



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA FABRICACIÓN DE SILLAS DE LA EMPRESA MUEBLES DE ACERO VITERI.**

**SILVANA NATALY HARO ACOSTA**

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN GESTIÓN INDUSTRIAL Y SISTEMAS  
PRODUCTIVOS.**

Riobamba – Ecuador

Diciembre 2018

## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

### CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA FABRICACIÓN DE SILLAS DE LA EMPRESA MUEBLES DE ACERO VITERI”, de responsabilidad de la Ing. Silvana Nataly Haro Acosta ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

### Tribunal:

Ing. Juan Mario Vargas Guambo Ph. D.

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Ing. Jaime Iván Acosta Velarde; Msc

**DIRECTOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Ing. Juan Carlos Cayán Martínez; Msc

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Ing. Blanca Irene Vargas Guambo; Mgs

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Riobamba, Diciembre 2018

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, SILVANA NATALY HARO ACOSTA, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

SILVANA NATALY HARO ACOSTA  
CI: 060416009-3

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, SILVANA NATALY HARO ACOSTA, declaro que el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, es de mi autoría y que la interpretación, análisis y resultados del mismo son auténticos y originales.

Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados en la investigación.

Como autor/a, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

---

SILVANA NATALY HARO ACOSTA

CI: 060416009-3

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios porque llena mi vida de bendiciones, ha sido mi fortaleza en todo tiempo y porque sus planes siempre serán mejores que los míos.

A mi padre por el apoyo incondicional que me ha brindado en cada etapa vivida, por su ejemplo de perseverancia y esfuerzo para ser un buen ser humano y una buena profesional.

A mi madre por el valioso tiempo que ha sabido otorgarme, para darme confianza, cuidarme y cuidar de los míos con absoluta entrega y amor.

A mi esposo por su comprensión y aliento en este proyecto, por ser mí amigo y disfrutar de mis logros.

A mis hijos Matías, Bernarda e Isaac por ser mi fuente de inspiración, el motor de mi vida y la razón de mi compromiso permanente por ser mejor.

Silvana Nataly

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la dicha de estar viva y sana para ver culminada una más de mis metas.

A mis padres, hermanos, esposo e hijos por estar siempre junto a mí, apoyándome en todo momento.

A mi director de tesis Ing. Iván Acosta por su valioso apoyo en el asesoramiento del desarrollo de la presente investigación, por su tiempo, dedicación y paciencia, de la misma manera al Ing. Juan Carlos Cayán e Ing. Blanca Vargas por tutelar, guiar y orientar sabiamente esta investigación.

A la empresa Muebles de Acero Viteri, de la ciudad de Riobamba, en su representación el Ing. Juan Viteri, por haberme dado la oportunidad de desarrollar el presente proyecto.

Un agradecimiento especial a mis compañeros y demás personas que, durante el camino, siempre estuvieron para apoyarme y creyeron en mí.

Silvana Nataly

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>1. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>2</b>
1.1 Situación actual de la empresa Muebles de Acero Viteri .....	2
1.1.1 Antecedentes.....	2
1.1.2 Localización.....	2
1.2 Planteamiento del Problema .....	3
1.3 Formulación del Problema.....	4
1.4 Sistematización del Problema.....	4
1.5 Objetivos de la Investigación.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos .....	4
1.6 Justificación de la investigación .....	5
1.7 Hipótesis .....	5
1.7.1 Hipótesis Nula .....	5
1.7.2 Hipótesis Alternativa .....	5
1.8 Señalamiento de Variables .....	6
1.8.1 Variable Independiente.....	6
1.8.2 Variable Dependiente .....	6
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>7</b>
<b>2. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Fundamento de Referencia .....	7
2.2 Marco Teórico .....	8
2.2.1 La Teoría de Restricciones .....	8
2.2.1.1 Tipos de Restricciones.....	9
2.2.1.2 Pasos para implementar TOC .....	9
2.2.1.3 Medidas TOC .....	10
2.2.1.4 Mejora Continua .....	12
2.2.2 Análisis de Valor .....	14
2.2.2.1 Objetivos del Análisis de Valor.....	15

2.2.2.2	Conceptos básicos de Análisis de Valor .....	15
2.2.2.3	Usos del Análisis de Valor .....	16
2.2.2.4	Interpretación de los índices de Valor .....	16
2.2.3	Productividad.....	16
2.2.3.1	Medición de la productividad .....	17
2.2.3.2	Producción.....	18
2.2.3.3	Proceso productivo .....	18
2.2.4	Estudio del Trabajo.....	20
2.2.4.1	Estudio de Métodos .....	21
2.2.4.2	Medición del trabajo.....	22
2.2.5	El Cronometraje.....	24
2.2.5.1	Tipos de cronometrajes.....	24
2.2.5.2	Factor de calificación a los operarios .....	25
2.2.5.3	Etapas en el desarrollo del cronometraje .....	27
2.2.6	Herramientas de Registro y Análisis .....	29
2.2.6.1	Diagrama de procesos.....	29
2.2.6.2	Hojas de proceso.....	29
2.2.6.3	Diagrama de Flujo .....	29
2.2.6.4	Diagrama de Recorrido.....	30
2.2.6.5	Diagrama de Pareto .....	30
2.2.7	Estadístico de U Mann-Whitney.....	31
2.2.8	Evaluación Financiera .....	31
2.2.8.1	Valor Actual Neto (VAN) .....	32
2.2.8.2	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	32
2.2.8.3	Periodo de Recuperación de Capital.....	33
2.3	Marco Conceptual.....	33
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>35</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1	Tipo de Investigación .....	35
3.2	Desarrollo Metodológico .....	36
3.3	Población y Muestra .....	36
3.4	Situación Actual del Proceso de Fabricación de las Sillas de Acero y Tapizadas.....	37
3.4.1	Descripción del proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas.....	37
3.4.2	Flujo del proceso .....	40
3.4.3	Aplicación de técnicas de cronometraje .....	41



3.4.3.1	Aplicación del Método Westinghouse .....	45
3.4.3.2	Tiempos Suplemento conforme la OIT .....	50
3.4.3.3	Tiempo Estándar (método actual).....	55
3.4.4	Diagrama de procesos.....	58
3.5	Teoría de Restricciones (TOC).....	59
3.5.1	Identificación de Restricciones (método actual).....	59
3.5.2	Detección de la restricción.....	62
3.5.3	Capacidad máxima del sistema.....	64
3.5.4	Análisis de valor agregado (método actual de curado y horneado) .....	64
3.6	Desarrollo del Método Mejorado.....	66
3.6.1	Explotar restricciones .....	66
3.6.1.1	Implementación de un ventilador para enfriamiento de estructuras .....	66
3.6.2	Cronometraje del método mejorado en el proceso de curado y horneado .....	71
3.6.2.1	Tiempos con el método Westinghouse .....	71
3.6.2.2	Tiempos Estándar (método mejorado).....	74
3.6.3	Análisis de valor agregado método mejorado.....	77
3.6.4	Detección de la restricción.....	79
3.6.5	Capacidad máxima del sistema (método mejorado) .....	81
3.6.6	Análisis de valor agregado (método mejorado de curado y horneado) .....	82
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>84</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>84</b>
4.1	Análisis del Método Mejorado .....	84
4.2	Comprobación con el Estadístico U de Mann – Whitney.....	86
4.3	Análisis financiero del método mejorado .....	87
4.3.1	Throughput método actual.....	88
4.3.2	Ingresos de la empresa.....	88
4.3.3	Gastos operativos.....	88
4.3.4	Inversión y gastos propuestos .....	89
4.3.5	Cálculo de ingresos proyectados .....	90
4.3.6	Throughput método mejorado .....	91
4.3.7	Tasa mínima aceptable de rendimiento .....	92
4.3.7.1	Valor actual neto (VAN) .....	92
4.3.7.2	Tasa interna de retorno (TIR) .....	93
4.3.8	Periodo de recuperación de Capital .....	93
4.3.9	Costo beneficio .....	94

