en un C.B. se programa la operación siguiente. Cada operación subsiguiente incluyendo la del ensamble, simplemente se inicia cuando termina la operación anterior.
- d) Lo complicado es programar las operaciones precedentes y proteger al C.B. de las perturbaciones que se puedan producir en los recursos anteriores.
- e) Sobre el supuesto de que la mayoría de las perturbaciones posibles no superan los dos días de trabajo, una protección de tres días en el amortiguador de tiempo será más que suficiente para proteger el throughput del cuello de botella.
- f) El paso siguiente es programar, remontándonos hacia atrás en el tiempo, partiendo del cuello de botella. Se programará la operación inmediatamente precedente al C.B. de manera que termine las partes necesarias tres días antes de que estén programadas para ser utilizadas en el C.B.
- g) Cada una de las operaciones precedentes se programará en retrospectiva de manera semejante para que todas las partes estén disponibles justo a tiempo para la siguiente operación.
- h) De esta manera, se puede generar un programa y un amortiguador de tiempo que satisfaga todos los requerimientos del esquema. Cualquier perturbación en las operaciones precedentes, que pueda superarse dentro del amortiguador de tiempo, no afecta el throughput de la planta.
- i) Resta definir como se compran (cantidad y periodicidad) la otra parte del producto que forma parte del producto final a través del ensamble.
- j) Lo importante es generar también un stock amortiguador de esta parte frente a la operación de ensamble que requieran de una parte del C.B. para conformar el producto final. El

propósito de este amortiguador será proteger el programa de ensamble contra las perturbaciones que puedan ocurrir en abastecimientos de las partes que no pasan por el C.B.

2.1.3 Tipos de restricción

Restricción es cualquier elemento que limita al sistema en el logro de su meta de generar dinero. Todo sistema o empresa tiene restricciones.

Restricción de Mercado: La demanda máxima de un producto está limitada por el mercado. Satisfacerla depende de la capacidad del sistema para cubrir los factores de éxito establecidos (precio, rapidez de respuesta, etc.).

Restricción de Materiales: El Throughput se limita por la disponibilidad de materiales en cantidad y calidad adecuada. La falta de material en el corto plazo es resultado de mala programación, asignación o calidad.

Restricción de Capacidad: Es el resultado de tener equipo con capacidad que no satisface la demanda requerida de ellos.

Restricción Logística: Restricción inherente en el sistema de planeación y control de producción. Las reglas de decisión y parámetros establecidos en éste sistema pueden afectar desfavorablemente en el flujo suave de la producción.

Restricción Administrativa: Estrategias y políticas definidas por la empresa que limitan la generación de Throughput.

Restricción de Comportamiento: Actitudes y comportamientos del personal. La actitud de "ocuparse todo el tiempo" y la tendencia a trabajar lo fácil.

2.1.4 Mejora Continua

El autor (Kofman, 2006, p. 36), plantea que "las organizaciones se crean con un propósito determinado ya que ninguna ha sido creada exclusivamente para su existencia. Esta se fundamenta de manera más explícita al analizar que en las organizaciones se coordinan todos aquellos recursos destinados a obtener un resultado o lo que es lo mismo, se constituyen las

partes con vistas a lograr un resultado final, es decir, que toda verdadera organización supone una finalidad consciente, se basa en la ordenación, con fines precisos, de un conjunto de condiciones que regulan tanto las relaciones entre los hombres como la de éstos con el resto de los recursos de la organización, si ello no funciona, predominará el desorden, la irregularidad y la falta de coordinación y, por tanto, la necesidad de emprender un Proceso de Mejora Continua (PMC)”.

La Mejora Continua es una filosofía de trabajo y de vida, que apunta al desafío permanente de las metas establecidas para alcanzar niveles superiores de efectividad y excelencia que logren la satisfacción y el deleite de los clientes, mejores resultados para la organización, la comunidad y mejor calidad de vida para los empleados.

O en otras palabras: “La mejora continua es un sistema y filosofía gerencial que organiza a los empleados y procesos para maximizar el valor y la satisfacción para los clientes.

Como sistema gerencial global, la mejora continua provee una serie de herramientas y técnicas que pueden conducir a resultados sobresalientes si se implementan consistentemente durante un período de varios años.” Actualmente es impensable el desarrollo y aún supervivencia de una organización que no apunte a la mejora continua. (Kofman, 2006, p. 37)

2.1.4.1 *Procesos de Mejora Continua*

EL PMC no es más que tomar medidas que eliminen las limitaciones que tienen las organizaciones, para su mejoramiento en todas las esferas, considerando que toda organización tiene al menos un número pequeño de limitaciones. Estas medidas deben tomarse de forma continuada y para ello se necesita el esfuerzo de las personas relacionadas directa o indirectamente con la producción de la empresa. Cuando se aplica el PMC se debe involucrar a todos: gerentes y trabajadores por igual. Este proceso requiere de conocimiento y superación de dicho personal.

Si una organización requiere mejorar su rendimiento, tendrá que emprender un proceso de mejoramiento continuo. Cada palabra de este término tiene un mensaje específico:

proceso: indica una secuencia relacionada de acciones, pasos, y no tan solo un conjunto de ideas; mejoramiento: significa que este conjunto de acciones incrementa los resultados de rentabilidad de la empresa, partiendo de variables que son apreciadas por el mercado (calidad,

servicios, volumen, surtidos, plazos y precios) y que dan una ventaja diferencial a la empresa en relación con sus competidores; y continuo: implica que todo medio de competencia en donde los competidores hacen movimientos para ganar una posición en el mercado, la generación de ventajas debe, ser constante. (Ochoa & Arana, 1997, p. 61)

Goldratt, 1991, define como mejora continua... “cualquier cosa que mejore el resultado global, las utilidades, es una mejora. Cualquier otra cosa sirve para alimentar nuestros egos. La mejora continua, afirma, requiere de un brinco hacia el throughput. Pero no es suficiente que una parte de la compañía haga ese salto. Todas las funciones y niveles de la organización lo deben hacer juntos. (Lapore & Cohen, 2002, p. 102)

Toda mejora es un cambio. Y cualquier cambio, se percibe como una amenaza a la seguridad”. Por lo tanto, las empresas que buscan introducir un cambio deben encontrar formas para sobreponerse a la resistencia emocional natural que surge con todo aquello que parece amenazar la seguridad personal.

Goldratt, 1995 plantea, “La única salida es cortar el lazo entre mejora, que es lo positivo, y cambio, que se percibe como negativo.

Uno de los principales aliados de una empresa es la intuición de sus propios empleados. Al desencadenar la intuición, la gente se convierte en dueña del cambio, así se corta el lazo”. (Lapore & Cohen, 2002, p. 102)

Para eliminar limitaciones y mejorar el rendimiento de cualquier organización debe emprenderse un PMC, que todos ellos de forma general pretenden:

- Definir las metas a alcanzar, de atacarse o eliminarse las causas evaluadas y priorizarlas
- Analizar las causas y factores raíces que implican aquellas desviaciones y priorizarlas según su influencia
- Definir las acciones y proyectos para eliminar las causas o superar las deficiencias;
- Implantar las acciones y hacer seguimiento de su impacto, revisarlas, modificarlas e intensificarlas según se esté logrando o no el resultado;
- Determinar los niveles de productividad y calidad y su desviación;
- Evaluar los resultados y la nueva situación lograda;
- Reconocer y premiar los logros alcanzados;
- Iniciar un nuevo ciclo.

Por lo anteriormente planteado es que diferentes autores se han dado a la tarea de definir cómo desarrollar un proceso de mejora continua. Se definen cinco pasos necesarios para el mismo.

1. Enderezar: lo cual incluye diferenciar entre lo innecesario y lo necesario y descartar lo innecesario.
2. Poner las cosas en orden: las cosas que deben permanecer en orden de manera que estén listas para ser utilizadas cuando se necesiten.
3. Limpieza: este paso consiste en mantener limpio el local de trabajo.
4. Aseo personal: hacer del aseo y la pulcritud un hábito, comenzando por la propia persona.
5. Disciplina: significa seguir los procedimientos en el taller.

Los pasos a seguir para enfrentar un PMC planteado por IMAI constituyen preceptos muy generales.

Por su parte Martínez (1990), enfatiza que: esa empresa cuyo objetivo sea alcanzar la excelencia y convertir la fabricación en una fuente de innovación y de ventaja competitiva debe emprender las siguientes fases:

- Cambios en las operaciones.
- Cambios en el sistema de fabricación.
- Cambios en la organización en su conjunto.

Aunque los autores consideran que no es necesario actuar en estas fases simultáneamente.

Estos puntos constituyen una forma de enfocar un PMC de una manera global.

Por otro lado los maestros de la calidad, Ishikawa (1988), Deming (1989), Jurán (1990) y Crosby (1991) plantean las características esenciales de los factores presentes en todo proceso de cambio explicado desde diferentes puntos de vista, pero que tienen puntos en común:

1. La inspección nunca es la solución para el mejoramiento de la calidad, ni tampoco lo es la actitud policial

2. La participación y el liderazgo de la alta dirección son esenciales para generar la tan necesaria cultura en la que todos se comprometen a lograr la calidad;
3. Un programa para evaluar la calidad requiere del esfuerzo y de un compromiso a largo plazo, de toda la organización, además de la inversión necesaria para la capacitación;
4. La calidad es lo primero y los calendarios de trabajo son secundarios;
5. Poner en práctica nuevas estrategias orientadas a la solución de problemas;
6. El problema está en el sistema y sólo la dirección puede cambiar el sistema.

2.1.4.2 *Análisis de Valor*

Es una herramienta de mejora continua enfocada a ser un método ordenado y creativo para aumentar el valor de un producto o servicio. El valor de un producto o servicio es el resultado de observar cómo consigue su función en relación al costo del mismo.

Para dar inicio al proceso se debe localizar donde se encuentran las oportunidades posibles (reducciones de costos), determinando cuál de ellas tiene el mayor potencial, pues siempre es posible encontrar medios menos caros para realizar las mismas funciones, lo que hace esencial conocer la definición más clara y sencilla de las funciones que deben ser realizadas. (Hay, 2002, p. 118)

Para llevar a cabo este proceso se necesita buscar la función principal, el análisis de valor debe ser razonable y crítico, se deben tratar hechos ya pasados y plantearse preguntas como quien, como, cuando, donde y porque. Hay que tratar de averiguar cuál es el costo de cada proceso y reunir especificaciones. Con toda esta información se deben plantear en que puntos del proceso se pueden ahorrar costes en el proceso.

Se pueden establecer cuatro tipos de funciones relativas: (Hay, 2002, p. 118)

- **Al usuario:** se podría definir como la acción y el efecto del producto para satisfacer las necesidades de los clientes, este crear un valor hacia afuera.
- **Al producto:** en este caso son acciones y efectos que generan cada componente del producto asegurandolas funciones relativas al usuario.

- **De uso:** se suelen designar a las mas habituales, son aquellas que se van a esperar de ese producto y se encargan de dar seguridad.
- **De estima:** se refieren a aquellas funciones que sobrepasan las necesidades del cliente, en este caso estaríamos hablando de comfort, imagen, moda...aún así este tipo de funciones son demandadas por el cliente.

Una vez fijados los puntos de actuación se deberán hacer seguimientos y evaluación de los mismos, se puede realizar mediante estadística, plantearse si se logro el fin buscado, tomar registro de datos y compararlos con los anteriores y sobre todo comprobar que está acorde a los beneficios de la empresa.

2.1.5 Hojas de proceso

Es un documento donde se recogen las actividades que se han de realizar para completar un proceso de trabajo. La hoja de proceso de una pieza es una hoja informativa en la que se recogen todas las características necesarias para su fabricación, operaciones a realizar y su secuencia de trabajo, tratados de forma secuencial, y con un proceso lógico y estudiado de fabricación, máquinas que intervienen en su mecanizado, herramientas que se han de utilizar y sus características, así como los cálculos técnicos, etc. (Groover, 1997, p. 85)

Depende del tipo de empresa y de qué producto se fabrique o trabaje, las hojas de proceso pueden variar unas de otras en cuanto a forma y contenido, aunque básicamente tienen la misma función, informar de los pasos que se han de seguir para fabricar una pieza en el taller desde que se coge el material en bruto, hasta que se termina.

Al realizar la hoja de proceso hay que calcular todos los datos y parámetros de trabajo que son necesarios para la realización del mismo y en toda hoja de proceso debe tener:

- a) El plano de la pieza.
- b) Número de fase
- c) Operaciones a realizar
- d) Máquinas a utilizar.
- e) Herramientas.
- f) Tiempo necesario.
- g) Material.






- h) Un cajetín con los datos.
- i) Los procesos de trabajo más comunes en el taller de metal son:
- j) Los procesos de mecanizado o fabricación de piezas.
- k) Los procesos de montaje y desmontaje de elementos mecánicos.
- l) Los procesos de control de calidad para verificación y control de piezas y maquinaria.

2.1.6 Diagrama de proceso

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes. (Groover, 1997, p. 99)

De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes tolerancia y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso. El diagrama de operaciones de proceso permite exponer con claridad el problema, pues si no se plantea correctamente un problema difícilmente podrá ser resuelto. (Fernández, 2012, p. 65)

Tabla 1-2: Simbología para diagramas de procesos

	OPERACIÓN	Se emplea para los actos de asir, sujetar, utilizar, soltar, etc, una herramienta, pieza o material.
	TRANSPORTE	Se emplea para representar el movimiento de la mano (o extremidad) hasta el trabajo, herramienta, material o desde uno de ellos.
	ESPERA	Se emplea para indicar el tiempo en que la mano o extremidad no trabaja (aunque quizá trabajen las otras).
	SOSTENIMIENTO (Almacenamiento)	Con los diagramas bimanuales no se emplea el término almacenamiento, y el símbolo que le correspondía se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando.
	INSPECCIÓN	El símbolo de inspección no se emplea casi, puesto que durante la inspección de un objeto los movimientos de la mano vienen a ser "operaciones" a los efectos del diagrama. Sin embargo, a veces resulta útil emplear el símbolo inspección para hacer resaltar que se examina algo.

Fuente: (Groover, 1997, p. 99)

El formulario de diagrama deberá comprender:

- a. Espacio en la parte superior para la información habitual.
- b. Espacio adecuado para el croquis del lugar de trabajo (equivalente al del diagrama de recorrido que se utiliza junto con el cursograma analítico) o para el croquis de la plantilla, etc.
- c. Espacio para el movimiento de ambas manos.
- d. Espacio para un resumen de movimientos y análisis del tiempo de inactividad.

Existen operaciones en donde los movimientos son demasiado repetitivos y rápidos, siendo que para realizar su análisis no podría funcionar eficientemente el medio visual del analista de métodos. Por ello se realizan estudios de micromovimientos, que es el término aplicado a la subdivisión de una operación en sus elementos básicos o therbligs y a la medida cuantitativa de sus tiempos. Este estudio se realiza registrando la operación de una película fotográfica y empleando un procedimiento para medir el tiempo que ocupa cada therblig. El método más usado es la película cinematográfica con un micrómetro en el campo de acción fotografiado, o tomando la película a una velocidad constante y determinando el intervalo para cada therblig contando el número de cuadros de la película que han transcurrido entre el comienzo y la terminación del therblig. (Groover, 1997, p. 103)

2.1.7 Productividad

La productividad es una medición básica del desempeño de las economías, industrias, empresas y procesos. La productividad es el valor de los productos (bienes o servicios), dividido entre los valores de los recursos (salario, costo de equipo y similares) que se han usado como insumos. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2000, p. 67)

La transformación de los recursos da como resultado los bienes y servicios, mientras más eficiente sea la transformación, más productiva será la organización y mayor será el valor agregado a los productos. La productividad, es la razón entre los productos obtenidos (bienes y servicios) y los insumos utilizados (mano de obra, capital, etc.). La misión de los directivos es dirigir todos los esfuerzos para mejorar la razón entre salida e insumo y por ende mejorar la productividad, que significa mejorar la eficiencia en el uso de los recursos. (Heizer & Barry, 2005, p. 187)

2.1.7.1 *Factores internos y externos que afectan la productividad*

Factores Internos:

- Terrenos y edificios
- Materiales
- Energía
- Máquinas y equipo
- Recurso Humano

Factores Externos

- Disponibilidad de materiales o materias primas
- Mano de obra calificada
- Políticas estatales relativas a tributación y aranceles
- Infraestructura existente
- Disponibilidad de capital e intereses
- Medidas de ajuste aplicadas

2.1.7.2 *Enfoques de productividad*

- Mantener igual los resultados y disminuir los recursos.
- Aumentar la producción manteniendo los mismos costos.
- Combinar el aumentar la producción junto con el disminuir costos.