4.4	Índices de productividad.....	94
	CONCLUSIONES .....	97
	RECOMENDACIONES .....	98
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2. Escala de valores Método Westinghouse.....	26
Tabla 2-2. Porcentajes y descansos OIT. ....	28
Tabla 3-2. Simbología para diagramas de procesos.....	29
Tabla 1-3. Proceso de fabricación de sillas.....	37
Tabla 2-3. Valores de tiempos normales de las muestras de fabricación de sillas.....	42
Tabla 3-3. Factor de valoración para actividades según Westinghouse.....	45
Tabla 4-3. Tiempos de muestras aplicando el factor de valoración del método Westinghouse..	47
Tabla 5-3. Tiempo suplemento conforme a la OIT para la fabricación de sillas.....	50
Tabla 6-3. Tiempos de las doce muestras con el porcentaje de suplemento.....	52
Tabla 7-3. Tiempo estándar muestral y promedio.....	55
Tabla 8-3. Diagrama de procesos.....	58
Tabla 9-3. Análisis de valor agregado método actual.....	60
Tabla 10-3. Análisis de valor agregado (método actual).....	62
Tabla 11-3. Pareto (método actual).....	63
Tabla 12-3. Capacidad máxima del sistema (método actual).....	64
Tabla 13-3. Análisis de valor agregado método actual de curado y horneado.....	65
Tabla 14-3. Explotar restricciones. ....	66
Tabla 15-3. Presupuesto ventilador axial. ....	70
Tabla 16-3. Tiempos de las muestras aplicando el factor de valoración Westinghouse.....	71
Tabla 17-3. Tiempo estándar muestral y promedio.....	74
Tabla 18-3. Análisis de valor agregado (método mejorado).....	77
Tabla 19-3. Análisis de valor agregado método mejorado.....	79
Tabla 20-3. Pareto (método mejorado).....	80
Tabla 21-3. Capacidad máxima del sistema (método mejorado).....	82
Tabla 22-3. Análisis de valor agregado proceso mejorado de curado y horneado.....	82
Tabla 1-4. Comparación de resultados obtenidos entre el método actual y el mejorado. ....	86
Tabla 2-4. Valores críticos del estadístico de Mann Whitney.....	87
Tabla 3-4. Ingresos método actual.....	88
Tabla 4-4. Balance de resultados método actual.....	89
Tabla 5-4. Presupuesto ventilador axial. ....	90
Tabla 6-4. Ingresos proyectados.....	90
Tabla 7-4. Balance de resultados proyectados.....	90
Tabla 8-4. Utilidad Bruta Operacional.....	91
Tabla 9-4. TMAR.....	92

Tabla 10-4. VAN.....	93
Tabla 11-4. TIR.....	93
Tabla 12-4. Periodo de recuperación de capital .....	93
Tabla 13-4. Costo beneficio .....	94
Tabla 14-4. Índice de productividad total (mensual) .....	94
Tabla 15-4. Índice de productividad laboral. ....	95
Tabla 16-4. Índice de productividad por trabajador.....	96

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Localización de la empresa MAV .....	3
Figura 1-2. Círculo de Deming .....	13
Figura 2-2. Proceso productivo .....	19
Figura 3-2. Proceso lineal .....	19
Figura 4-2. Proceso intermitente .....	20
Figura 5-2. Proceso proyecto .....	20
Figura 6-2. Diagrama de Pareto .....	31
Figura 1-3. Flujo del proceso de fabricación de sillas.....	40
Figura 2-3. Método proceso actual (actividades y tiempos). .....	63
Figura 3-3. Proceso método mejorado (actividades y tiempos). .....	80

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. AVA (método actual). .....	62
Gráfico 2-3. Pareto (método actual).....	63
Gráfico 3-3. AVA proceso de curado y horneado (método actual).....	65
Gráfico 4-3. AVA (método mejorado).....	79
Gráfico 5-3. Pareto (método mejorado). .....	81
Gráfico 6-3. AVA proceso de curado y horneado (método mejorado). .....	83
Gráfico 1-4. Tiempo total del proceso .....	84
Gráfico 2-4. Tiempo del proceso de curado y horneado .....	85
Gráfico 3-4. Índice de Valor Agregado a la empresa.....	85
Gráfico 4-4. Índice de Valor Agregado curado y horneado .....	85
Gráfico 5-4. Capacidad Máxima .....	86
Gráfico 6-4. Throughput diario. ....	92
Gráfico 7-4. Índice de productividad total (mensual). ....	95
Gráfico 8-4. Índice de productividad laboral. ....	95
Gráfico 9-4. Índice de productividad por trabajador.....	96

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Layout de la Empresa Muebles de Acero Viteri

Anexo B. Diagrama de recorrido

Anexo C. Silla de acero tapizada

## RESUMEN

Cada vez son más las empresas que utilizan herramientas de mejora continua, a fin de satisfacer los requerimientos de sus clientes y lograr mantenerse en un mercado competitivo. El objetivo general de esta investigación fue mejorar la productividad en el proceso de fabricación de sillas de la empresa “Muebles de Acero Viteri”, aplicando la teoría de restricciones. A través del uso de técnicas científicas para el estudio del trabajo, como el cronometraje, la observación directa de los procedimientos y los diagramas de procesos y de recorridos, se obtuvieron datos del método actual con el que trabajaba la fábrica. Posteriormente, basado en la metodología de análisis de valor agregado, se identificó que la restricción principal del proceso se hallaba en el tiempo de espera para el enfriamiento de las estructuras de sillas, que forma parte de la etapa de curado y horneado. Para explotar la restricción, en la fase técnica de esta investigación se realizó la estandarización de los tiempos del proceso y en la fase tecnológica se implementó bajo diseño un ventilador axial que permitió una reducción del 32% en el tiempo de espera y el incremento del índice de producción en un 35,44% con una capacidad máxima de 215 sillas mensuales. El método mejorado, además demostró, que financieramente genera un índice de costo beneficio de \$ 41,05 y un aumento del throughput para la organización. Es decir, la teoría de restricciones es una herramienta efectiva en la mitigación de los cuellos de botella, por esta razón, la fábrica debe trabajar permanentemente apoyado en metodologías de mejora que contribuyan al alcance de sus metas.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA INDUSTRIAL>, <TEORÍA DE RESTRICCIONES>, <PRODUCTIVIDAD>, <SILLAS DE ACERO>, <VALOR AGREGADO>, <MEJORA CONTINUA>





## ABSTRACT

Every time there are more and more companies that use tools of continuous improvement, in order to satisfy the requirements of their clients and achieve to stand in a competitive market. The general objective of this research was to improve the productivity in the manufacturing process of chairs of the company "Muebles de Acero Viteri", applying the theory of restrictions. Through the use of scientific techniques for the study of work, such as timing, direct observation of procedures, and processes and records diagrams, data about the current method with which the factory works was obtained. Subsequently, based on the value-added analysis methodology, it was identified that the main restriction of the process was in the waiting time for the cooling of the chair structures, which is part of the curing and baking stage. To exploit the restriction, in the technical phase of this research, it was made the standardization of the process time, and in the technological phase an axial fan under design was implemented it allowed a reduction of 32% in the waiting time and the increase of the production rate by 35, 44% with a maximum capacity of 215 chairs per month. The improved method also showed that it financially generates a cost benefit index of \$ 41.05 and an increase of throughput for the organization. It means, the theory of restrictions is an effective tool in the mitigation of bottlenecks, for this reason, the factory must work permanently supported by improvement methodologies that contribute to the achievement of its goals.

**Keywords:** <RESTRICTIONS theory>, <PRODUCTIVITY>, <STEEL CHAIRS>, < VALUE-ADDED >, <CONTINUOUS IMPROVEMENT>, <INDUSTRIAL ENGINEERING >, <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>.



## INTRODUCCIÓN

Toda empresa tiene la necesidad de mejorar sus procesos de producción, por lo que constante su exigencia por la búsqueda y desarrollo de nuevas estrategias y herramientas de gestión se enfoca en la obtención de procedimientos mejorados que sean eficientes y eficaces para garantizar su competitividad, rentabilidad y la satisfacción de los clientes que demandan de sus productos y servicios.

Existen varias metodologías para lograr un mejor desempeño en las empresas y se han venido desarrollando desde finales del siglo XX. Una de ellas es la teoría de restricciones (TOC), esta sostiene que cada sistema debe tener al menos una restricción. Si esto no fuera cierto, entonces un sistema real como una organización con fines de lucro, podría obtener ganancias ilimitadas. Por lo tanto, una restricción es “cualquier cosa que limita a un sistema para lograr un mayor desempeño con respecto a su meta” (Goldratt & Cox, 2005).

La no aplicación de métodos y herramientas adecuadas en el proceso productivo genera dificultades en la armonización de los elementos materiales, humanos y financieros, reduciendo la efectividad al momento de cumplir los objetivos estratégicos de la industria.

El presente proyecto de investigación titulado: “Mejora de la productividad mediante la aplicación de la teoría de restricciones en la fabricación de sillas de la Empresa Muebles de Acero Viteri”, tiene como objetivo identificar los principales cuellos de botella que forman parte del proceso, para mitigarlos e incrementar la productividad y el throughput de la organización a través de una propuesta de mejora.

Para ello, es necesario la utilización de técnicas como la observación y el cronometraje de los procesos empleados con el método actual en la fabricación de sillas y el uso del análisis de valor agregado que determina las restricciones que impiden alcanzar las metas de la empresa.

A partir de esta información se plantea la propuesta técnica y tecnológica de mejora del método de fabricación de sillas, para posteriormente analizar y comparar los resultados obtenidos en ambos procesos.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1 Situación actual de la empresa Muebles de Acero Viteri**

##### ***1.1.1 Antecedentes***

Muebles de Acero Viteri, es una empresa artesanal y familiar, creada por el señor Juan Ramón Viteri Trujillo en el año de 1970, su sede se encuentra establecida en el Parque Industrial de la ciudad de Riobamba.

La fábrica Muebles de Acero Viteri, cuenta con una importante demanda local y nacional, entre sus principales clientes se encuentran las instituciones públicas y privadas, quienes la prefieren frente a la competencia debido a la calidad y precios de sus productos.

Se dedica a la fabricación y comercialización de mobiliario educativo y de oficina, ofertando una amplia gama de productos entre los que se encuentran: sillas, sillones giratorios, escritorios, archivadores, casilleros, estaciones de trabajo, modulares, pupitres, mesas de bar, mesas de computador entre otros. Siendo las sillas de acero tapizadas, el producto de mayor demanda mensual que posee la empresa.

A lo largo de su historia, la visión de trabajo del fundador y actual gerente de MAV, el señor Juan Viteri, han logrado que la empresa se haga acreedora a un sin número de reconocimientos al mérito por parte de los gremios artesanales y empresariales de la ciudad.

En el año 2012, recibió por segunda ocasión la condecoración de Diario La Prensa como personaje del año en el área de emprendimiento.

Debido al incremento de la demanda y de su gama de productos, la empresa ha tenido la necesidad de incrementar el número de su personal, con la finalidad de brindar un servicio oportuno y de excelencia a sus clientes; conformándola actualmente por cuatro operarios y tres administrativos.

##### ***1.1.2 Localización***

Muebles de Acero Viteri, se encuentra ubicada en las calles Evangelista Calero y Juan Bernardo de León, sector Parque Industrial de la ciudad de Riobamba, en la provincia de Chimborazo.



**Figura 1-1.** Localización de la empresa MAV  
Fuente: Google Maps (2017).

## 1.2 Planteamiento del Problema

A nivel mundial, debido a las exigencias del sector empresarial, la velocidad de llegada al mercado con la que puedan responder las empresas se convierte en una herramienta imprescindible para crear valor y lograr una posición frente a la competencia, por ello es necesario la aplicación de buenas prácticas de producción dejando de lado aquellas que son totalmente obsoletas.

En el Ecuador, durante los últimos años se evidencia que la ciudad de Riobamba, ha sido elegida como sede de funcionamiento de varias entidades del sector público y privado, que cumplen actividades administrativas, productivas y de servicio, lo cual ha generado un aumento en la demanda de muebles de oficina, divisores de ambiente, sillas, archivadores, entre otros. Permitiendo crecer a las empresas dedicadas a la manufactura, como es el caso de la empresa Muebles de Acero Viteri, la misma que por la calidad de sus productos y el personal con el que trabaja, ha adquirido un numeroso mercado dentro y fuera de la provincia.

Sin embargo, conforme a un análisis preliminar, a través de una entrevista con el propietario de la empresa y la visita técnica a la planta de producción se evidencia la inexistencia de un estudio ingenieril que determine la metodología adecuada en el proceso de fabricación de sillas y sus posibles restricciones. Que permita, además, verificar si se está efectuando un uso eficiente y eficaz de los recursos económicos, técnicos y humanos.

La fábrica posee una capacidad de producción máxima de 130 sillas al mes y cuando existe una demanda superior, los retrasos y las escasas estrategias de producción para enfrentar alguna crisis impiden que se logre cumplir con la entrega del pedido dentro del plazo, ocasionando a la empresa

una disminución productiva y económica que la aleja del alcance de sus metas y objetivos globales.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿La teoría de restricciones va a permitir identificar procesos que afectan a la mejora de la productividad en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri de la ciudad de Riobamba?