Estrategias de proceso

Los bienes y servicios se obtienen utilizando alguna variante de una de las siguientes estrategias de procesos: enfoque al proceso, enfoque repetitivo, enfoque a producto y personalización en masa. (Heizer & Barry, 2005, p. 189)

Enfoque al proceso

El 75% de la producción global está asignada a producir un bajo volumen de una alta variedad de productos. Estas disposiciones se establecen en torno a actividades o procesos específicos que permite la personalización. En una industria, estos procesos podrían ser departamentos o

secciones. En una dependencia, los procesos podrían ser pagos, ventas, y nóminas. Estas infraestructuras están enfocadas a procesos en cuanto a equipamiento, layout y control. Suministra un alto grado de flexibilidad de productos, pues los bienes o servicios se mueven en forma discontinua entre los procesos. Estos procesos se diseñan para desarrollar una amplia variedad de actividades y hacer frente a frecuentes cambios. A este enfoque también se denomina procesos intermitentes. (Heizer & Barry, 2005, p. 189)

Enfoque repetitivo

Este enfoque es utilizado para producciones de gran volumen de un rango pequeño de productos. El equipo tiende a ser especializado y por ende oneroso, requiere de poca mano de obra, se obtiene productos con costos unitarios competitivos. Este proceso utiliza la clásica línea de montaje que ha sido ampliamente utilizada en el montaje de automóviles y electrodomésticos su estructura es más grande y por tanto tiene menos flexibilidad que una instalación enfocada a proceso. (Heizer & Barry, 2005, p. 189)

Enfoque de personalización en masa

Las exigencias del mundo actual demanda bienes y servicios individualizados. La personalización en masa supone una producción rápida y de bajo coste que satisfacen cada vez los deseos del cliente concreto. La personalización en masa provee la variedad de productos que normalmente se obtenían de la fabricación de bajos volúmenes (enfoque al proceso) al coste de la producción estandarizada de altos volúmenes (enfoque al producto). En síntesis es la de los enfoques al proceso y al producto, lo cual requiere tener capacidades operativas excepcionales, esto indica que debe existir una estrecha relación entre ventas, producción y logística lo que conlleva a diseñar procesos ágiles que produzcan de forma rápida y económica productos personalizados. (Heizer & Barry, 2005, p. 190). El tipo de enfoque de personalización en masa es el que se adapta de mejor manera para la producción de puertas forjadas de garaje.

Enfoque al producto

Son procesos diseñados para producir grandes volúmenes de una poca variedad de productos. Las instalaciones se organizan en torno al producto, se llaman también procesos continuos ya que tienen series de producciones ininterrumpidas y muy largas. Se usan en la refinación del petróleo, en procesos químicos, en la producción de acero, en productos como, vidrio, papel, hojalata, bombillas, bebidas, etc. Este tipo de enfoque, representa una producción estandarizada

de alto volumen y flujos en línea rígidos. Normalmente trabajan las 24 horas para evitar los paros y puestas en marcha que son costosas. En este proceso los materiales fluyen hasta que se termina todo el lote. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2000, p. 154)

2.1.8 Evaluación financiera

Esta evaluación se realiza con el propósito de demostrar la viabilidad de la propuesta en las condiciones de financiamiento planteadas y determinar los márgenes de variación de esas condiciones.

Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)

La TMAR consiste en la sumatoria de 3 indicadores económicos del país que son la tasa pasiva, inflación y riesgo país, los cuales deberán mostrar si la inversión crece en términos reales, mediante la comparación de este con la TIR que debe expresar un porcentaje mayor a este valor, para que la inversión sea atractiva. (Horne, James, & Wachowicz, 2002, p. 67)

Valor Actual Neto (VAN)

Es la sumatoria de los valores actualizados del flujo neto de caja, a una tasa mínima atractiva de rendimiento de capital (TMAR), o una tasa adecuada o pertinente para el inversionista. (Horne, James, & Wachowicz, 2002, p. 69)

Consiste en descontar al momento actual, todos los flujos de caja proyectados, restando la inversión inicial, para lo cual se necesita de la siguiente fórmula:

$$\text{VAN} = \sum_{n=0}^N \frac{Y_t - E_t}{(1 + i)^n} - I_0$$

Dónde:

Y_t = Flujo de ingresos del proyecto

E_t = Flujo de los egresos.

N = Es el número de períodos considerado.

i = Tasa de descuento

I_0 = Inversión del proyecto

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno ofrece, en términos relativos, la rentabilidad del proyecto, que debe ser única e independiente del coste asumido por los recursos aportados. Se la conoce como la tasa que hace que el VAN sea cero, es decir que el valor presente de las entradas de efectivo sea igual a la inversión inicial neta realizada. (Horne, James, & Wachowicz, 2002, p. 77)

La fórmula para calcular la TIR es la siguiente:

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Dónde:

Y_t = Flujo de ingresos del proyecto

E_t = Flujo de los egresos.

N = Es el número de períodos considerado.

i = Tasa de descuento

I_0 = Inversión del proyecto

Periodo de Recuperación de Capital

Se define como el tiempo que transcurre para que se produzca una cantidad igual al importe de la inversión. Es establecer un periodo de tiempo en el que se puede recuperar el capital invertido. (Horne, James, & Wachowicz, 2002, p. 81)

Para lo cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$PR = (t_n) + \left(\frac{C_n}{FTE} \right)$$

Dónde:

T = Inversión inicial

C = Flujo de fondos del año anterior

FTE = Flujo de fondos del año de recuperación

CAPITULO III

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudio

Los tipos de estudio utilizados en el desarrollo son:

Explicativa: considerando que al transcurrir el tiempo este conduce a la interpretación del objeto en estudio, además la identificación y análisis de las causas del problema, y obtención de resultados verificables que expliquen el comportamiento de las variables consideradas: distancias y tiempos, es decir que con este tipo de investigación se llega más allá de lo analizado

Exploratorios: Este tipo de estudio se produce en la fase de recopilación de información para el diagnóstico del proceso de producción en IMEV.

Descriptiva: Este tipo de estudio se utiliza para el diseño del modelo basado en TOC, ya que se busca especificar las propiedades importantes del fenómeno estudiado.

Los métodos utilizados son:

Método de la observación.- considerando que la investigación parte de percepción del proceso inicial. Por medio de la observación directa y con la técnica del cronometraje se levanta información tanto de los procesos en situación actual como del método mejorado, con la finalidad de determinar la incidencia de la aplicación de estrategias de mejora.

Método hipotético – deductivo.- de acuerdo a lo observado se formula la hipótesis que deben ser comprobadas de acuerdo al estudio.

Método analítico.- se realiza un análisis de las actividades en cada área de trabajo para poder analizarlas.

Método de la síntesis.- ya que el análisis que se realizó por separado debe ser parte de un conjunto y poder comprender el proceso.

Métodos de Modelación.- Mediante diagramas de procesos se conocen los requerimientos necesarios para producción de puertas forjadas.



La técnica utilizada la de campo considerando la toma de información fue observación directa.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Consulta en base a documentos (Registros, Internet, bibliografía científica, investigaciones realizadas en el país y estadísticas oficiales).
2. Observación de campo: Realizar visitas periódicas a la empresa para la verificación del proceso de elaboración de puertas forjadas de garaje, para lo cual se tomará una muestra y se levantará información por medio de un check list y con la técnica de cronometraje.
3. El procesamiento de la información se realizará a través del programa estadístico Excel.

3.2 Población y muestra

Población: Corresponde al número de puertas fabricadas mensualmente.

Muestra: Para el cálculo de la muestra se utilizará la siguiente fórmula, (MOORE, 2005, p. 59):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Nk^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

N: Tamaño de la Población (11).

Z: Nivel de confianza (0,95: 1,96)

K: Limite de aceptación de error muestral (5%: 0.05)

p: Nivel de aceptación (0,5)
q: Nivel de rechazo (1-p): 0,5
n: Tamaño de la muestra a determinar.

A continuación se calcula la muestra de puertas forjadas :

$$n = \frac{(11)(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(11)(0,05)^2 + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$n = 11$ puertas

Se consideran 11 puertas para el análisis respectivo de los tiempos empleados en la elaboración de los mismos.

3.3 Antecedentes de la empresa

Industrias Metálicas Vilema “IMEV” es una microempresa con personería jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto producir y vender productos relacionados a la Cerrajería Mecánica. Su propietario y creador es el Sr. Flavio Vilema, artesano calificado en la rama de Mecánica Industrial, “IMEV” es una empresa familiar, abrió sus puertas en el de año de 1995, iniciando sus actividades únicamente con la línea de metal mecánica, solo bajo pedidos para sectores aledaños.

En el año 1998 implementa la línea de carpintería, en 2001 elaboración de puertas y ventanas enrollables, en 2004 incursiona en la rama del aluminio y vidrio, forja y carpintería artística, y en el 2006 ingresa en la rama del automatismo.

En el año 2014 “IMEV” divide sus servicios de producción y ventas, para lo cual inicia las importaciones de aluminio y vidrio con sus respectivos accesorios; gracias al compromiso constante de todos sus integrantes en el año 2007 la empresa fue nominada por el gremio de mecánicos de la ciudad de Riobamba como la empresa cerrajera líder en la provincia de Chimborazo, es reconocida por el Municipio de Guano como la industria importante que aporta desarrollo del cantón y a la disminución del desempleo en el cantón Guano. La obtención del Certificado de calificación artesanal otorgado por la Junta nacional de Defensa del Artesano beneficia a la empresa realizar sus declaraciones de impuestos con el 0%, además se exime de pagar los décimos y fondos de reserva a sus colaboradores. “IMEV” actualmente cuenta con el apoyo de 34 empleados ofreciendo servicios de cerrajería metálica dedicada a la construcción de

todo lo relacionado a la línea cerrajera, para proveer seguridad y protección en cualquier tipo de apertura de construcción. El presente trabajo se enfoca en la planta de producción de “IMEV”, específicamente de la producción de puertas forjadas de garaje.

3.4 Situación actual

Con la finalidad de identificar las restricciones de la línea de producción de puertas forjadas de garaje en IMEV, se ha realizado un levantamiento de información basados en los tiempos de cada actividad del proceso general; los tiempos fueron tomados en una muestra de 11 puertas forjadas de garaje, que fue la producción mensual del período del levantamiento de información; en base a ello se ha determinado desde la descripción del proceso hasta los diagramas y análisis de valor agregado.

Para la identificación de restricciones es importante mencionar que en base a la problemática planteada, en la cual se establece que existen demoras en las entregas de producto a los clientes, se ha tomado como para el estudio de las restricciones el tiempo de los procesos de producción de puertas forjadas de garaje; de tal manera que el estudio hará referencia a los tiempos.

3.4.1. Descripción de los procesos de construcción de puertas forjadas de garaje

El proceso de construcción de puertas forjadas de garaje, integra una serie de operaciones secuenciales, en un sistema de producción de taller (artesanal), dicho sistema persigue el objetivo de obtener como resultado una puerta forjada de garaje terminada. Los procesos y actividades que deben seguirse para la producción de puertas forjadas de garaje son los siguientes:

Tabla 1-3: Actividades para elaboración de puertas forjadas de garaje

Selección de materiales
Verificar existencias en bodega
Seleccionar materiales en bodega
Transportar materiales a estación de corte
Corte de piezas
Medición de materiales
Ubicación de materiales en mesa de corte
Cortar piezas conforme diseño
Transportar piezas cortadas a estación de formado
Formado de piezas
Colocación de piezas cortadas en baroladora

Dar forma a piezas conforme diseño requerido Transportar piezas formadas a fragua
Fraguado de piezas Sometimiento de piezas a altas temperaturas Forjar piezas conforme diseño Enfriamiento de piezas fojadas Transportar piezas a estación de suelda
Suelda de piezas Fijar marco Fijar hoja Fijar toldo o verja
Pulimento de puerta Pulir imperfecciones de suelda
Fondeo de puerta Aplicación de químico antioxidante Secar puerta Aplicación de químico adherente Secar puerta Transporte de puerta a pintura
Pintura de puerta Aplicación de pintura según color elegido por cliente Secar puerta Transporte de puerta a bodega de despacho

Realizado por: Ana Pilco 2016

Selección de materiales.

Hace referencia a la verificación de existencias, selección de materiales conforme a diseño seleccionado por cliente, y al transporte de los materiales a las estaciones de trabajo para su transformación.

Corte de piezas

Se refiere a los cortes que se realiza a los distintos materiales con el uso de la entenalla, tronzadora y cierras manuales; los materiales sometidos a corte son correas de metal, tubos, etc.

Forma de piezas

Habiendo obtenido las piezas cortadas en las dimensiones adecuadas, se procede a darles forma con el uso de la baroladora, conforme al diseño de la puerta solicitada.

Fraguar piezas

Es un proceso en el que se somete al metal a elevadas temperaturas en una fragua, con la finalidad de tornarlo maleable y así poder darle forma más fácilmente.

Soldar piezas

La suelda se refiere a la unión de las partes de la puerta utilizando la suelda de arco.

Pulimento de puerta

Se refiere a la eliminación de imperfecciones en el metal generadas por el proceso de soldadura, para ello se utiliza la herramienta llamada amoladora.

Fondeo de puerta

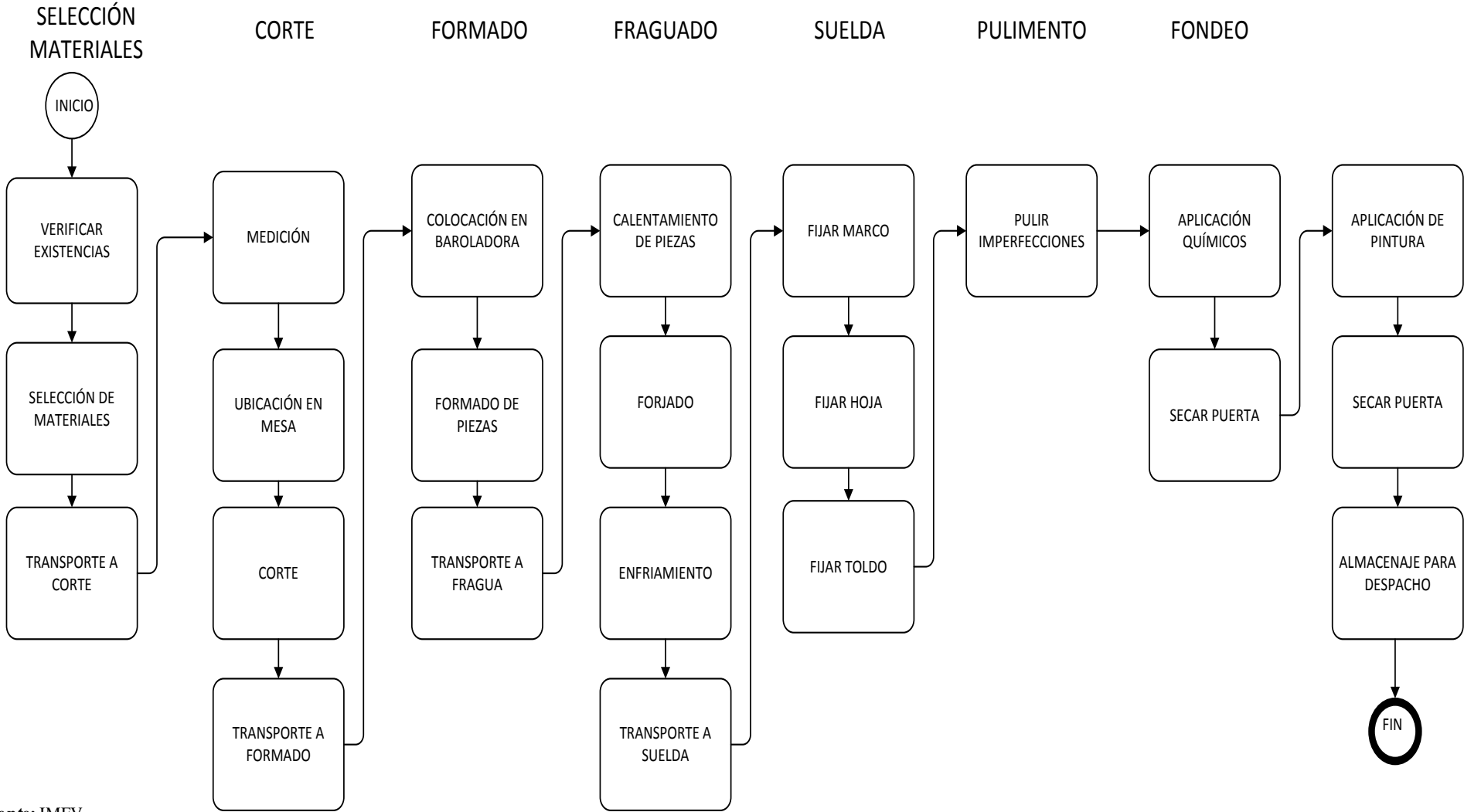
Consiste en la aplicación de químicos que dan propiedades antioxidantes y de adherencia al metal, dicho fondo es aplicado por medio de un soplete.