### **1.4 Sistematización del Problema**

¿Cuáles son los métodos o procedimientos que actualmente se utilizan en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri?

¿De qué manera se puede identificar las actividades críticas en el proceso de fabricación de sillas?

¿Cuál es el método que permite optimizar la productividad en la fabricación de sillas?

¿El método de mejora obtenido a través de la teoría de restricciones, incrementará la productividad en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri?

### **1.5 Objetivos de la Investigación**

#### ***1.5.1 Objetivo General***

Mejorar la productividad mediante la aplicación de la teoría de restricciones en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.

#### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

- Identificar los procedimientos utilizados en la fabricación de sillas, a través del estudio de métodos y tiempos.
- Aplicar la teoría de restricciones en los procesos de fabricación de sillas con el fin de identificar los cuellos de botella existentes.
- Diseñar el método de mejora de la productividad en la fabricación de sillas de la Empresa Muebles de Acero Viteri, en función a las restricciones identificadas.

- Evaluar e implementar el método de mejora de la productividad en la fabricación de sillas, a través de un estudio comparativo con el método convencional actual y el obtenido a través de la teoría de restricciones.

## **1.6 Justificación de la investigación**

La Teoría de Restricciones aplicada al proceso de fabricación de sillas en la empresa Muebles de Acero Viteri, permitirá hallar los principales cuellos de botella que ocasionan demoras y elevados costos de producción e impiden el alcance de los objetivos de la industria, para generar una propuesta de mejora que incremente su productividad y sus ingresos económicos, a fin de garantizar su crecimiento, desarrollo y permanencia sostenible en el mercado.

Al analizar las técnicas de estudio del trabajo utilizadas con el método actual en la fabricación empírica de sillas, se podrán obtener datos para diseñar la propuesta de mejora en base a normas y técnicas científicas que permitan la estandarización y reducción de los tiempos de producción, así como el uso adecuado de sus recursos humanos, técnicos y tecnológicos, a fin de obtener un proceso eficaz y eficiente.

Esta investigación, busca identificar las medidas de cambio que requiere la empresa Muebles de Acero Viteri, beneficiándola al implementar una metodología de mejoramiento continuo exitoso y perdurable, para optimizar e incrementar su capacidad de producción, maximizar su throughput y obtener un apropiado índice de costo/beneficio.

## **1.7 Hipótesis**

### ***1.7.1 Hipótesis Nula***

La aplicación de la teoría de restricciones no mejora la productividad en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.

### ***1.7.2 Hipótesis Alternativa***

La aplicación de la teoría de restricciones mejora la productividad en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.

## **1.8 Señalamiento de Variables**

### ***1.8.1 Variable Independiente***

La influencia de la Teoría de Restricciones (TOC) en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.

### ***1.8.2 Variable Dependiente***

Productividad de la empresa Muebles de Acero Viteri.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1 Fundamento de Referencia

Fue el físico israelí, Eliyahu Goldratt en 1979, fue quien describiría por primera vez La Teoría de Restricciones representada por sus siglas en inglés como T.O.C (Theory of Constrains):

Esta teoría plantea que siempre hay al menos una restricción en la producción de las empresas. Dicha restricción cuando venga el caso puede también ser llamado cuello de botella, y lo que se pretende efectuar, es identificar la restricción reestructurar la organización o parte de ella, para eliminar la ineficiencia del antes mencionado cuello de botella. (Goldratt & Cox, 2005, págs. 58-61).

Se la califica como una metodología científica que explora el problema en su raíz medular, para que al actuar sobre él se aproxime a su meta, mediante un proceso de mejora continua.

La TOC expone que en todo sistema existen a lo sumo dos restricciones, que son las que controlan el nivel de salidas del mismo; por lo tanto, la búsqueda de mejoramiento ha de concentrarse en hallar los problemas “medulares” y allí ejercer las mayores acciones para mejorar. (López, 2007, pág. 32).

La industria moderna se enfrenta a cambios del entorno, debido a que constantemente las influencias de los competidores y clientes hacen que estas busquen dar respuestas más rápidas y efectivas, para ello es importante identificar las restricciones que inciden sobre la eficacia de la empresa, a fin de atenderlas, romperlas y lograr mejorar los resultados económicos.

Dentro de la Ingeniería Industrial es primordial la toma de decisiones de acuerdo a los objetivos del sistema, por esta razón, deben involucrarse un mayor número de herramientas y rutas alternativas para el desarrollo de prácticas gerenciales. (Penagos , Acuña, & Galviz, 2012, pág. 85).

Según Reyes, (2011, pág. 1) son centenares las empresas e industrias de la manufactura pertenecientes al sector: aeroespacial, automotriz, textil, electrónico, mecánico, manufacturero que han encontrado grandes éxitos aplicando la teoría de restricciones y sus herramientas, como, por ejemplo: General Motors, Dupont, Ford, Pfizer, Hewlett Packard, Honeywell, Lucent Technologies, Motorola y Fashion Label's esta última demostró que a través del proceso de



implementación de la teoría del TOC, logró la reducción de atrasos en los pedidos de la línea de producción pasando del 50% al 1% en el primer mes, además que incrementó sus ventas en un 22% y la utilidad neta del 12% en el primer trimestre del año 2005 comparado con el mismo trimestre del año anterior.

La investigación que realizaron Calvachi & González (2013), en la empresa CIDMA S.A.S de Colombia, al aplicar la TOC, los lleva a concluir que la principal restricción es la alta concentración de inventarios, la misma que incrementa los gastos operacionales. De allí, que plantean como solución manejar un nivel de inventarios óptimo que permita mejorar el flujo de efectivo de la empresa, y al mismo tiempo evitar el deterioro de la capacidad de respuesta y su competitividad en el mercado.

En el Ecuador, Izurieta (2014), en su tesis titulada: “Optimización del área de producción de paneles de la empresa Chaide & Chaide conforme a la teoría de las restricciones”, logró a través de la TOC disminuir en un 40% los niveles de inventarios y obtuvo un throughput incrementado en un 16% que beneficia la economía de la empresa.

Finalmente se cita la investigación realizada por Villagómez (2012), en la empresa de snacks “Productos Alexander” de la ciudad de Quito, aplicando la Teoría de Restricciones y como resultado, obtuvo un incremento del 21% en la capacidad de producción, sin ningún tipo de inversión y sin generar egresos para la empresa; además aumentó el beneficio neto de \$15 333.09 a \$17 392.14 al cumplir en cantidad y a tiempo con la demanda.

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 La Teoría de Restricciones**

La Teoría de restricciones, es una metodología multidisciplinaria descrita por el físico israelí, Eli Goldratt, en los años 70, como un algoritmo de programación de manufactura, desarrollado progresivamente para ayudar a las empresas y gerentes a pensar con la lógica de la causa y efecto sobre los problemas existentes, comprender lo que sucede y así encontrar soluciones de manera exitosa. Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento, donde la idea medular es que en toda empresa hay, por lo menos, una restricción que impide la obtención de más ganancias.

Una restricción, no siempre es sinónimo de recurso escaso, pues al contrario generalmente están relacionados con criterios de decisión erróneos.

La teoría considera primordial la dilucidación, los hallazgos y apoyos que deben hacerse al principal factor limitante o “cuello de botella” a fin de obtener una metodología sistemática de gestión y mejora continua para la empresa.

Esta metodología, está siendo aplicada de manera creciente en situaciones fuera del contexto de manufactura incluyendo distribución, marketing, gerenciamiento de proyectos y contabilidad, en realidad puede ser aplicada en cualquier situación que requiera un cambio en el sistema, a fin de alcanzar la meta de toda empresa con fines de lucro, que consiste en ganar dinero de forma sostenida en función a la satisfacción de las necesidades de los clientes, empleados y accionistas.

#### *2.2.1.1 Tipos de Restricciones*

Según Casas (2013), existen dos tipos de restricciones, las externas y las restricciones internas:

##### **Restricciones Externas:**

- **Restricción de Mercado:** La demanda máxima de un producto está limitada por el mercado; satisfacerla depende de la capacidad para cubrir los factores de éxito establecidos como el precio, la oportunidad de entrega, etc.
- **Restricción de Materiales:** 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.

##### **Restricciones Internas:**

- **Restricción de Capacidad:** Es el resultado de tener un equipo con una capacidad que no satisface la demanda requerida o que la satisface muy por encima de lo instalado.
- **Restricción Logística:** Restricción inherente en el sistema de planeación y control de producción. Las decisiones y parámetros establecidos en este sistema pueden afectar desfavorablemente el flujo de producción.
- **Restricción Administrativa:** Estrategias y políticas definidas por la empresa que limitan la generación de ingresos y fomentan la optimización local.
- **Restricción de Comportamiento:** Actitudes y comportamientos desfavorables del personal como la actitud de “ocuparse todo el tiempo” y la tendencia a trabajar lo fácil.

#### *2.2.1.2 Pasos para implementar TOC*

Eliyahu Goldratt, plantea cinco pasos a seguir para implementar la Teoría de Restricciones:

1. Identificar las restricciones del sistema: encontrar la variable que condiciona el ritmo de producción.
2. Explotar las restricciones del sistema: implica buscar la forma de obtener la mejor producción posible de la restricción.
3. Subordinar todo a la restricción anterior: toda la línea de producción debe funcionar al ritmo que marca la restricción.
4. Elevar las restricciones del sistema: hacer cambios necesarios para incrementar la capacidad de la restricción.
5. Mejora continua: trabajar de forma permanente con las nuevas restricciones que se mantienen.

Si en las etapas previas se elimina una restricción, volver al paso 1: Una vez eliminada la restricción, se continúa con los siguientes pasos. Analizar nuevamente el sistema, se prosigue con el programa de mejoramiento propuesto para la obtención de la meta del sistema.

Gabriela Villagómez (2012) cita, “No siempre es necesario seguir el ciclo de mejora completo debido a que en muchas ocasiones al aplicar los primeros pasos puede romperse la restricción, motivo por el cual ya no es necesario aplicar los subsiguientes, salvo, claro está, el paso cinco, correspondiente a identificar una nueva restricción”.

### 2.2.1.3 Medidas TOC

Según (Teocé, 2007, pág. 9), las medidas financieras básicas en la evaluación del desempeño de una empresa hacen referencia al:

*“Beneficio Neto –el dinero que gano-, el Retorno o Rentabilidad de la Inversión –ROI: la proporción entre el dinero que gano y el que he necesitado invertir para ello- y la Liquidez –la existencia de caja-. Puedo definir que en la gestión empresarial busco ganar dinero aumentando los beneficios netos y, al mismo tiempo, el rendimiento de la inversión y la liquidez”.*

La Teoría de Restricciones precisa tres medidas, relacionadas con el flujo de dinero, que tienden un puente entre las acciones y las medidas financieras, aportando unos parámetros que permiten la correcta evaluación de las operaciones que se realizan en planta:

- Throughput (T):
- Inventario (I): dinero que el sistema ha invertido en adquirir cosas que luego pretende vender.

- Gastos Operativos (OE): dinero que gasta el sistema en convertir el inventario en Throughput.

#### 2.2.1.3.1 *Throughput (T):*

Gabriela Villagómez (2012), indica que el Throughput asociado a un producto se define matemáticamente con la siguiente fórmula:

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

Siendo:

T: Throughput

N: Cantidad de unidades obradas en un periodo

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. (Villagómez, 2012, pág. 4).

#### 2.2.1.3.2 *Gastos Operativos (GO):*

Es todo el dinero que el sistema gasta en convertir el inventario en Throughput. (Goldratt & Cox, 2005). 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. (Herrera, 2003)

Se establece también una relación directa con las medidas financieras:

- **El 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.

$$\mathbf{BENEFICIO\ NETO = THROUGHPUT - GASTOS\ OPERATIVOS}$$

- **El ROI:** Otro indicador que relaciona la utilidad con la inversión es el Retorno sobre la Inversión:

$$\mathbf{ROI = BENEFICIO\ NETO \div INVERSIÓN\ (INVENTARIOS)}$$

#### 2.2.1.4 *Mejora Continua*

La mejora continua, es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio. Es mayormente aplicada de forma directa en empresas de manufactura, debido en gran parte a la necesidad constante de minimizar costos de producción obteniendo la misma o mejor calidad del producto, debido a que los recursos económicos son limitados y en un mundo competitivo a nivel de costos, es necesario para una empresa manufacturera tener algún sistema que le permita mejorar y optimizar continuamente. (Adverson, 2010)

La mejora continua, posee las siguientes características:

- Es un proceso documentado. Esto permite que todas las personas que son partícipes de dicho proceso lo conozcan y todos lo apliquen de la misma manera cada vez
- Posee algún tipo de sistema de medición que permita determinar si los resultados esperados de cierto proceso se están logrando (indicadores de gestión)
- Exige la participación de todas o algunas personas relacionadas directamente con el proceso ya que son estas personas las que día a día tienen que lidiar con las virtudes y defectos del mismo.

##### 2.2.1.4.1 *Objetivos de la Mejora Continua*

De acuerdo a Sergio Castillo (1999), los principales objetivos de la mejora continua son:

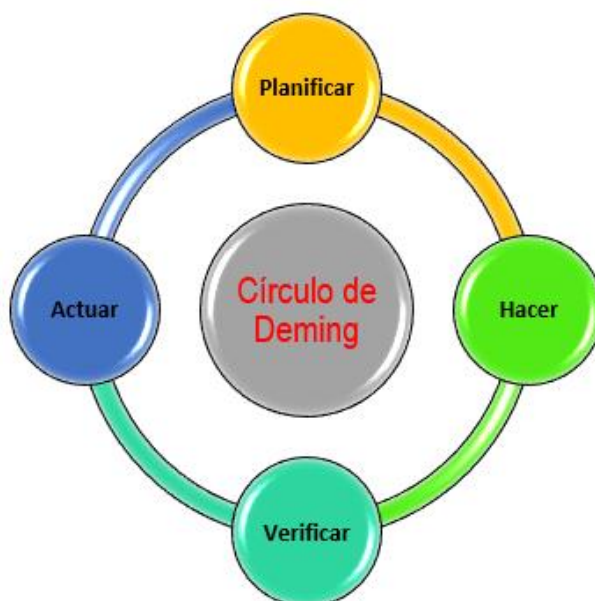
- a) Satisfacción de clientes y consumidores. Satisfacer plenamente a los clientes y consumidores, mediante la entrega de altos valores a cambio de los precios por ellos abonados. Lograr cada día mayores niveles de satisfacción es lo que hace posible contar con la lealtad de los consumidores, permitiendo de tal forma altos e incrementados niveles de rentabilidad.
- b) Para hacer factible dichos niveles de satisfacción la empresa debe empeñarse en reducir los costes, acortar los ciclos de los procesos, aumentar los niveles de calidad, y generar altos niveles de productividad. Generar valor agregado. Reducir a su mínima expresión las actividades irrelevantes en cuanto a la generación de valor añadido para los clientes externos, y reducir al mismo tiempo los niveles de fallas y errores, permitirá generar mayores valores agregados al menor coste posible. Ello es factible eliminando de manera progresiva y sistemática los desperdicios y despilfarros producidos por las diversas actividades y procesos de la empresa.

- c) Incrementar la efectividad y eficiencia. Lograr los más altos grados de efectividad y eficiencia son en pocas palabras los objetivos supremos que todo sistema de mejora continua que se precia de tal debe lograr de manera armónica e integral.

#### 2.2.1.4.2 *Círculo de Deming*

Existen varias metodologías asociadas a la Mejora Continua; entre ellas están Lean Manufacturing, Six Sigma, Kaizen, entre otras, sin embargo, se puede decir que la piedra angular para la Mejora Continua en cualquier ámbito de los procesos, productos y/o servicios, es el llamado *Círculo de Deming*.

Edwards Deming, conocido como el “padre de la Calidad Total”, fue un estadístico estadounidense, autor de textos, consultor y difusor del concepto de calidad total. Quien, a inicios de los años 50, crearía el posteriormente denominado *Ciclo de Deming* o también nombrado ciclo PHVA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar), que describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua:



**Figura 1-2.** *Círculo de Deming*  
Realizado por: Silvana Haro (2017)

Las fases o acciones son las siguientes:

#### **Planificar (Plan)**

Esta etapa es de selección del objeto de mejora, en ella se explican las razones de dicha elección y se definen unos objetivos claros que se deben alcanzar.

- Situación actual
- Análisis de información (Datos del objeto)
- Objetivo

### **Hacer (Do)**

Esta etapa corresponde al trabajo de campo de la mejora, consiste en propuestas de solución y rápida implementación de las mejoras de mayor prioridad. Los pasos que se incluyen en el hacer son:

- Propuestas de solución
- Just Do It

### **Verificar (Check)**

En esta etapa se debe comprobar el objetivo planteado en el plan respecto a la situación inicial que se identificó. Por ende, comprobamos que se estén alcanzando los resultados o en caso contrario volveremos al Hacer. Este paso incluye:

- Monitorización
- Verificación

### **Actuar (Action)**

Esta es una etapa fundamental en la mejora continua, dado que asegurarnos de que las mejoras no se deprecien depende del estándar u oficialización de las medidas correctivas. Para proceder a la estandarización debemos haber comprobado que las medidas han alcanzado los resultados esperados, además, debemos plantearnos siempre la posibilidad de seguir mejorando el objeto de análisis.

- Estandarización
- Búsqueda de la optimización

#### **2.2.2 Análisis de Valor**

El análisis de valor es un método para mejorar el valor de un artículo o proceso entendiendo los elementos que lo constituyen y sus costes asociados, y tratando después de mejorar los componentes, bien reduciendo su coste o bien incrementando el valor de las funciones. Indicadores Financieros. (Fundación, 2008, pág. 2).

El análisis de valor parte de dos opiniones:

- La del cliente, que espera una serie de prestaciones, es decir, lo que el producto o servicio debe cumplir, y lo desglosa en criterios de apreciación, que es lo que va a percibir.
- La del fabricante, que considera las características que el producto o servicio debe tener para satisfacer las prestaciones que espera el cliente.

Si tenemos en cuenta el punto de vista del fabricante y del cliente, podemos decir que el análisis del valor aporta una técnica organizada y creativa para la organización que descubre las funciones que realiza un producto, trata de armonizarlas con lo que espera el cliente y analiza el coste que corresponde a cada función.

De esta forma, se obtiene un producto o servicio de mayor valor, optimizando la relación función/coste y eliminando aquellos costes que no añaden valor al producto. (QAEC, 2017).

La aplicación del análisis de valor solamente necesita emplear técnicas básicas como las matrices, el diagrama de Pareto, diagramas de Pert y Gantt, etc. Los indicadores financieros indican la situación actual de la organización que se encuentra cada organización.

#### *2.2.2.1 Objetivos del Análisis de Valor*

- Incremento de la utilidad para el productor.
- Mejora de la calidad.
- Incremento de productividad.
- Mejora de rentabilidad.
- Mejora de la calidad de vida en el trabajo.
- Apertura a la innovación.

#### *2.2.2.2 Conceptos básicos de Análisis de Valor*

Los conceptos básicos de Análisis de Valor son:

- Necesidad: Aquello que es necesario o deseado para el cliente tanto interno (de la empresa) como externo.
- Función: Características esperadas o inducidas de un objeto en orden a satisfacer las necesidades de los clientes.
- Valor: Relación entre la contribución de las funciones a la satisfacción de las necesidades y el coste de dichas funciones.
- Objeto de Valor: Producto, proceso y/o servicio potencial o existente al cual se le aplica la metodología de AV.



### 2.2.2.3 Usos del Análisis de Valor

- Para analizar un producto o proceso, con el fin de determinar el valor real de cada componente.
- Al intentar recortar costes, para determinar los componentes que se pueden optimizar.
- Solamente cuando el artículo que hay que analizar se puede dividir en subcomponentes y costes realistas y asignar valores a los mismos.

### 2.2.2.4 Interpretación de los índices de Valor

Según Cristina Revuelta (2015, pág. 44), durante el análisis de todo un proceso se asignan valores a cada etapa a fin de obtener los resultados de los índices de valor calculados:

- Índice de Valor  $> 1$ , la contribución de la función o componente a la satisfacción de las necesidades de los clientes es superior al porcentaje de coste en el que se incurre para dar esa función.
- Índice de Valor  $= 1$ , la contribución de la función o componente a la satisfacción de las necesidades de los clientes es similar al porcentaje de coste en el que se incurre para dar esa función.
- Índice de Valor  $< 1$ , la contribución de la función o componente a la satisfacción de las necesidades de los clientes es inferior al porcentaje de coste en el que se incurre para dar esa función.

### 2.2.3 Productividad

La productividad se conoce como la relación o cociente de los bienes o servicios producidos u ofrecidos y los medios utilizados (Cuatrecasas, 2011, pág. 29). Los resultados alcanzados pueden ser medidos como piezas vendidas, clientes atendidos o utilidades generadas en una organización, mientras que los insumos empleados o recursos utilizados se pueden medir en hora-hombre, hora-máquina, número de trabajadores, tiempo total empleado, entre otros (Niebel & Freivalds, 2014, pág. 41).