Pintar piezas

Es el paso final de producción, en el cual se da a la puerta el color requerido por medio de un soplete.

A continuación se presenta el flujo del proceso.

Figura 1-3. Flujo de producción



Fuente: IMEV

Realizado por: Ana Pilco 2016

3.5 Medición de trabajo

3.5.1. Aplicación técnicas de cronometraje

Con la finalidad de determinar los tiempos incurridos en la producción de puertas forjadas de garaje, se ha tomado una muestra de 11 puertas, que representan la producción en el mes que se realizó el diagnóstico, de tal manera, que se aplicó la técnica de cronometraje en cada actividad a lo largo de los procesos de producción de puertas, teniendo el siguiente tiempo promedio de la muestra estudiada:

Tabla 2-3: Tiempo Normal (TN)

PROCESO	TN (min)
Selección de materiales	22,88
Verificar existencias en bodega	5,34
Seleccionar materiales en bodega	12,43
Transportar materiales a estación de corte	5,11
Corte de piezas	171,23
Medición de materiales	45,31
Ubicación de materiales en mesa de corte	11,23
Cortar piezas conforme diseño	106,37
Transportar piezas cortadas a estación de formado	8,32
Formado de piezas	439,11
Colocación de piezas cortadas en baroladora	38,19
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	391,80
Transportar piezas formadas a fragua	9,12
Fraguado de piezas	86,07
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	25,56
Forjar piezas conforme diseño	42,11
Enfriamiento de piezas forjadas	11,03
Transportar piezas a estación de suelda	7,37
Suelda de piezas	242,78
Fijar marco	65,13
Fijar hoja	112,43
Fijar toldo o verja	65,22
Pulimento de puerta	42,27
Pulir imperfecciones de suelda	42,27
Fondeo de puerta	163,12
Aplicación de químico antioxidante	48,21
Secar puerta	30,00
Aplicación de químico adherente	42,56
Secar puerta	30,00

Transporte de puerta a pintura	12,35
Pintura de puerta	745,52
Aplicación de pintura según color elegido por cliente	257,40
Secar puerta	480,00
Transporte de puerta a bodega de despacho	8,12

Realizado por: Ana Pilco 2016

3.5.2. Método Westinghouse

Este método considera cuatro factores que son:

- Habilidad
- Esfuerzo
- Condiciones
- Consistencia.

Habilidad: se define como el aprovechamiento al seguir un método dado, el observador debe de evaluar y calificar dentro de seis clases la habilidad desplegada por el operario: habilísimo, excelente, bueno, medio, regular y malo. (Meyers, 2000, p. 73)

Esfuerzo: se define como una demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia. El esfuerzo es representativo de la velocidad con que se aplica la habilidad y es normalmente controlada en un alto grado por el operario. (Meyers, 2000, p. 73)

Condiciones: son aquellas circunstancias que afectan solo al operador y no a la operación. Los elementos que pueden afectar las condiciones de trabajo incluyen: temperatura, ventilación, monotonía, alumbrado, ruido, etc. (Meyers, 2000, p. 73)

Consistencia: es el grado de variación en los tiempos transcurridos, mínimos y máximos, en relación con la media, juzgado con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operador. Es sumamente importante considerar que una vez un elemento como la iluminación afecte un factor como las condiciones, se deberá descartar de considerarsele en la determinación de los suplementos. (Meyers, 2000, p. 74)

Utilizando la tabla de valoración del método westinghouse, se procede a hallar el factor de valoración para cada actividad. Es importante mencionar que las valoraciones dadas en cada una de las actividades, han sido bajo criterio de la investigadora, basada en la observación realizada en el proceso.

Tabla 3-3: Tiempo Normal (TN)

PROCESO	TIEMPO PROMEDIO	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	FV= 1+H+E+C+C	TN (min)
Selección de materiales	22,88						28,14
Verificar existencias en bodega	5,34	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	6,57
Seleccionar materiales en bodega	12,43	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	15,29
Transportar materiales a estación de corte	5,11	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	6,29
Corte de piezas	171,23						199,67
Medición de materiales	45,31	0,11	0,08	0,04	0,03	1,08	48,93
Ubicación de materiales en mesa de corte	11,23	0,11	0,08	0,04	0,03	1,24	13,93
Cortar piezas conforme diseño	106,37	0,08	0,08	0,04	0,03	1,19	126,58
Transportar piezas cortadas a estación de formado	8,32	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	10,23
Formado de piezas	439,11						497,11
Colocación de piezas cortadas en baroladora	38,19	0,08	0,08	0,04	0,03	1,13	43,15
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	391,80	0,08	0,08	0,04	0,03	1,13	442,73
Transportar piezas formadas a fragua	9,12	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	11,22
Fraguado de piezas	86,07						95,56
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	25,56	0,08	0,08	0,04	0,03	1,13	28,88
Forjar piezas conforme diseño	42,11	0,11	0,08	0,04	0,03	1,08	45,48
Enfriamiento de piezas fojadas	11,03	0,11	0,08	0,04	0,03	1,18	13,02
Transportar piezas a estación de suelda	7,37	0,08	0,08	0,04	0,03	1,11	8,18

Suelda de piezas	242,78						274,34
Fijar marco	65,13	0,08	0,08	0,04	0,03	1,13	73,60
Fijar hoja	112,43	0,08	0,08	0,04	0,03	1,13	127,05
Fijar toldo o verja	65,22	0,08	0,08	0,04	0,03	1,13	73,70
Pulimento de puerta	42,27						49,88
Pulir imperfecciones de suelda	42,27	0,11	0,08	0,04	0,03	1,18	49,88
Fondeo de puerta	163,12						184,00
Aplicación de químico antioxidante	48,21	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	59,30
Secar puerta	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	30,00
Aplicación de químico adherente	42,56	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	52,35
Secar puerta	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	30,00
Transporte de puerta a pintura	12,35	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	12,35
Pintura de puerta	745,52						806,59
Aplicación de pintura según color elegido por cliente	257,40	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	316,60
Secar puerta	480,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	480,00
Transporte de puerta a bodega de despacho	8,12	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23	9,99

Realizado por: Ana Pilco 2016

Habiendo hallado el tiempo normalizado se calcula el porcentaje de suplemento utilizando la tabla de la OIT, para cada una de las actividades; a continuación se muestra la tabla de suplementos:

Tabla 4-3: Suplemento IMEV

Suplementos constantes	H	M	Suplementos variables	H	M
Por necesidades personales	5	7	Mala iluminación		
Por fatiga	4	4	Ligeramente por debajo	0	0
Suplementos variables			Bastante por debajo	2	2
Por trabajar de pie	2	4	Absolutamente insuficiente	5	5
Por postura anormal			Concentración intensa		
Ligeramente incómodo	0	1	Trabajo de cierta presión	0	0
Inclinado	2	3	Fatigoso	2	2
Echado estirado	7	7	Muy fatigoso	5	5
Uso de fuerza muscular Kg			Ruidos		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
7,5	2	3	Intermitente y muy fuerte	2	2
10	3	5	Estridente y fuerte	5	5
12,5	4	6	Suplementos variables		
15	5	8	Tensión mental		
17,5	7	10	Proceso bastante complejo	1	1
20	9	13	Proceso complejo	4	4
22,5	11	16	Muy complejo	8	8
25	13	20	Monotonía		
30	17		Algo monótono	0	0
35.5	22		Bastante monótono	1	1
Condiciones admosféricas Mili cal/cm ² /s			Muy monótono	4	4
16	0	0	Tedio		
14	0	0	Algo aburrido	0	0
12	0	0	Aburrido	2	1
10	0,3	0,3	Muy aburrido	5	2
8	1	1			
6	2,1	2,1			
5	3,1	3,1			
4	4,5	4,5			
3	6,4	6,4			
2	10	10			

Fuente: OIT

Es importante mencionar que en la tabla se citan los pesos que deben cargar los operarios en cada actividad que corresponda traslado o carga, lo cual se referencia con su respectivo suplemento.

Tabla 5-3: Tiempo Estándar (TS)

PROCESO	TN	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES		TOTAL SUPLEMENTO	TIEMPO ESTÁNDAR (min)
		Nec. Pers.	Fatiga	Ruido. Int. y Fuerte.	Uso fuerza muscular		
Selección de materiales	28,14						30,49
Verificar existencias en bodega	6,57	5%	0%	2%		7%	7,03
Seleccionar materiales en bodega	15,29	5%	0%	2%		7%	16,36
Transportar materiales a estación de corte	6,29	5%	2%	2%	(12,5 kg) 4%	13%	7,10
Corte de piezas	199,67						220,65
Medición de materiales	48,93	5%	2%	2%		9%	53,34
Ubicación de materiales en mesa de corte	13,93	5%	0%	2%	(5 kg) 1%	8%	15,04
Cortar piezas conforme diseño	126,58	5%	4%	2%		11%	140,50
Transportar piezas cortadas a estación de formado	10,23	5%	4%	2%	(12,5 kg) 4%	15%	11,77
Formado de piezas	497,11						555,35
Colocación de piezas cortadas en baroladora	43,15	5%	2%	2%		9%	47,04
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	442,73	5%	4%	2%	(5 kg) 1%	12%	495,86
Transportar piezas formadas a fragua	11,22	5%	4%	2%		11%	12,45
Fraguado de piezas	95,56						105,56
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	28,88	5%	2%	2%		9%	31,48
Forjar piezas conforme diseño	45,48	5%	4%	2%	(5 kg) 1%	12%	50,94
Enfriamiento de piezas fojadas	13,02	5%	0%	2%	(5 kg) 1%	8%	14,06
Transportar piezas a estación de suelda	8,18	5%	4%	2%		11%	9,08

Suelda de piezas	274,34							306,53
Fijar marco	73,60	5%	4%	2%			11%	81,69
Fijar hoja	127,05	5%	4%	2%	(5 kg) 1%		12%	142,29
Fijar toldo o verja	73,70	5%	4%	2%	(5 kg) 1%		12%	82,54
Pulimento de puerta	49,88							55,37
Pulir imperfecciones de suelda	49,88	5%	4%	2%			11%	55,37
Fondeo de puerta	184,00							203,94
Aplicación de químico antioxidante	59,30	5%	4%	2%	(2,5 kg) 0%		11%	65,82
Secar puerta	30,00	5%	0%	2%			7%	32,10
Aplicación de químico adherente	52,35	5%	4%	2%	(2,5 kg) 0%		11%	58,11
Secar puerta	30,00	5%	0%	2%			7%	32,10
Transporte de puerta a pintura	12,35	5%	4%	2%	(30 kg) 17%		28%	15,81
Pintura de puerta	806,59							877,81
Aplicación de pintura según color elegido por cliente	316,60	5%	4%	2%	(2,5 kg) 0%		11%	351,43
Secar puerta	480,00	5%	0%	2%			7%	513,60
Transporte de puerta a bodega de despacho	9,99	5%	4%	2%	(30 kg) 17%		28%	12,78
							MINUTOS	2355,69
							HORAS	39,26148
							DÍAS	4,908

Realizado por: Ana Pilco 2016

Necesidades personales: El cálculo de necesidades personales es constante con un 5% de suplemento, en ello se integra el tiempo utilizado por los trabajadores para realizar sus necesidades básicas como ir al baño, hidratarse, etc.

Fatiga: Para la valoración del factor fatiga se levantaron los tiempos que toman los operarios en cada actividad para relajarse como consecuencia de la fatiga de dichas actividades.

Ruido intermitente y fuerte: Con la finalidad de determinar el grado de afección de los desibeles que reciben los operarios en la planta, se realizó un estudio en función de los desibeles y el tiempo de exposición al mismo, lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6-3: Nivel de ruido

Nivel Sonoro/Db	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

Fuente: OIT

La medición de decibeles en la planta, fue tomado con un sonómetro, la toma de información fue realizada durante 3 días al momento de utilización de las siguientes máquinas:

- Tronzadora
- Soldadora
- Amoladora

En base a las mediciones realizadas, se puede decir que los empleados están expuestos aproximadamente a 95 db durante el uso especialmente de la tronzadora, suelda y amoladora, de tal manera que se considera un nivel de exposición intermitente y fuerte, al cual según la tabla solamente se debe tener 2 horas de exposición.

Uso de fuerza muscular: Se han tomado los pesos de las herramientas, materiales y producto en proceso y terminado que los operarios deben cargar en cada actividad.

Tabla 7-3: Diagrama de procesos

#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO M (min)	FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO N	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR	0	⇒	D	□	▽
	Selección de materiales			22,88		28,14		30,49					
1	Verificar existencias en bodega	1		5,34	1,23	6,57	7%	7,03					
2	Seleccionar materiales en bodega	1		12,43	1,23	15,29	7%	16,36					
3	Transportar materiales a estación de corte	1	12,34	5,11	1,23	6,29	13%	7,10					
	Corte de piezas			171,23		199,67		220,65					
4	Medición de materiales	1		45,31	1,08	48,93	9%	53,34					
5	Ubicación de materiales en mesa de corte	1		11,23	1,24	13,93	8%	15,04					
6	Cortar piezas conforme diseño	28		106,37	1,19	126,58	11%	140,50					
7	Transportar piezas cortadas a estación de formado	28	7,11	8,32	1,23	10,23	15%	11,77					
	Formado de piezas			439,11		497,11		555,35					
8	Colocación de piezas cortadas en varoladora	28		38,19	1,13	43,15	9%	47,04					
9	Dar forma a piezas conforme diseño requerido	28		391,80	1,13	442,73	12%	495,86					
10	Transportar piezas formadas a fragua	12	4,12	9,12	1,23	11,22	11%	12,45					
	Fraguado de piezas			86,07		95,56		105,56					
11	Sometimiento de piezas a altas temperaturas	12		25,56	1,13	28,88	9%	31,48					
12	Forjar piezas conforme diseño	12		42,11	1,08	45,48	12%	50,94					
13	Enfriamiento de piezas fojadas	12		11,03	1,18	13,02	8%	14,06					
14	Transportar piezas a estación de suelda	28	11,76	7,37	1,11	8,18	11%	9,08					
	Suelda de piezas			242,78		274,34		306,53					
15	Fijar marco	1		65,13	1,13	73,60	11%	81,69					
16	Fijar hoja	1		112,43	1,13	127,05	12%	142,29					
17	Fijar toldo o verja	1		65,22	1,13	73,70	12%	82,54					
	Pulimento de puerta			42,27		49,88		55,37					
18	Pulir imperfecciones de suelda	1		42,27	1,18	49,88	11%	55,37					
	Fondeo de puerta			48,21		184,00		203,94					
19	Aplicación de químico antioxidante	1		48,21	1,23	59,30	11%	65,82					
20	Secar puerta	1		30,00	1,00	30,00	7%	32,10					
21	Aplicación de químico adherente	1		42,56	1,23	52,35	11%	58,11					
22	Secar puerta	1		30,00	1,00	30,00	7%	32,10					
23	Transporte de puerta a pintura	1	21,15	12,35	1,00	12,35	28%	15,81					
	Pintura de puerta			745,52		806,59		877,81					
24	Aplicación de pintura según color elegido por cliente	1		257,40	1,23	316,60	11%	351,43					
25	Secar puerta	1		480,00	1,00	480,00	7%	513,60					
26	Transporte de puerta a bodega de despacho	1	6,43	8,12	1,23	9,99	28%	12,78					

Realizado por: Ana Pilco 2016

Tabla 8-3: Resumen Tiempo Estándar (TS)

DESCRIPCION	TS (min)
Selección de materiales	30,49
Verificar existencias en bodega	7,03
Seleccionar materiales en bodega	16,36
Transportar materiales a estación de corte	7,10
Corte de piezas	220,65
Medición de materiales	53,34
Ubicación de materiales en mesa de corte	15,04
Cortar piezas conforme diseño	140,50
Transportar piezas cortadas a estación de formado	11,77
Formado de piezas	555,35
Colocación de piezas cortadas en baroladora	47,04
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	495,86
Transportar piezas formadas a fragua	12,45
Fraguado de piezas	105,56
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	31,48
Forjar piezas conforme diseño	50,94
Enfriamiento de piezas fojadas	14,06
Transportar piezas a estación de suelda	9,08
Suelda de piezas	306,53
Fijar marco	81,69
Fijar hoja	142,29
Fijar toldo o verja	82,54
Pulimento de puerta	55,37
Pulir imperfecciones de suelda	55,37
Fondeo de puerta	203,94
Aplicación de químico antioxidante	65,82
Secar puerta	32,10
Aplicación de químico adherente	58,11
Secar puerta	32,10
Transporte de puerta a pintura	15,81
Pintura de puerta	877,81
Aplicación de pintura según color elegido por cliente	351,43
Secar puerta	513,60
Transporte de puerta a bodega de despacho	12,78
	2355,69 min

Realizado por: Ana Pilco 2016

3.6 Teoría de restricciones

3.6.1. *Identificación de restricciones*

Con la finalidad de identificar las restricciones del proceso de producción de puertas forjadas de garaje, se ha realizado un análisis de valor agregado de los procesos inmersos en dicha producción, lo cual se observa en la siguiente tabla.

3.6.2. Análisis de Valor Agregado proceso actual

Tabla 9-3: Análisis de valor agregado actual

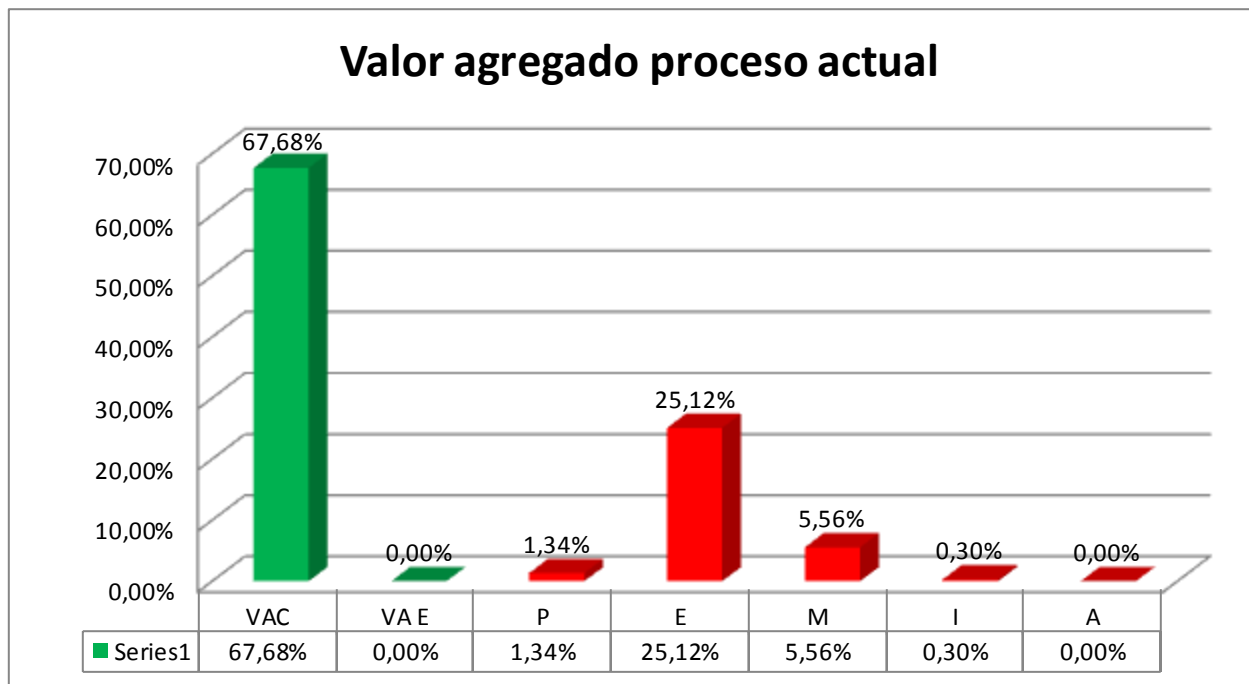
ANALISIS DE VALOR									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD	Tiempos Efectivos (Min.)
1						1		Verificar existencias en bodega	7,03
2	1							Seleccionar materiales en bodega	16,36
4					1			Transportar materiales a estación de corte	7,10
5	1							Medición de materiales	53,34
6					1			Ubicación de materiales en mesa de corte	15,04
7	1							Cortar piezas conforme diseño	140,50
8					1			Transportar piezas cortadas a estación de formado	11,77
9					1			Colocación de piezas cortadas en baroladora	47,04
10	1							Dar forma a piezas conforme diseño requerido	495,86
11					1			Transportar piezas formadas a fragua	12,45
12			1					Sometimiento de piezas a altas temperaturas	31,48
13	1							Forjar piezas conforme diseño	50,94
14				1				Enfriamiento de piezas fojadas	14,06
15					1			Transportar piezas a estación de suelda	9,08
16	1							Fijar marco	81,69
17	1							Fijar hoja	142,29
18	1							Fijar toldo o verja	82,54
20	1							Pulir imperfecciones de suelda	55,37
23	1							Aplicación de químico antioxidante	65,82
24				1				Secar puerta	32,10

26	1							Aplicación de químico adherente	58,11
27				1				Secar puerta	32,10
28					1			Transporte de puerta a pintura	15,81
30	1							Aplicación de pintura según color elegido por cliente	351,43
31				1				Secar puerta	513,60
32					1			Transporte de puerta a bodega de despacho	12,78
	12	0	1	4	8	1	0		
	TOTAL								2355,69
	COMPOSICION DE ACTIVIDADES		Método Actual			TIEMPO TOTAL EN DIAS		4,91	
			No.	Tiempo	%				
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)		12	1594,25	67,68%				
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA		0	0,00	0,00%				
P	PREPARACION		1	31,48	1,34%				
E	ESPERA		4	591,86	25,12%				
M	MOVIMIENTO		8	131,07	5,56%				
I	INSPECCION		1	7,03	0,30%				
A	ARCHIVO		0	0,00	0,00%				
TT	TOTAL		26	2355,69	100,00%				
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO		1594,25						
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO		67,68%						

Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 2-3: AVA Actual

VAC	67,68%
VA E	0,00%
P	1,34%
E	25,12%
M	5,56%
I	0,30%
A	0,00%
	100%



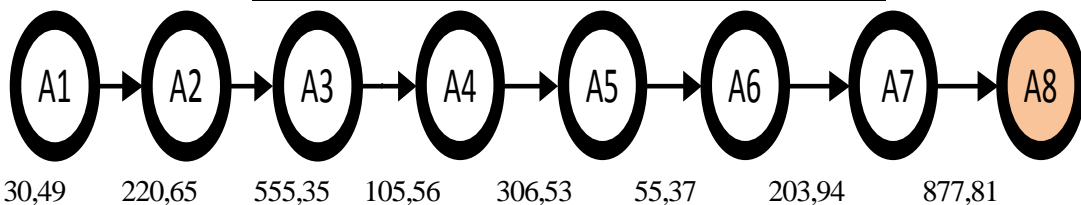
Realizado por: Ana Pilco 2016

Como se puede observar el proceso actual tiene un 67,68% de valor agregado hacia el cliente, existiendo un 25,12% de actividades de espera, lo cual debe ser reducido.

3.6.3. Detección de Restricción

Tabla 10-3: Detección de restricción

#	DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR (min)
A1	Selección de materiales	30,49
A2	Corte de piezas	220,65
A3	Formado de piezas	555,35
A4	Fraguado de piezas	105,56
A5	Suelda de piezas	306,53
A6	Pulimento de puerta	55,37
A7	Fondeo de puerta	203,94
A8	Pintura de puerta	877,81
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL		
	Minutos	2355,69
	Horas	39,26
	Días	4,91



30,49 220,65 555,35 105,56 306,53 55,37 203,94 877,81

Realizado por: Ana Pilco 2016

Como se puede observar la restricción del sistema está dado por el proceso de Pintura con un tiempo de 877 minutos.

Para el presente análisis de las restricciones que afectan al proceso de producción, también se ha realizado un diagrama de Pareto, con la finalidad de identificar las principales causas que demoran más el proceso de producción.

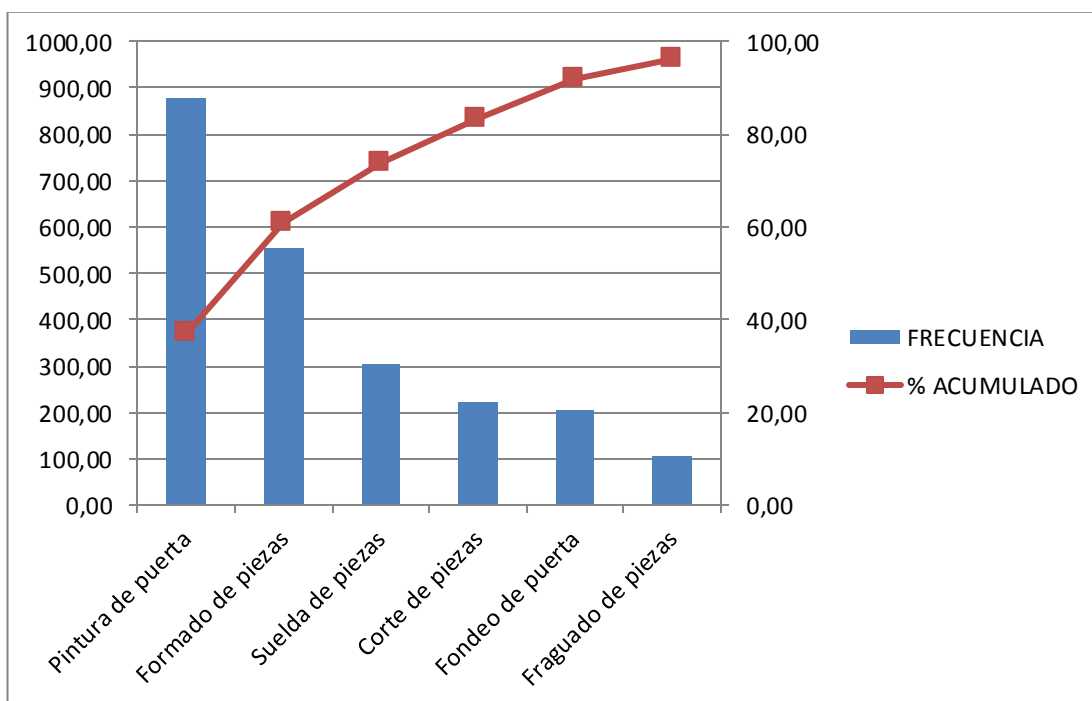
Tabla 11-3: Pareto

PROCESOS	FRECUENCIA	REL	% ACUMULADO
Pintura de puerta	877,81	37,26	37,26
Formado de piezas	555,35	23,57	60,84
Suelda de piezas	306,53	13,01	73,85
Corte de piezas	220,65	9,37	83,22
Fondeo de puerta	203,94	8,66	91,87
Fraguado de piezas	105,56	4,48	96,36
Pulimento de puerta	55,37	2,35	98,71
Selección de materiales	30,49	1,29	100,00
TOTALES	2355,69	100,00	

Fuente: IMEV

Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 3-3. Pareto



Fuente: IMEV

Realizado por: Ana Pilco 2016

Como se evidencia, al analizar el gráfico se ha podido determinar que son cuatro los procesos que demoran o son las principales restricciones, corroborando el análisis anterior.

3.6.4. Capacidad máxima del sistema

La capacidad máxima del sistema se ha obtenido identificando el proceso que representa el mayor cuello de botella, siendo en este caso el proceso de pintura; al tener un tiempo de proceso en minutos de 877,81, se ha determinado que semanalmente esa estación de trabajo como máximo tiene una capacidad de 3,01, lo cual resulta de la división de los minutos laborables semanales (2640), para los minutos del proceso (877,81)

Tabla 12-3. Capacidad máxima actual

ESTACIONES DE TRABAJO	TIEMPO (min)	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA SEMANAL	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA MENSUAL
Selección de materiales	30,49		
Corte de piezas	220,65		
Formado de piezas	555,35		
Fraguado de piezas	105,56		
Suelda de piezas	306,53		
Pulimento de puerta	55,37		
Fondeo de puerta	203,94		
Pintura de puerta	877,81	3,01 puertas	13,12 puertas

Realizado por: Ana Pilco 2016

3.6.5. Análisis de Valor Agregado proceso de pintura

Tabla 13-3: AVA Pintura

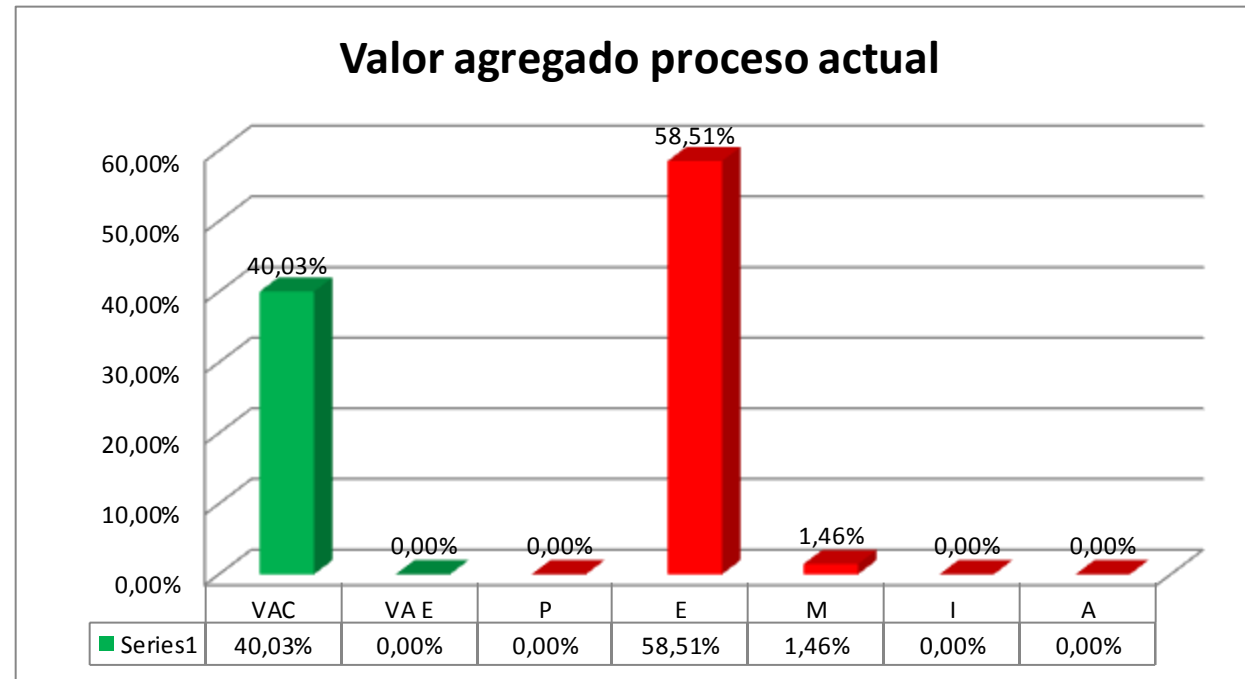
ANALISIS DE VALOR AGREGADO												
	VAC	VE	P	E	M	I	A	PROCESOS CRÍTICOS Y ACTIVIDADES			Tiempos Efectivos (Min.)	
								PINTURA				877,81
1	1							Aplicación de pintura según color elegido por cliente			351,43	
								Selección de color			2,54	
								Realizar mezcla de pintura con tinher			11,25	
								Verter mezcla en soplete-compresor			2,26	
								Pintar puerta			335,38	
2				1				Secar puerta			513,60	
3					1			Transporte de puerta a bodega de despacho			12,78	
	1	0	0	1	1	0	0					
												877,81
COMPOSICION DE ACTIVIDADES								Método Actual			TIEMPO TOTAL EN DIAS	1,83
								No.	Tiempo	%		
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE							1	351,43	40,03%		
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA							0	0,00	0,00%		
P	PREPARACION							0	0,00	0,00%		
E	ESPERA							1	513,60	58,51%		
M	MOVIMIENTO							1	12,78	1,46%		
I	INSPECCION							0	0,00	0,00%		
A	ARCHIVO							0	0,00	0,00%		

TT	TOTAL	3	877,81	100,00%		
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO	351,43				
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO	40,03%				

Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 3-3: AVA Actual pintura

VAC	40,03%
VA E	0,00%
P	0,00%
E	58,51%
M	1,46%
I	0,00%
A	0,00%
	100%



Realizado por: Ana Pilco 2016

Evaluando el valor agregado que el proceso de pintura en general tiene hacia el cliente, se puede observar que el proceso de pintura apenas tiene un 40,03 %; existiendo un 58,51% en actividades de espera, lo cual debe ser eliminado o disminuido al máximo por medio de estrategias.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DEL METODO MEJORADO

4.1. Explotar restricciones

Como se puede observar, la restricción del sistema está dada por el proceso de pintura, y al revisar el análisis de valor agregado realizado para dicho proceso, se puede verificar que la restricción es causada por la actividad de secado, representando el 58,51% del tiempo total del proceso de pintura, por lo cual se proponen las siguientes soluciones.