Si se desea que una empresa crezca y aumente su rentabilidad será necesario incrementar su productividad, es decir que aumente la producción por hora de trabajo. La utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios se constituyen en los instrumentos esenciales que aumentan la productividad. (Espinoza, 2009)

Sin embargo, es necesario hacer algunas puntualizaciones sobre la productividad y otros términos asociados.

- **La eficacia:** Se basa en alcanzar las metas establecidas en la empresa o de forma individual.

$$\textit{Eficacia} = \frac{\textit{Productos alcanzados}}{\textit{Meta organizacional}}$$

- **La eficiencia:** Es la capacidad de optimizar la utilización de recursos para producir una cierta cantidad de productos, esto se logra a través de la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados, para mejorarla se debe reducir el consumo de los recursos de una manera controlada.

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Insumos programados}}{\textit{Recursos utilizados}}$$

- **La efectividad:** Se define como la relación entre la eficiencia y eficacia, es decir la optimización de los recursos para alcanzar los resultados planificados.

$$\textit{Efectividad} = \frac{\textit{Eficiencia}}{\textit{Eficacia}}$$

#### 2.2.3.1 *Medición de la productividad*

A través de la medición de la productividad se conoce la eficiencia con la que se han utilizado los recursos:

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Insumo empleado}}$$

Existen adicionalmente otros índices que también miden la productividad, dependiendo de los factores que intervengan en la medición, como es el caso de:

$$\textit{Producción por hora hombre} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\textit{Producción por trabajador} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Número de trabajadores}}$$

### 2.2.3.2 *Producción*

La producción es el proceso mediante el cual la empresa transforma un conjunto de factores de producción en un producto cuyo valor debe ser mayor que la suma de los valores de los factores utilizados (lógicamente, si el valor fuese igual o menor, la actividad de la empresa no tendría ningún sentido) (Ortega, 2008).

En sentido restringido el término se aplica a la producción de los bienes materiales que se necesitan para una sociedad. Estos son, bienes de consumo, como alimentos, vestidos, automóviles, y bienes de inversión, como máquinas, herramientas o generadores eléctricos. Por lo tanto, en este caso se excluyen los servicios, como la salud, la educación o el comercio. No obstante, en este texto se utiliza el término producción en otro sentido más amplio: el de una de las funciones necesarias en toda empresa u organización que realice una actividad económica social, sin importar si se trata de una empresa de producción o de servicios. (Terlevich, 2000)

Las empresas de bienes y servicios pueden organizar el sistema de producción de la siguiente manera: rígida y flexible.

El sistema de producción rígida se caracteriza por mantener los mismos procesos de elaboración, por lo que no permita establecer estrategias de “mejora continua”, para Jaime Ortega (2008) menciona: “La idea principal de la producción rígida (producción en masa) es producir grandes cantidades de productos poco diferenciados, utilizando un alto grado de mecanización, de forma a obtener economías de escala”.

Por otra parte; el sistema de producción flexible permite establecer estrategias de “mejora continua” y adaptarse a las nuevas exigencias del mercado, para Ortega (2008) menciona: “adaptar las características de los productos a lo que demanda el mercado y hacerlo de la forma más rápida posible”.

### 2.2.3.3 *Proceso productivo*

Es el conjunto de actividades dirigidas a la transformación de recursos en bienes y/o servicios, para lo cual intervienen la información y la tecnología que interactúan con personas, siendo su objetivo final la satisfacción de la demanda. (Espinoza, 2009)

Cuando se genera bienes o servicios, lo que en realidad se hace es transformar los bienes a otros tipos de bienes, a continuación de muestra una gráfica del funcionamiento.



**Figura 2-2.** Proceso productivo  
Realizado por: Silvana Haro (2017)

### 2.2.3.3.1 Tipos de procesos productivos

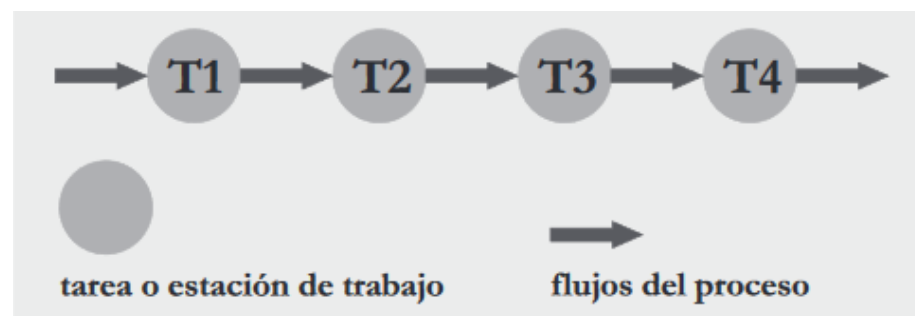
Según Carro & González, (2010), de manera general los procesos de producción se clasifican en:

**Proceso de Fabricación.** - Existe cambios en la forma de las materias primas. Ejemplo: la transformación de una lámina metálica para convertirla en un envase.

**Proceso de Ensamble.** - Existe la combinación de partes para conformar un producto. Ejemplo: partes que se ensamblan para conformar un automóvil.

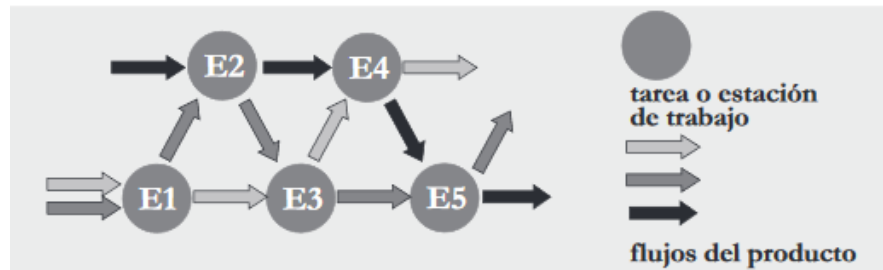
Según el flujo los procesos de producción se clasifican en:

**Proceso Lineal.** - Los volúmenes del producto son altos y del tipo estandarizado. Los insumos se mueven de linealmente de una estación a la siguiente en una secuencia determinada.



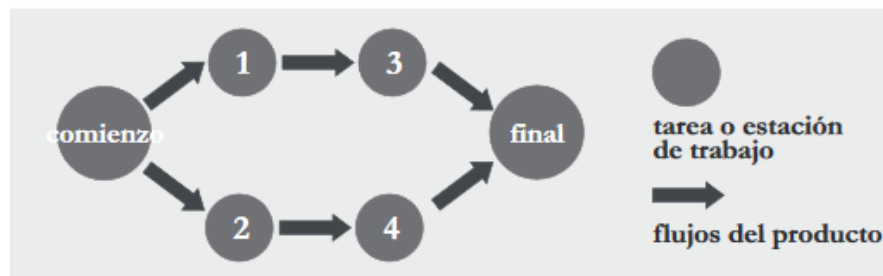
**Figura 3-2.** Proceso lineal  
Fuente: Carro y González, (2010)

**Proceso Intermitente.** - Los volúmenes del producto son medios, pero existe variedad de productos, es decir que los productos comparten recursos. Se produce un lote de productos y se cambia al siguiente. No se cumple una secuencia determinada de operaciones.