Tabla 1-4: Explotar restricciones

RESTRICCIÓN	PROBLEMA	ESTRATEGIA	TÁCTICA	MONTO
PINTURA	Elevado tiempo en actividad de secado	Disminuir el tiempo de entrega de producto al cliente	Implementación de horno de secado	\$7.869,26

Elaborado por: Ana Pilco

Implementación de horno de secado

Con la finalidad de determinar un costo estimado para la implementación del horno de secado, se ha tomado como referencia el estudio desarrollado por el Ingeniero Garwin Santamaría de la Escuela Superior Politécnica del Ejército; que hace referencia al diseño y construcción cabina-horno de pintura con un sistema de alimentación de GLP para la empresa Automotores Santamaria; en el cual se obtienen los siguientes valores de inversión para un área de: (Ver fotografías en Anexo 1) (Santamaría, 2012)

Datos generales:

Largo cabina = 7m²

Ancho cabina = 4m²

Altura cabina = 3m²

Área total = 84m²

Temperatura máxima de secado: 60°C

Tiempo de secado: Entre 45 a 60 minutos dependiendo tipo de pintura.

Tabla 2-4. Estudio referencial horno

DESCRIPCIÓN	USD
Adecuación física	600
Intercambiador de calor	1100
Paneles poliuretano	2100
Estructura del armazón	1000
Lámparas y tablero de control	1400
Rejillas metálicas	650
Motores impulsión y extracción	1600
Quemador de Calor	1200
Filtro, techo y piso	900
Ductos de ingreso y salida	700
Suelas, pernos, disco, cable	100
Ensamblaje total	650
TOTAL	12000

Realizado por: Ana Pilco 2016

Teniendo en consideración que el área requerida del horno para secado de puertas conforme a las dimensiones de las mismas, se tiene:

Largo cabina = $5m^2$

Ancho cabina = $1m^2$

Altura cabina = $3m^2$

Área total = $15m^2$

Temperatura máxima de secado: $60^{\circ}C$

Tiempo de secado: Entre 45 a 60 minutos dependiendo tipo de pintura.

El área total requerida asciende a $15m^2$ lo cual representa el 18% en referencia al estudio tomado como base; de tal manera que el costo de inversión para la propuesta será estimada con 18% en los rubros que se refieran a metraje, y con el 100% los rubros que son de equipos.

Entonces se tiene la siguiente estimación:

Tabla 3-4: Presupuesto horno de pintura

DESCRIPCIÓN	USD PROY. REF.	% Estimación	USD PROPUESTA
Adecuación física	600	18%	107,14
Intercambiador de calor	1100	100%	1100,00
Paneles poliuretano	2100	18%	375,00
Estructura del armazón	1000	18%	178,57
Lámparas y tablero de control	1400	100%	1400,00
Rejillas metálicas	650	18%	116,07
Motores impulsión y extracción	1600	100%	1600,00
Quemador de Calor	1200	100%	1200,00
Filtro, techo y piso	900	18%	160,71
Ductos de ingreso y salida	700	100%	700,00
Suelas, pernos, disco, cable	100	18%	17,86
Ensamblaje total	650	100%	650,00
SUBTOTAL	12000		7605,36
Inflación anual (3,47%)			263,91
TOTAL			7869,26

Realizado por: Ana Pilco 2016

Cabe recalcar que al ser el estudio referencial ejecutado en el año 2012, se ha debido realizar un incremento al costo total del 3,47%, que representa la inflación promedio desde el año 2012 al 2015. (INEC, 2014)

Con el cálculo realizado se ha determinado que se deberá realizar una inversión de aproximadamente 7869,26 usd.

Como se menciona en el estudio referencial, el tiempo de secado de pintura habiendo implementado el horno va desde 45 minutos hasta los 60 minutos, dependiendo del tipo de pintura; en el estudio propuesto para el caso de IMEV se ha realizado una muestra de 10 puertas, que fue la producción total realizada en el mes que se levantó la información; obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 4-4: Muestra proceso pintura

#	TIPO PINTURA	DIMENSIONES	TIEMPO SECADO	OBSERVACIONES
1	Esmalte (Comex Velmar)	2,7 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
2	Esmalte (Comex Velmar)	3,0 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
3	Esmalte (Comex Velmar)	3,0 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
4	Esmalte (Comex Velmar)	2,8 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
5	Esmalte (Comex Velmar)	3,0 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
6	Esmalte (Comex Velmar)	3,0 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
7	Esmalte (Comex Velmar)	3,0 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
8	Esmalte (Comex Velmar)	3,0 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
9	Esmalte (Comex Velmar)	2,7 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente
10	Esmalte (Comex Velmar)	2,7 X 2,4 m	60 min	Seco totalmente

Realizado por: Ana Pilco 2016

En todos los casos se verificó cada puerta a los 45, 50, 55 y 60 minutos, de tal manera que se pudo verificar que solamente a los 60 minutos de exposición al horno tenían el secado adecuado para transportarlos hacia el área de despacho.

Las dimensiones estándar de las puertas que produce IMEV son 3,0 X 2,4 (m) y 2,7 X 2,4 (m).

Tabla 5-4: TS mejorado pintura

TIEMPO ESTÁNDAR MEJORADO PINTURA					
DESCRIPCIÓN	TIEMPO M (min)	FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO N (min)	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR (min)
Selección de materiales	22,88		28,14		30,49
Verificar existencias en bodega	5,34	1,23	6,57	7%	7,03
Seleccionar materiales en bodega	12,43	1,23	15,29	7%	16,36
Transportar materiales a estación de corte	5,11	1,23	6,29	13%	7,10
Corte de piezas	171,23		199,67		220,65
Medición de materiales	45,31	1,08	48,93	9%	53,34
Ubicación de materiales en mesa de corte	11,23	1,24	13,93	8%	15,04
Cortar piezas conforme diseño	106,37	1,19	126,58	11%	140,50
Transportar piezas cortadas a estación de formado	8,32	1,23	10,23	15%	11,77
Formado de piezas	439,11		497,11		555,35
Colocación de piezas cortadas en baroladora	38,19	1,13	43,15	9%	47,04
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	391,80	1,13	442,73	12%	495,86
Transportar piezas formadas a fragua	9,12	1,23	11,22	11%	12,45
Fraguado de piezas	86,07		95,56		105,56
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	25,56	1,13	28,88	9%	31,48
Forjar piezas conforme diseño	42,11	1,08	45,48	12%	50,94
Enfriamiento de piezas fojadas	11,03	1,18	13,02	8%	14,06
Transportar piezas a estación de suelda	7,37	1,11	8,18	11%	9,08
Suelda de piezas	242,78		274,34		306,53

Fijar marco	65,13	1,13	73,60	11%	81,69
Fijar hoja	112,43	1,13	127,05	12%	142,29
Fijar toldo o verja	65,22	1,13	73,70	12%	82,54
Pulimento de puerta	42,27		49,88		55,37
Pulir imperfecciones de suelda	42,27	1,18	49,88	11%	55,37
Fondeo de puerta	48,21		184,00		203,94
Aplicación de químico antioxidante	48,21	1,23	59,30	11%	65,82
Secar puerta	30,00	1,00	30,00	7%	32,10
Aplicación de químico adherente	42,56	1,23	52,35	11%	58,11
Secar puerta	30,00	1,00	30,00	7%	32,10
Transporte de puerta a pintura	12,35	1,00	12,35	28%	15,81
Pintura de puerta	321,6		806,59		424,22
Aplicación de pintura según color elegido por cliente	257,40	1,23	316,60	11%	351,43
Secar puerta	56,08	1,00	56,08	7%	60,0
Transporte de puerta a bodega de despacho	8,12	1,23	9,99	28%	12,78
				MINUTOS	1902,09
				HORAS	31,70
				DÍAS	3,93

Realizado por: Ana Pilco 2016

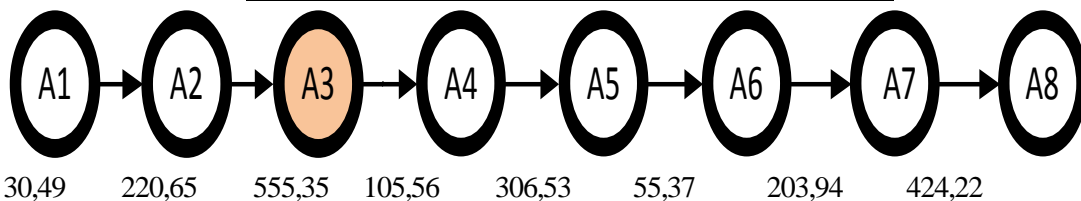
Por medio de la implementación del horno de secado en la planta de la empresa, el tiempo total de producción se redujo considerablemente ya que el tiempo de secado de una puerta en el horno es de una hora, reduciendo el tiempo de secado de 513 a 60 minutos; y reduciendo el tiempo de producción total de 4,91 días a 3,93, lo que representa en minutos una disminución de 453,6.

4.2. IDENTIFICAR NUEVAS RESTRICCIONES

Habiendo disminuido la restricción o el cuello de botella representado por el proceso de pintura, específicamente la actividad de secado, se procede hacer un nuevo análisis para detectar las nuevas restricciones, para lo cual se realiza el siguiente diagrama:

Tabla 6-4: Identificación nueva restricción

#	DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR (min)
A1	Selección de materiales	30,49
A2	Corte de piezas	220,65
A3	Formado de piezas	555,35
A4	Fraguado de piezas	105,56
A5	Suelda de piezas	306,53
A6	Pulimento de puerta	55,37
A7	Fondeo de puerta	203,94
A8	Pintura de puerta	424,22
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL		
	Minutos	1902,09
	Horas	31,70
	Días	3,96



Realizado por: Ana Pilco 2016

Al analizar nuevamente los tiempos de todos los procesos se puede observar que la nueva restricción está representada por el proceso de formado de piezas con un tiempo de 555,35 minutos.

4.2.1. Capacidad máxima del sistema

La capacidad máxima del sistema se ha obtenido identificando el nuevo proceso que representa el mayor cuello de botella, siendo en este caso el proceso de formado de piezas; al tener un

tiempo de proceso en minutos de 555,35 se ha determinado que semanalmente esa estación de trabajo como máximo tiene una capacidad de 4,75, lo cual resulta de la división de los minutos laborables semanales (2640), para los minutos del proceso (555,35)

Tabla 7-4: Capacidad máxima

ESTACIONES DE TRABAJO	TIEMPOS	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA SEMANAL	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA MENSUAL
Selección de materiales	30,49		
Corte de piezas	220,65		
Formado de piezas	555,35	4,75 puertas	20,74 puertas
Fraguado de piezas	105,56		
Suelda de piezas	306,53		
Pulimento de puerta	55,37		
Fondeo de puerta	203,94		
Pintura de puerta	424,22		

Realizado por: Ana Pilco 2016

4.2.2. Análisis de Valor Agregado proceso de formado de piezas

Tabla 8-4: AVA Formado de piezas

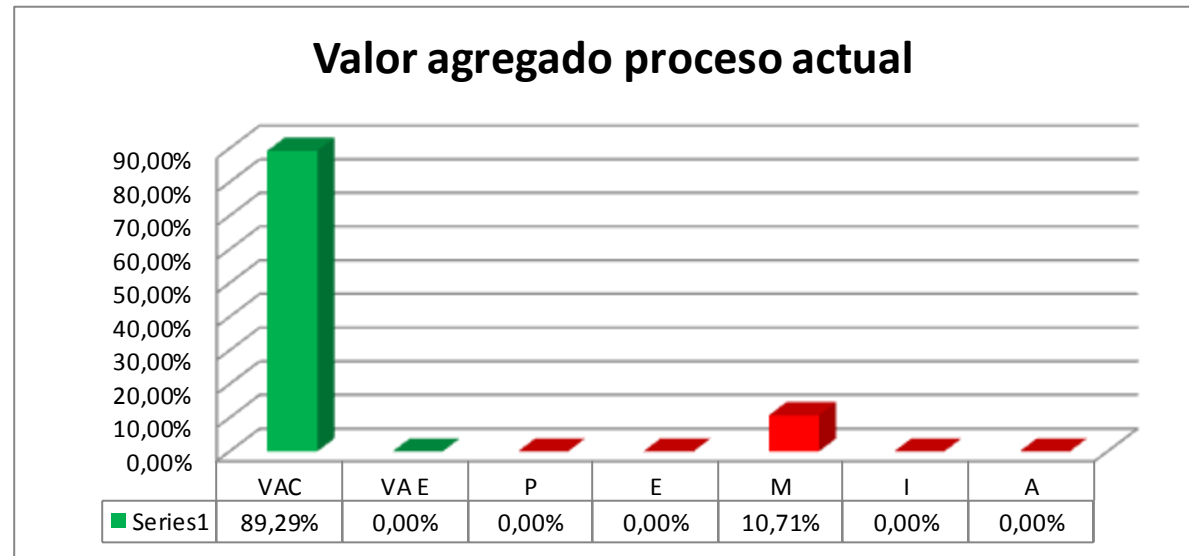
ANALISIS DE VALOR AGREGADO									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	PROCESOS CRÍTICOS Y ACTIVIDADES	Tiempos Efectivos (Min.)
								FORMADO DE PIEZAS	555,35
4					1			Colocación de piezas cortadas en baroladora	47,04
5	1							Dar forma a piezas conforme diseño requerido	495,86
								Revisión de diseño para forma	6,59
								Ajustar piezas en baroladora	26,60
								Formar piezas	462,67
6					1			Transportar piezas formadas a fragua	12,45
	1	0	0	0	2	0	0		
									555,35
COMPOSICION DE ACTIVIDADES		Método Actual			TIEMPO TOTAL EN DIAS		1,16		
		No.	Tiempo	%					
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE	1	495,86	89,29%					
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA	0	0,00	0,00%					
P	PREPARACION	0	0,00	0,00%					
E	ESPERA	0	0,00	0,00%					
M	MOVIMIENTO	2	59,49	10,71%					
I	INSPECCION	0	0,00	0,00%					
A	ARCHIVO	0	0,00	0,00%					
TT	TOTAL	3	555,35	100,00%					

TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO	495,86		
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO	89,29%		

Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 1-4: AVA Actual formado

VAC	89,29%
VA E	0,00%
P	0,00%
E	0,00%
M	10,71%
I	0,00%
A	0,00%
	100%



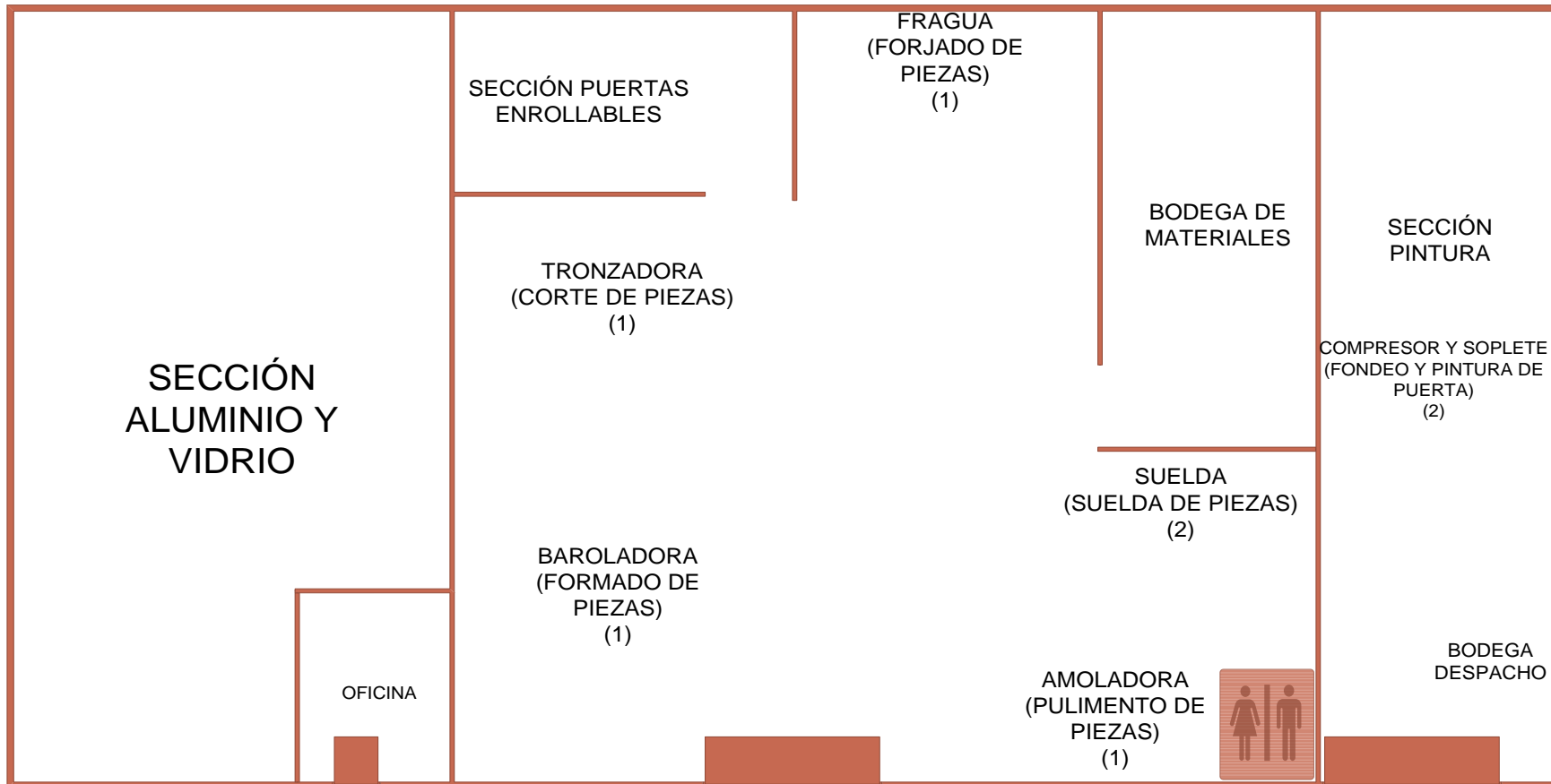
Realizado por: Ana Pilco 2016

El nuevo análisis de valor agregado del proceso de formado de piezas que representa la nueva restricción, refleja que existe un 89,29% de valor agregado hacia el cliente, dejando un 10,71% de movimientos; sin embargo los movimientos realizados en este proceso no son innecesarios ya que se deben realizar obligatoriamente.

Como se ha determinado que no se puede mejorar el proceso ya que sus actividades tienen un alto índice de valor agregado hacia el cliente, se realizará el análisis de otra herramienta para poder explotar la restricción. Se realizará un análisis de Layout y diagrama de recorrido, para lo cual se presenta el diseño de planta y diagrama de recorrido a continuación:

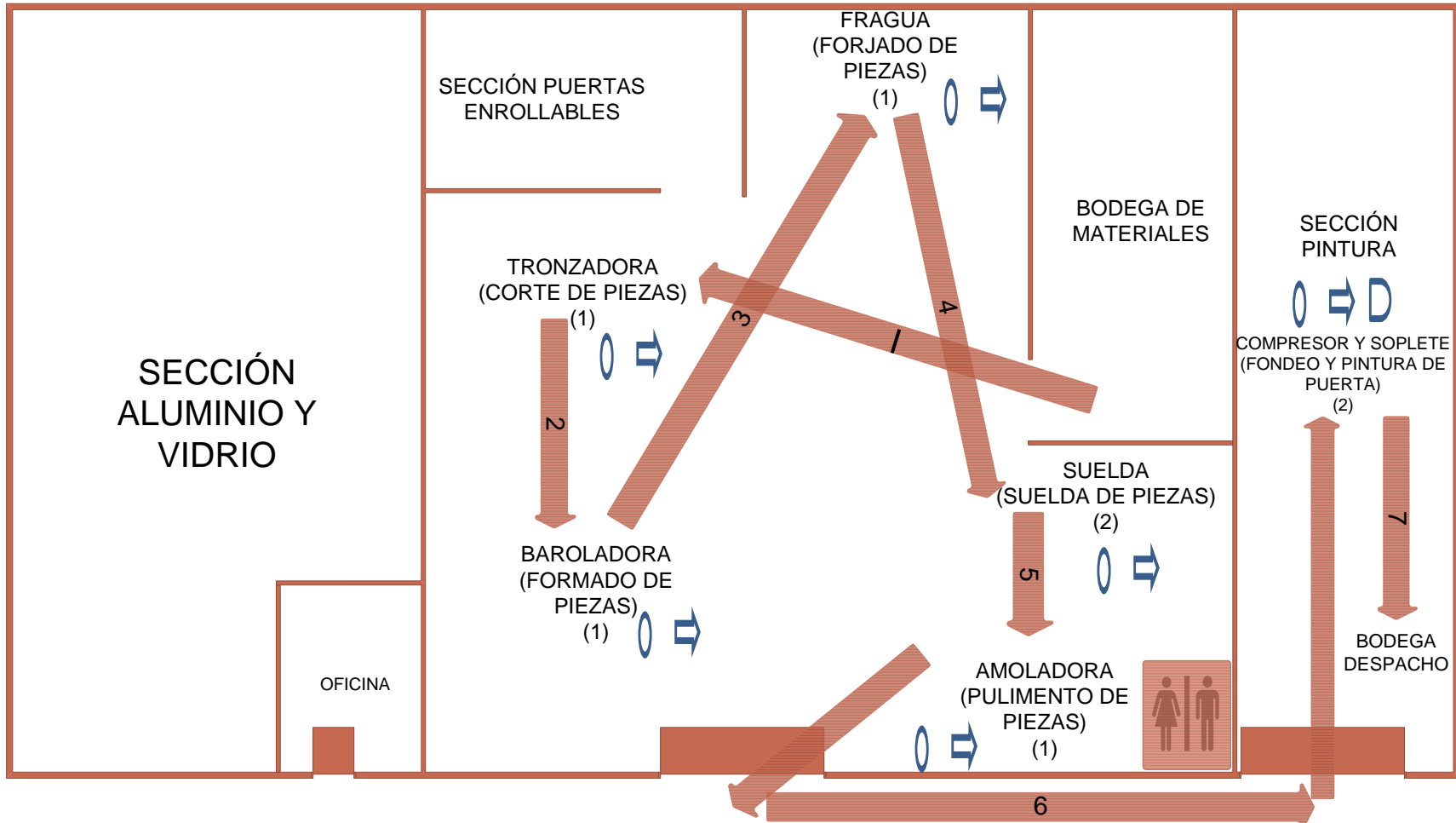
4.2.3. Análisis de Layout y diagrama de recorrido

Figura 2-4. Layout



Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 3-4. Recorrido



Realizado por: Ana Pilco 2016

En base al layout se analizará el inventario de máquinas existentes.

Tabla 9-4: Inventario de máquinas

DESCRIPCIÓN	#
Tronzadora	1
Baroladora	1
Fragua	1
Suelda	2
Amoladora	1
Compresor	2

Realizado por: Ana Pilco 2016

Como se observa, el proceso de formado de piezas cuenta con una sola baroladora, de tal manera que la restricción puede explotarse al incrementar una baroladora más.

Tabla 10-4: Explotar nueva restricción

RESTRICCIÓN	PROBLEMA	ESTRATEGIA	TÁCTICA	MONTO
FORMADO	Elevado tiempo en actividad de formado	Disminuir el tiempo de entrega de producto al cliente	Implementar una barolaroda adicional	\$4000

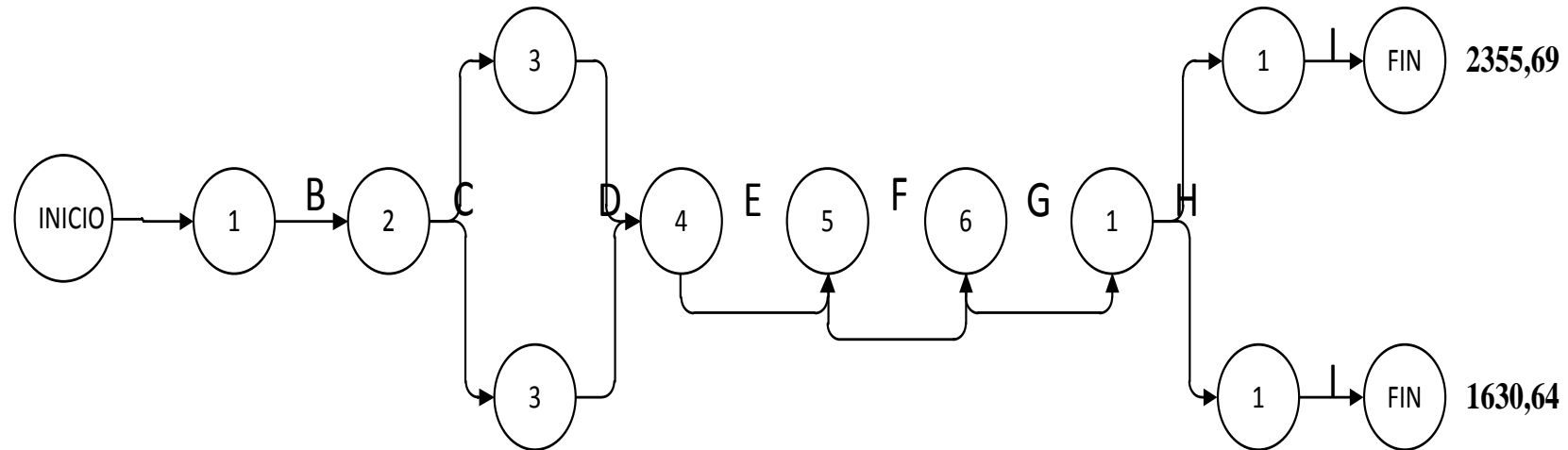
Realizado por: Ana Pilco 2016

Posterior a la implementación de la baroladora adicional por parte de la empresa, se ha determinado el tiempo de formado como se observa en el siguiente diagrama, especificando que la cantidad de piezas se han dividido equitativamente para las dos baroladoras.

Es importante mencionar que la propuesta ha requerido la contratación de un nuevo operario.

A continuación se muestra un análisis Pert con la situación actual y las propuestas:

Figura 4-4: Pert



Revisión materiales		Corte piezas		Forma		Fragua		Solda		Pulimento		Lavado		Fondeo		Pintura	
0	30,49	30,49	251,14	251,14	806,49	806,49	912,05	912,05	1218,57	1218,57	1273,94	1273,94	1477,88	1477,88	2355,69	2355,69	2355,69
0	30,49	30,49	251,14	251,14	535,04	535,04	640,60	640,60	947,12	947,12	1002,49	1002,49	1206,43	1206,43	1630,64	1630,64	1630,64

Realizado por: Ana Pilco 2016

Para determinar los tiempos de la baroladora se ha realizado un diagrama de operaciones múltiple, donde se pueden evidenciar los tiempos en las actividades realizadas para el proceso de formado.

Tabla 11-4: Diagrama de actividades múltiple

BAROLADORA		
ACTIVIDAD	TIEMPO	MIN
Colocación de piezas cortadas en baroladora	23,52	1
		8
		16
		23,52
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	247,93	43
		65
		87
		109
		131
		153
		175
		197
		219
		241
		263
271,45		
Transportar piezas formadas a fragua	12,45	283,90

Realizado por: Ana Pilco 2016

La información del nuevo tiempo estándar se presenta a continuación.

Tabla 12-4: Diagrama de proceso

DIAGRAMA DE PROCESO					
DESCRIPCIÓN	TIEMPO M (min)	FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO N	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR
Selección de materiales	22,88		28,14		30,49
Verificar existencias en bodega	5,34	1,23	6,57	7%	7,03
Seleccionar materiales en bodega	12,43	1,23	15,29	7%	16,36
Transportar materiales a estación de corte	5,11	1,23	6,29	13%	7,10
Corte de piezas	171,23		199,67		220,65
Medición de materiales	45,31	1,08	48,93	9%	53,34
Ubicación de materiales en mesa de corte	11,23	1,24	13,93	8%	15,04
Cortar piezas conforme diseño	106,37	1,19	126,58	11%	140,50
Transportar piezas cortadas a estación de formado	8,32	1,23	10,23	15%	11,77
Formado de piezas	224,115		254,16		283,90
Colocación de piezas cortadas en baroladora	19,10	1,13	21,58	9%	23,52
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	195,90	1,13	221,37	12%	247,93
Transportar piezas formadas a fragua	9,12	1,23	11,22	11%	12,45
Fraguado de piezas	86,07		95,56		105,56
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	25,56	1,13	28,88	9%	31,48
Forjar piezas conforme diseño	42,11	1,08	45,48	12%	50,94
Enfriamiento de piezas fojadas	11,03	1,18	13,02	8%	14,06
Transportar piezas a estación de suelda	7,37	1,11	8,18	11%	9,08
Suelda de piezas	242,78		274,34		306,53
Fijar marco	65,13	1,13	73,60	11%	81,69

Fijar hoja	112,43	1,13	127,05	12%	142,29
Fijar toldo o verja	65,22	1,13	73,70	12%	82,54
Pulimento de puerta	42,27		49,88		55,37
Pulir imperfecciones de suelda	42,27	1,18	49,88	11%	55,37
Fondeo de puerta	48,21		184,00		203,94
Aplicación de químico antioxidante	48,21	1,23	59,30	11%	65,82
Secar puerta	30,00	1,00	30,00	7%	32,10
Aplicación de químico adherente	42,56	1,23	52,35	11%	58,11
Secar puerta	30,00	1,00	30,00	7%	32,10
Transporte de puerta a pintura	12,35	1,00	12,35	28%	15,81
Pintura de puerta	321,6		806,59		424,22
Aplicación de pintura según color elegido por cliente	257,40	1,23	316,60	11%	351,43
Secar puerta	56,08	1,00	56,08	7%	60,0
Transporte de puerta a bodega de despacho	8,12	1,23	9,99	28%	12,78
				MINUTOS	1630,64
				HORAS	27,18
				DÍAS	3,39

Realizado por : Ana Pilco 2016

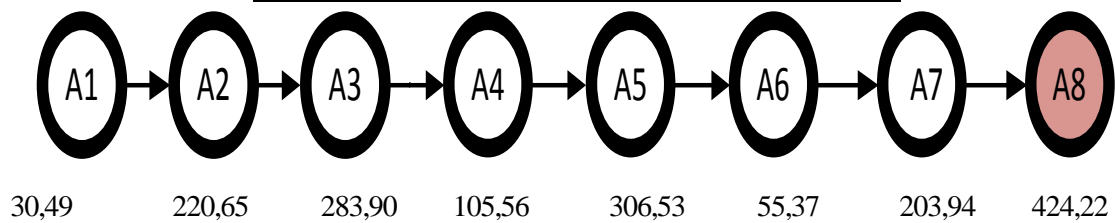
Por medio de la implementación de la baroladora adicional en la planta de la empresa, el tiempo total de producción se redujo considerablemente ya que el tiempo de formado de piezas se redujo de 555,35 a 283,90 minutos; y reduciendo el tiempo de producción total de 3,93 a 3,39 días, lo que representa en minutos una disminución de 271,45 minutos

4.3. Identificar nuevas restricciones

Habiendo disminuido la restricción o el cuello de botella representado por el proceso de formado, se procede hacer un nuevo análisis para detectar las nuevas restricciones, para lo cual se realiza el siguiente diagrama:

Tabla 13-4: Identificar nuevas restricciones

#	DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR (min)
A1	Selección de materiales	30,49
A2	Corte de piezas	220,65
A3	Formado de piezas	283,90
A4	Fraguado de piezas	105,56
A5	Suelda de piezas	306,53
A6	Pulimento de puerta	55,37
A7	Fondeo de puerta	203,94
A8	Pintura de puerta	424,22



Realizado por: Ana Pilco 2016

Al analizar nuevamente los tiempos de todos los procesos se puede observar que la nueva restricción está representada por el proceso de pintura nuevamente, con un tiempo de 424,22 minutos.

4.3.1. Capacidad máxima del sistema

La capacidad máxima del sistema se ha obtenido identificando el nuevo proceso que representa el mayor cuello de botella, siendo en este caso el proceso de pintura; al tener un tiempo de proceso en minutos de 424,22, se ha determinado que semanalmente esa estación de trabajo como máximo tiene una capacidad de 6,22, lo cual resulta de la división de los minutos laborables semanales (2640), para los minutos del proceso (424,22)

Tabla 14-4: Capacidad máxima

ESTACIONES DE TRABAJO	TIEMPOS	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA SEMANAL	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA MENSUAL
Selección de materiales	30,49		
Corte de piezas	220,65		
Formado de piezas	283,90		
Fraguado de piezas	105,56		
Suelda de piezas	306,53		
Pulimento de puerta	55,37		
Fondeo de puerta	203,94		
Pintura de puerta	424,22	6,22 puertas	27,16 puertas

Realizado por: Ana Pilco 2016

4.3.2. Análisis de Valor Agregado proceso con propuestas

Tabla 15-4: AVA con propuesta

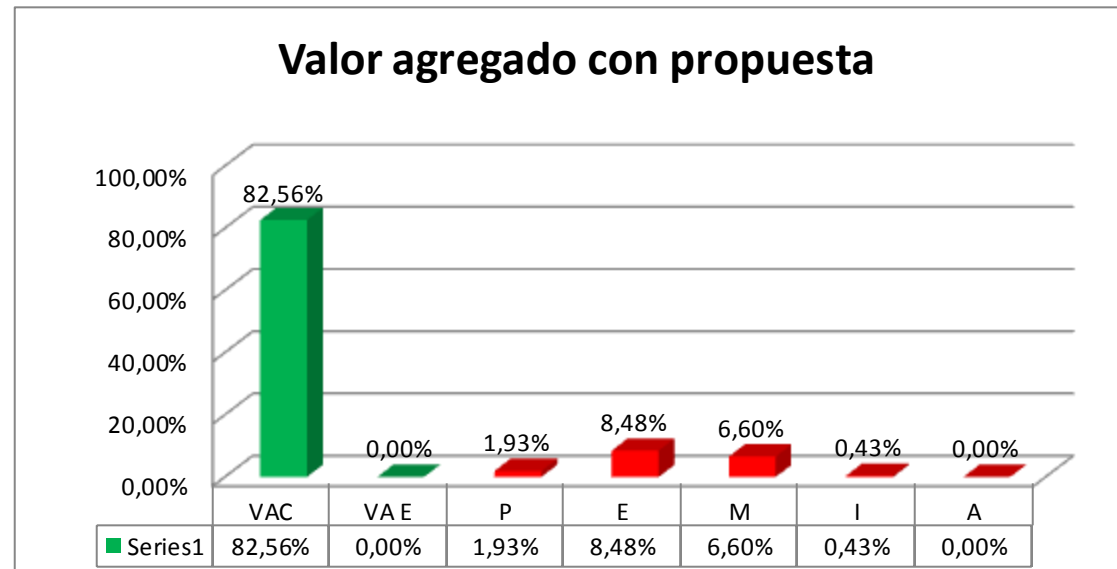
ANALISIS DE VALOR									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD	Tiempos Efectivos (Min.)
1						1		Verificar existencias en bodega	7,03
2	1							Seleccionar materiales en bodega	16,36
4					1			Transportar materiales a estación de corte	7,10
5	1							Medición de materiales	53,34
6					1			Ubicación de materiales en mesa de corte	15,04
7	1							Cortar piezas conforme diseño	140,50
8					1			Transportar piezas cortadas a estación de formado	11,77
9					1			Colocación de piezas cortadas en baroladora	23,52
10	1							Dar forma a piezas conforme diseño requerido	247,93
11					1			Transportar piezas formadas a fragua	12,45
12			1					Sometimiento de piezas a altas temperaturas	31,48
13	1							Forjar piezas conforme diseño	50,94
14				1				Enfriamiento de piezas fojadas	14,06
15					1			Transportar piezas a estación de suelda	9,08
16	1							Fijar marco	81,69
17	1							Fijar hoja	142,29
18	1							Fijar toldo o verja	82,54
20	1							Pulir imperfecciones de suelda	55,37
23	1							Aplicación de químico antioxidante	65,82

24				1				Secar puerta	32,10		
26	1							Aplicación de químico adherente	58,11		
27				1				Secar puerta	32,10		
28					1			Transporte de puerta a pintura	15,81		
30	1							Aplicación de pintura según color elegido por cliente	351,43		
31				1				Secar puerta	60,01		
32					1			Transporte de puerta a bodega de despacho	12,78		
	12	0	1	4	8	1	0				
									1630,64		
	COMPOSICION DE ACTIVIDADES							Método Actual		TIEMPO TOTAL EN DIAS	3,39
								No.	Tiempo	%	
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)							12	1346,32	82,56%	
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA							0	0,00	0,00%	
P	PREPARACION							1	31,48	1,93%	
E	ESPERA							4	138,26	8,48%	
M	MOVIMIENTO							8	107,55	6,60%	
I	INSPECCION							1	7,03	0,43%	
A	ARCHIVO							0	0,00	0,00%	
TT	TOTAL							26	1630,64	100,00%	
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO							1346,32			
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO							82,56%			

Realizado por: Ana Pilco 2016

VAC	82,56%
VA E	0,00%
P	1,93%
E	8,48%
M	6,60%
I	0,43%
A	0,00%
	100%

Figura 5-4: Valor agregado con propuesta



Realizado por: Ana Pilco 2016

Analizando el valor agregado integrando la propuesta, se puede determinar que se tiene un valor agregado hacia el cliente de 82,56%, actividades de espera de 8,48%, actividades de movimiento de 6,60%, actividades de preparación de 1,93% y finalmente actividades de inspección de 0,43%; reflejando una mejora sustancial.

4.4 Evaluación financiera

Esta evaluación se realiza con el propósito de demostrar la viabilidad de la propuesta en las condiciones de financiamiento planteadas y determinar los márgenes de variación de esas condiciones.

En el presente proyecto se utilizarán los siguientes indicadores:

- **TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO (TMAR)**
- **VALOR ACTUAL NETO (VAN)**
- **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**
- **PERIODO DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL (PRC)**

La evaluación financiera tiene como finalidad determinar el impacto económico que tiene la propuesta realizada sobre los ingresos de Industrias Metálicas Vilema; de tal manera que se presentará un balance de resultados del año 2015, sobre el cual se realizará una proyección, estimando los ingresos que tendrá la empresa, debido a su nueva capacidad de producción.

Throughput inicial

El cálculo del Throughput es el siguiente:

$$T = N(PV - CTV)$$

Siendo:

T= Throughput

N= 11 puertas producidas

PV= 850 (precio de venta)

CTV= 828,71 (costo variable)

Entonces se tiene:

$$T = 11(850 - 828,71)$$

$$T = 234,11$$

Ingreso de la empresa

Se ha determinado el ingreso anual de la empresa, el cual se ha obtenido en base a la cantidad producida en el mes que se realizó el levantamiento de información (11 puertas forjadas de garaje), por el precio y por 12 (meses del año).

Tabla 16-4: Ingreso

Producción mes	11,00
PVP	850
Ingreso mes	9350
Ingreso año	112200

Realizado por: Ana Pilco 2016

Gastos operativos

Los egresos de la empresa están representados por la suma del costo de producción, gastos administrativos y de ventas; dichos montos se aprecian en la siguiente tabla; donde el balance ha sido proyectado hasta el año 2020 con el índice de inflación acumulado del año 2015 que es de 3,38%; con la finalidad de realizar un análisis de VAN, TIR y Período de Recuperación de Capital de la inversión que se realizara en consecuencia de las propuestas realizadas.

Tabla 17-4: Balance de resultados inicial

BALANCE DE RESULTADOS						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
INGRESOS						
Ingreso por ventas puertas forjadas de garaje	112.200,00	115.992,36	119.912,90	123.965,96	128.156,01	132.487,68
Otros ingresos	98.345,32	101.669,39	105.105,82	108.658,39	112.331,05	116.127,84
TOTAL INGRESOS	210.545,32	217.661,75	225.018,72	232.624,35	240.487,05	248.615,52
EGRESOS						
Costos de producción	109.390,68	113.088,08	116.910,46	120.862,04	124.947,17	129.170,39
Mano de obra directa	56.644,68	58.559,27	60.538,57	62.584,78	64.700,14	66.887,01
Materia prima directa	50.490,00	52.196,56	53.960,81	55.784,68	57.670,20	59.619,46
Luz	1.392,00	1.439,05	1.487,69	1.537,97	1.589,96	1.643,70
Agua	240,00	248,11	256,50	265,17	274,13	283,40
Teléfono	624,00	645,09	666,90	689,44	712,74	736,83
Gastos Administrativos y ventas	45.393,16	46.927,44	48.513,59	50.153,35	51.848,53	53.601,01
Sueldos	34.304,93	35.464,43	36.663,13	37.902,34	39.183,44	40.507,84
Internet	444,00	459,01	474,52	490,56	507,14	524,28
Transporte	9.276,23	9.589,77	9.913,90	10.248,99	10.595,41	10.953,53
Publicidad	600,00	620,28	641,25	662,92	685,33	708,49

Suministros	204,00	210,90	218,02	225,39	233,01	240,89
Luz	348,00	359,76	371,92	384,49	397,49	410,92
Agua	60,00	62,03	64,12	66,29	68,53	70,85
Teléfono	156,00	161,27	166,72	172,36	178,18	184,21
TOTAL EGRESOS	154.783,84	160.015,53	165.424,05	171.015,39	176.795,71	182.771,40
UTILIDAD NETA	55.761,49	57.646,22	59.594,67	61.608,97	63.691,35	65.844,12

Realizado por: Ana Pilco 2016

Como se observa se tiene en el año 2015 una utilidad neta de 55.761,49.

Inversión y gastos por propuestas

Dentro de los rubros que se deberán realizar se encuentran los siguientes:

Tabla 4-18: Egresos por propuesta

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Monto
Horno de secado	1	7.869,26
Baroladora	1	4000
Operario	1	10.008 (anual)

Realizado por: Ana Pilco 2016

Cálculo proyectado

Para el cálculo proyectado que integra la propuesta se ha realizado de la siguiente manera.

Ingresos: se ha multiplicado la cantidad producida en el mes de levantamiento de información de la prueba piloto (18 puertas forjadas de garaje), por el precio de venta, teniendo lo siguiente:

Tabla 4-19: Proyección de ingresos

Capacidad mes	18,00
PVP	850
Ingreso mes	15300
Ingreso año	183600

Realizado por: Ana Pilco 2016

Tabla 4-20: Egresos por propuesta

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
INGRESOS						
Ingreso por ventas puertas forjadas de garaje	183.600,00	189.805,68	196.221,11	202.853,39	209.709,83	216.798,02
Otros ingresos	98.345,32	101.669,39	105.105,82	108.658,39	112.331,05	116.127,84
TOTAL INGRESOS	281.945,32	291.475,07	301.326,93	311.511,78	322.040,88	332.925,86
EGRESOS						
Costos de producción	148.601,27	153.623,99	158.816,48	164.184,48	169.733,91	175.470,92
Mano de obra directa	63.725,27	65.879,18	68.105,90	70.407,87	72.787,66	75.247,88
Materia prima directa	82.620,00	85.412,56	88.299,50	91.284,02	94.369,42	97.559,11
Luz	1.392,00	1.439,05	1.487,69	1.537,97	1.589,96	1.643,70
Agua	240,00	248,11	256,50	265,17	274,13	283,40
Teléfono	624,00	645,09	666,90	689,44	712,74	736,83
Gastos Administrativos y ventas	45.393,16	46.927,44	48.513,59	50.153,35	51.848,53	53.601,01
Sueldos	34.304,93	35.464,43	36.663,13	37.902,34	39.183,44	40.507,84
Internet	444,00	459,01	474,52	490,56	507,14	524,28
Transporte	9.276,23	9.589,77	9.913,90	10.248,99	10.595,41	10.953,53
Publicidad	600,00	620,28	641,25	662,92	685,33	708,49
Suministros	204,00	210,90	218,02	225,39	233,01	240,89
Luz	348,00	359,76	371,92	384,49	397,49	410,92
Agua	60,00	62,03	64,12	66,29	68,53	70,85
Teléfono	156,00	161,27	166,72	172,36	178,18	184,21
TOTAL EGRESOS	193.994,42	200.551,43	207.330,07	214.337,83	221.582,44	229.071,93
UTILIDAD NETA	87.950,90	90.923,64	93.996,86	97.173,95	100.458,43	103.853,93

Realizado por: Ana Pilco 2016

Como se puede observar en los resultados, habiendo integrado la propuesta se tiene una utilidad neta de \$ 87.950,90; a continuación se muestra el beneficio neto obtenido por la implementación de la propuesta.

Tabla 21-4: Utilidad diferencial

DESCRIPCIÓN	2015	2016	2017	2018	2019	2020
UTILIDAD ACTUAL	55.761,49	57.646,22	59.594,67	61.608,97	63.691,35	65.844,12
UTILIDAD CON PROPUESTA	87.950,90	90.923,64	93.996,86	97.173,95	100.458,43	103.853,93
NETO POR PROPUESTA	32.189,42	33.277,42	34.402,19	35.564,99	36.767,08	38.009,81

Realizado por: Ana Pilco 2016

Throughput con método mejorado

El cálculo del Throughput es el siguiente:

$$T = N(PV - CTV)$$

Siendo:

T= Throughput

N= 18 puertas producidas

PV= 850 (precio de venta)

CTV= 687,96 (costo variable)

Entonces se tiene:

$$T = 18(850 - 687,96)$$

$$T = 2916,56$$

Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)

La TMAR consiste en la sumatoria de 3 indicadores económicos del país que son la tasa pasiva, inflación y riesgo país, los cuales deberán mostrar si la inversión crece en términos reales, mediante la comparación de este con la TIR que debe expresar un porcentaje mayor a este valor, para que la inversión sea atractiva.

Tabla 22-4: TMAR

Indicadores	%
Tasa Pasiva*	4,53%
Tasa de inflación global de la economía*	3,38%
Riesgo del proyecto (mediano) *	5,24%
TMAR :	13,15%

Realizado por: Ana Pilco 2016

Valor Actual Neto (VAN)

Tabla 23-4: VAN

Tasa descuento	13,15%
Años	Flujos
Inversión	11.869,26
Año 1	32.189,42
Año 2	33.277,42
Año 3	34.402,19
Año 4	35.564,99
Año 5	36.767,08
VAN	116.286,80

Realizado por: Ana Pilco 2016

Los valores representados en la tabla corresponden a la inversión total y a los flujos netos generados en cada año en el cálculo del flujo de efectivo; por lo tanto se concluye que luego de traer los flujos a valor presente son > 0 con un valor de \$116.286,80, con lo cual según este indicador la rentabilidad quedaría demostrada.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Tabla 24-4: TIR

Años	Flujos
Inversión	-11.869,26
Año 1	32.189,42
Año 2	33.277,42
Año 3	34.402,19
Año 4	35.564,99
Año 5	36.767,08
TIR	272,98%

Realizado por: Ana Pilco 2016

Tras la aplicación de la fórmula correspondiente y mediante la información tomada del estado de flujo efectivo, se obtuvo una TIR de 272,98%, que es la tasa que hace que el VAN sea cero, además si se compara este valor con la TMAR 13,15%, se ve que es mayor, cumpliendo con esta condición.

Periodo de Recuperación de Capital

Tabla 25-4: Período de recuperación de capital

Inversión USD		11.869,26	
Tiempo	Flujo de Fondos	Valor USD	Acumulación de Flujos USD
Año 1	Flujo de Fondos 1	32.189,42	32.189,42
Año 2	Flujo de Fondos 2	33.277,42	65.466,83
Año 3	Flujo de Fondos 3	34.402,19	99.869,03
Año 4	Flujo de Fondos 4	35.564,99	135.434,01
Año 5	Flujo de Fondos 5	36.767,08	172.201,10

0,37	0 ANOS
4,42	4 MESES
12,74	12 DÍAS

Realizado por: Ana Pilco 2016

La tabla representa en función de los flujos netos de utilidad, en qué tiempo se logra recuperar la inversión de 11.869,26 usd; y posterior a la aplicación de la fórmula establecida se ha calculado que se recupera el capital en un tiempo aproximado de 4 meses y medio.

Costo beneficio

Contrario al VAN, cuyos resultados están expresados en términos absolutos, este indicador financiero expresa la rentabilidad en términos relativos. La interpretación de tales resultados es en centavos por cada dólar que se ha invertido.

Tabla 26-4: Relación Costo Beneficio

Tasa descuento	
Años	Flujos
Año 1	32.189,42
Año 2	33.277,42
Año 3	34.402,19
Año 4	35.564,99
Año 5	36.767,08
Total	172.201,10
Inversión	11.869,26
Beneficio/Costo	14,51

Realizado por: Ana Pilco 2016

Se tiene un índice de costo beneficio de 14,51, lo cual significa que por cada dólar invertido se obtiene un retorno de 14,51 dólares.

Demanda del producto

Con la finalidad de tener un sustento para la producción futura, se ha realizado una proyección de la demanda en base a los pedidos históricos que los clientes han realizado a IMEV, teniendo lo siguiente:

Tabla 27-4: Demanda proyectada

DEMANDA PROYECTADA										
Cuenta	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pedidos realizados	204	192	228	252	288	289	290	291	292	293
Producción real puertas forjadas	132	132	144	156	132	289	290	291	292	293
Crecimiento porcentual		0%	8%	8%	-15%					

Realizado por: Ana Pilco 2016

Para la proyección de la demanda, se ha utilizado el método de proyección en base al crecimiento histórico presentado por IMEV; de tal manera que se han tomado las cifras de pedidos desde el año 2011 y en base a ello se ha obtenido el promedio de crecimiento; a partir de dicha cifra se ha proyectado el crecimiento de la demanda, sustentando así las ventas futuras.

Resumen de resultados

Tabla 28-4: Resumen de resultados

DESCRIPCION	SITUACION INICIAL	SITUACION METODO MEJORADO
TIEMPO TOTAL PROCESO	4,91 (días)	3,39 (días)
UTILIDAD NETA	55.761,49 (USD)	87.950,90 (USD)
INDICE DE VALOR AGREGADO	67,68%	82,56%
CAPACIDAD MÁXIMA	13 (Puertas al mes)	27 (Puertas al mes)
TROUGHPUT	234,11	2916,56

Realizado por: Ana Pilco 2016

4.5: Índices de Productividad

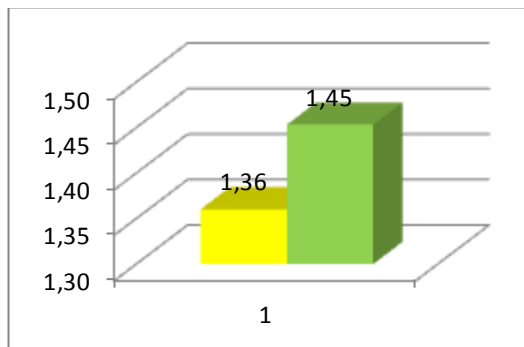
A continuación se calcularán los índices de productividad para la situación inicial y para el modelo mejorado, de tal manera que se podrá realizar el análisis comparativo entre los dos estados.

Tabla 29-4: Índices de productividad total

		INICIAL		MEJORADO	
Productividad total=	INGRESOS	17.545,44	1,36	23.495,44	1,45
	EGRESOS	12.898,65		16.166,20	

Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 6-4: Índice de producción total



Realizado por: Ana Pilco 2016

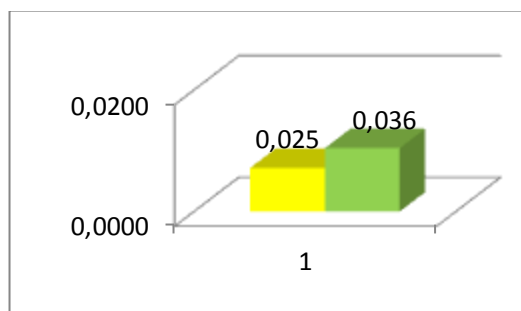
El índice de rentabilidad inicial es de 1,36 y con el método mejorado aumenta en un valor de 1,45 lo que representa un incremento del 6,62%

Tabla 30-4: Índices de productividad laboral

		INICIAL		MEJORADO	
Productividad laboral=	UNIDADES	1,00	0,025	1	0,036
	hH Trabajadas	39,26		27,18	

Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 7-4: Índice de producción laboral



Realizado por: Ana Pilco 2016

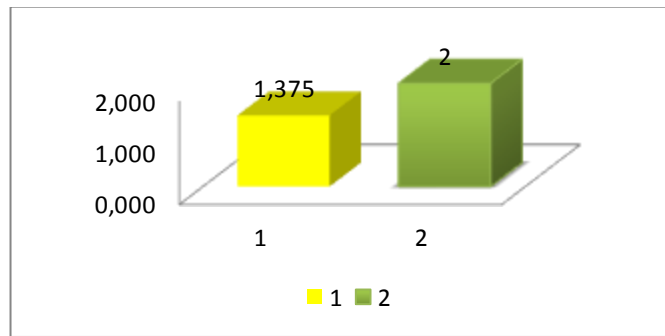
Con el método actual se produce a razón de 0,025 puertas/hh y con el método mejorado se produce 0,036 puertas/hh

Tabla 31-4: Índices de productividad por trabajador

		INICIAL		MEJORADO	
Producción por trabajador	UNIDADES	11,00	1,375	18	2
	# trabajadores	8		9	

Realizado por: Ana Pilco 2016

Figura 8-4: Índice de producción por trabajador



Realizado por: Ana Pilco 2016

Con el método actual se produce 1,375 puertas por trabajador y con el método mejorado se produce 2 puertas por trabajador.

CONCLUSIONES

- Por medio del levantamiento de información se han podido determinar los métodos actuales de producción de puertas forjadas de garaje, de tal manera que se han detectado también los problemas implícitos para que existan tiempos muertos en la producción y por ende que no puedan cumplirse adecuadamente con los tiempos de entrega del producto hacia los clientes.
- Por medio de la aplicación de la teoría de restricciones, se detectaron 2 restricciones específicas que limitaban de gran manera al sistema productivo de IMEV, las restricciones radicaban en los procesos de pintura y formado de piezas.
- Con la finalidad de mejorar los tiempos de entrega al cliente y en general la productividad de la empresa, se explotaron las dos restricciones existentes, ello por medio de la implementación de un horno de secado que disminuye el tiempo de dicho proceso a una hora, y también con la implementación de una nueva baroladora con su respectivo operario, lo cual disminuye el tiempo de formado a casi la mitad del tiempo que se utilizaba inicialmente.
- Los resultados de la aplicación de las propuestas realizadas, incrementaron considerablemente la producción de IMEV, ello se refleja en una proyección de ingresos que tienen una TIR de 272,98% y un costo beneficio de 14,51.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que la empresa mantenga monitoreado el sistema de producción por medio de herramientas de medición como el cronometraje, y en base a ello realice los análisis respectivos para optimizar el sistema.
- La teoría de restricciones es una herramienta válida para este tipo de empresa que tiene una producción en línea de ensamble, de tal manera que se pueden encontrar cuellos de botella y mejorarlos con la aplicación de esta herramienta.
- Es necesario que la empresa adopte herramientas de gestión en general, específicamente en lo que se refiere a producción, ya que se debe tener un enfoque total hacia la satisfacción del cliente..

BIBLIOGRAFÍA

- BERRÍO, D.** (2008). *Costos para administrar empresas manufactureras, comerciales y de servicios*. Barranquilla: Uninorte.
- DETTMER, W. (1997). *Goldratts theory of contrains*. Milwaukee: ASQ.
- GROOVER, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna*. México: Prentice Hall.
- HAY, E. (2002). *Justo a tiempo*. Barcelona: Norma.
- HEIZER, J., & Barry, R. (2005). *Operations Management*. Florida: Prentice.
- HORNE, V., James, C., & Wachowicz, J. (2002). *Fundamentos de Administración Financiera*. México: Pearson Education.
- KOFMAN, F. (2006). *Metamanagment*. Buenos Aires: Granica. INEC. (2014). *Ecuador en cifras*. Recuperado el 02 de 11 de 2014, de Ecuador en cifras: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas/>
- KRAJEWSKI, RITZMAN, & MALHOTRA. (2000). *Administración de operaciones*. Boston: Pearson.
- LAPORE, D., & COHEN, O. (2002). *Deming Y Goldratt la Teoría de Restricciones Y El Sistema de Conocimiento Profundo. El Decálogo*. Barcelona: MacGraw .
- MEYERS, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos*. México: Pearson.
- MINATI, M. (2012). *Tiempos y Métodos*. Milano: IPSOA.
- OCHOA, C., & Arana, P. (1997). *Gestión de la Producción*. España: Donostiarra.
- SANTAMARÍA, D. (2012). *Diseño y construcción cabina-horno de pintura con un sistema de alimentación de glp para la empresa automotores santamaria*. Latacunga: ESPE.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Senplades.
- THRUMAN, J., & LOUZINEK, K. (1998). *Ingeniería de métodos, Mayor productividad y un mejor lugar de trabajo*. México: Alfaomega.

ANEXOS

Anexo A: Fotografías horno





Anexo B: Fotografías baroladora



Anexo C: Diagrama Hombre máquina

Tronzadora

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Máquina:	Tronzadora			Actividad	
Subproceso:	Corte de piezas				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Ana Pilco			Fecha:	
Revisado por:				Hoja:	1/1.
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Medición de materiales	3			3	Espera
	6				
	9				
	12				
	15				
	18				
	21				
	24				
	27				
	30				
	33				
	36				
	39				
	42				
45					
	53,34			53,34	
Ubicación de materiales en mesa de corte	56			56	
	58				
	60				
	62				
	64				
	66				
	68,38			68,38	

	50			50	
	55			55	
	60			60	
	65			65	
	70			70	
	75			75	
	80			80	
	85			85	
	90			90	
	95			95	
	100			100	
	105			105	
	110			110	
	115			115	
	120			120	
	125			125	
Cortar piezas según diseño	130			130	Corta piezas
	135			135	
	140			140	
	145			145	
	150			150	
	155			155	
	160			160	
	165			165	
	170			170	
	175			175	
	180			180	
	185			185	
	190			190	
	195			195	
	200			200	
	205			205	
	208,88			208,88	

Realizado por: Ana Pilco 2016

Baroladora

DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA					
Máquina:	Baroladora			Actividad	
Subproceso:	Forma de piezas				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Ana Pilco			Fecha:	
Revisado por:				Hoja:	1/1.
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MAQUINA	Min.	MAQUINA
Colocación de piezas cortadas en baroladora	5			5	Espera
	10				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	45				
	47,04				
				47,04	Encendido de máquina
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	50			50	Formar piezas
	75				
	100				
	125				
	150				
	175				
	200				
	225				
	250				
	275				
	300				
	325				
	350				
	375				
	400				
	425				
	450				
	475				
	500				
	525				
	542,90			542,900	
	0			7	

Realizado por: Ana Pilco 2016

Fragua

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Máquina:	Fragua			Actividad	
Subproceso:	Fragua de piezas				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Ana Pilco				
Revisado por:				Hoja:	1/1.
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	2,5			2,5	Calentamiento de fragua
	5			5	
	7,5			7,5	
	10			10	
	12,5			12,5	Calentar piezas
	15			15	
	17,5			17,5	
	20			20	
	22,5			22,5	
	25			25	
	27,5			27,5	
	30			30	
31,48			31,48		
Forjar piezas conforme diseño	35			35	Espera
	40			40	
	45			45	
	50			50	
	55			55	
	60			60	
	65			65	
	70			70	
	75			75	
	80			80	
82,4185			82,4185		
Enfriamiento de piezas fojadas	85			85	
	86			86	
	87			87	
	88			88	
	89			89	
	90			90	
	91			91	
	92			92	
96,48			96,48		

Realizado por: Ana Pilco 2016

Suelda

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Máquina:	Suelda			Actividad	
Subproceso:	Suelda de piezas				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Ana Pilco				
Revisado por:				Hoja:	1/1.
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MAQUINA
Fijar marco	5			5	Encendido de suelda
	10			10	Suelda de piezas
	20			20	
	25			25	
	30			30	
	35			35	
	40			40	
	45			45	
	50			50	
	60			60	
	65			65	
	75			75	
	80				
	81,69			81,69	
Fijar hoja	85			85	
	97			97	
	109			109	
	121			121	
	133			133	
	145			145	
	157			157	
	169			169	
	181			181	
	205			205	
	223,98			223,98	
Fijar toldo o verja	230			230	
	241			241	
	252			252	
	274			274	
	285			285	
	296			296	
	306,53			306,53	

Amoladora

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Máquina:	Amoladora			Actividad	
Subproceso:	Pulido de puerta				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Ana Pilco				
Revisado por:				Hoja:	1/1.
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Pulir puerta	1,00			1,00	Encendido de amoladora
	5,00			5,00	Pulir puerta
	10,00			10,00	
	14,33			14,33	
	18,83			18,83	
	23,33			23,33	
	27,83			27,83	
	32,33			32,33	
	36,83			36,83	
	41,33			41,33	
	45,83			45,83	
	50,33			50,33	
	55,37			55,37	

Realizado por: Ana Pilco 2016

Soplete

DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA					
Máquina:	Compresor-soplete			Actividad	
Subproceso:	Fondeo de puerta y pintura				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Ana Pilco			Fecha:	
Revisado por:				Hoja:	1/1.
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MAQUINA	Min.	MAQUINA
Aplicación de químico antioxidante	1			1	Encendido de compresor
	13			13	
	25			25	
	37			37	
	49			49	
	61			61	
	73			73	
	85			85	
	97			97	
	109			109	
	121			121	
	133			133	
	145			145	
	157			157	
	169			169	
181			181		
193			193		
205,15			205,15		
Secar puerta	218			218	
	222			222	
	226			226	
	230			230	
	234			234	
	237,25			237,25	

Selección de color	239,79			239,79
	245			245
Realizar mezcla de pintura con tinher	251,04			251,04
Verter mezcla en soplete-compresor	253,30			253,3
	260			260
	270			
Pintar puerta	588,68			588,68
	650			650
	750			750
	850			850
	950			950
Secar puerta	1102,28			1102,28

Realizado por: Ana Pilco 2016

Resumen hombre máquina

Hombre máquina - resumen

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Subproceso:	Corte de piezas				Independiente
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Medición de materiales	53,34			53,34	
Ubicación de materiales en mesa de corte	68,38			68,38	Espera
Cortar piezas según diseño	208,88			208,88	Corte

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Subproceso:	Forma de piezas				Independiente
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Colocación de piezas cortadas en baroladora	47,04			47,04	Encendido de máquina
Dar forma a piezas conforme diseño requerido	542,90			542,9007	Formado

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Subproceso:	Fraga de piezas				Independiente
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Sometimiento de piezas a altas temperaturas	31,48			31,48	Calentar piezas
Forjar piezas conforme diseño	82,4185			82,41851	Espera
Enfriamiento de piezas fojadas	96,48			96,48	

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA						
Subproceso:	Suelta de piezas					Independiente
HOMBRE	Min.		HOMBRE	MAQUINA	Min.	MAQUINA
Fijar marco	81,69				81,69	
Fijar hoja	223,98				223,98	
Fijar toldo o verja	306,53				306,53	

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA						
Subproceso:	Pulido de puerta					Independiente
HOMBRE	Min.		HOMBRE	MAQUINA	Min.	MAQUINA
Pulir puerta	55,37				55,37	

DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA						
Subproceso:	Fondeo de puerta y pintura					Independiente
HOMBRE	Min.		HOMBRE	MAQUINA	Min.	MAQUINA
	205,15				205,15	
	237,25				237,25	
Selección de color	245				245	
Realizar mezcla de pintura con tinher	251,04				251,04	
Pintar	950				950	
Secar puerta	1102,28				1102,28	

Realizado por: Ana Pilco 2016