**Figura 4-2.** Proceso intermitente  
Fuente: Carro y González, (2010)

**Proceso por Proyecto.** - Los volúmenes del producto son bajos, por lo que se logra una alta personalización. Es un proceso de larga duración y gran escala, por lo que se lo usa en la producción de un producto único, es decir que se concluye con el producto y no existe repetición.



**Figura 5-2.** Proceso proyecto  
Fuente: Carro y González, (2010)

Muebles de Acero Viteri, posee un proceso de fabricación para transformar todos los recursos que permiten obtener como producto final las sillas de acero tapizadas. Además, su proceso es lineal, debido a que los insumos se mueven linealmente de una estación a otra mientras se elabora el producto.

#### 2.2.4 Estudio del Trabajo

El trabajo comprende técnicas que examinan el trabajo efectuado por el hombre en todos sus contextos, investigando además todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras

El Estudio del Trabajo es ciertamente la unión de dos materias, las cuales son Estudio de Métodos y Medición del Trabajo, las dos son implementadas a la empresa con un solo objetivo incrementar la productividad, sin embargo, cada una cumple diferentes funciones dentro de empresa.

#### 2.2.4.1 Estudio de Métodos

Estudia el análisis de las operaciones, movimientos, planificación, diseño y desarrollo de la empresa, para obtener y aplicar métodos óptimos en la fabricación de los productos.

El método correcto debe compaginarse con las mejores técnicas o habilidades disponibles, para lograr una eficiente interrelación humano - máquina. Establecido el método se debe: determinar el tiempo necesario para fabricar el producto, controlar y vigilar que se cumpla la norma o estándares predeterminados, así como la retribución adecuada para cada trabajador según su rendimiento. (Espinoza, 2009)

Para el analista de métodos es indispensable apoyarse en todas aquellas técnicas gráficas que le permitan dar una idea de la ubicación de los puestos y de la secuencia de las operaciones que se realizan en las producciones objeto de estudio.

##### 2.2.4.1.1 Etapas a aplicar en el Estudio de Métodos

- a) **Seleccionar.** - La selección del trabajo a mejorar se realiza desde el punto de vista humano, económico y funcional del trabajo.
- b) **Registrar.** - Mediante la observación directa se deben registrar todos los detalles de cada actividad del trabajo realizado. Los procesos de fabricación se registran mediante los diagramas de proceso de operaciones, de flujo de recorrido y de hilos. Las relaciones hombre – máquina en las estaciones de trabajo se registran en los diagramas hombre – máquina y de proceso de grupo. Los movimientos de las manos que realizan los trabajadores se registran en el diagrama de proceso bimanual.
- c) **Analizar.** - Los detalles registrados se los analiza para determinar qué acciones se pueden ejecutar.
- d) **Desarrollar.** - Con las respuestas obtenidas durante el análisis de debe desarrollar un método de trabajo, en el que se considere las siguientes acciones:
- e) **Evaluar y definir.** - Antes de implementar el nuevo método se debe evaluarlo con el fin de comprobar si los resultados obtenidos son mejores que los obtenidos con el anterior, verificando que las condiciones del método estén acorde a las circunstancias del trabajo a operar. Antes de establecer el método se debe realizar una revisión detallada del mismo, verificando cada uno de los aspectos de trabajo, incluyendo los económicos, de seguridad, calidad del producto, cantidad del producto, etc.

- f) **Adiestrar.** - Capacitar al personal que trabaja en cada una de las operaciones es fundamental para poder conseguir los beneficios del nuevo método, asegurando que el personal colabore en los cambios planteados, aceptando sus opiniones y sugerencias.
- g) **Aplicar.** - el nuevo método una vez que se han aplicado de forma detallada cada uno de los pasos anteriores. Es necesario además implementar un control cada cierto tiempo con el fin de asegurar que los resultados obtenidos se mantengan. (Salazar, 2016)

#### 2.2.4.2 *Medición del trabajo*

La medición del trabajo consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. Es importante centrarse en el término "Técnicas", porque tal como se puede inferir no es solo una, y el Estudio de Tiempos es una de ellas. (Salazar, 2016)

En el área industrial muchas serán las ocasiones en las que requerirá de alguna técnica de medición del trabajo para:

- Comparar la eficacia de varios métodos, los cuales en igualdad de condiciones el que requiera de menor tiempo de ejecución será el óptimo.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos, con ayuda de diagramas de actividades múltiples. Con el objetivo de efectuar un balance de los procesos.
- Determinar el número de máquinas que puede atender un operario.

##### 2.2.4.2.1 *Estudio de tiempos*

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Salazar, 2016)

##### 2.2.4.2.2 *Técnicas utilizadas para las medidas de tiempos*

Según Arenas, (2000, pág. 29), existen dos técnicas utilizadas para las medidas de tiempos:

**Métodos directos.** - La toma de tiempos se llevan a efecto en el mismo momento en que se realizan las operaciones a medir. A este grupo pertenecen dos técnicas:

- **Muestreo de trabajo.** - Es la observación discontinua del trabajo de acuerdo a un programa de observaciones aleatorias previamente establecido, registrando el estado en el que se encuentra la operación en el instante de la observación (por ejemplo: máquina parada o en marcha).
- **Cronometraje.** - Es la medición durante un determinado número de ciclos de la operación observada.

Para la presente investigación se trabajó con las técnicas del método directo durante el proceso de fabricación de sillas.

**Métodos indirectos.** - No requieren la observación presencial de la operación por lo que se fija el tiempo asignado para ejecutar una actividad. A este grupo pertenecen dos técnicas:

- **Tiempos predeterminados.** - Permiten establecer el tiempo de una actividad a partir del registro de los movimientos básicos necesarios para efectuar la operación y la consulta de una serie de tablas, en las cuales se recogen los tiempos de ejecución de cada movimiento según el tipo (mover, coger, etc.) y sus parámetros característicos (distancia, paso, etc.)
- **Estimaciones.** - Se realizan estimaciones del tiempo de ejecución de una actividad con base en los conocimientos, experiencias o datos históricos; por tanto, no es una técnica de medición exacta lo que implica tener errores considerables, entre un 10% y 20%, y se suele emplear en trabajos poco repetitivos.

#### 2.2.4.2.3 Herramientas para el Estudio de tiempos

**Cronómetro:** La Oficina Internacional del Trabajo recomienda para efectos del estudio de tiempos dos tipos de cronómetros:

- El mecánico: que a su vez puede subdividirse en ordinario, vuelta a cero, y cronómetro de registro fraccional de segundos.
- El electrónico: que a su vez puede subdividirse en el que se utiliza solo y el que se encuentra integrado en un dispositivo de registro.

**Tablero de observaciones:** En este se fijan los formularios para anotar las observaciones. Las características que debe tener el tablero son su rigidez y su tamaño, esto último deberá ser de dimensiones superiores a las del formulario más grande. En la actualidad pueden conseguirse tableros que integren cronómetros electrónicos e incluso calculadoras, estos son una herramienta



que simplifica mucho los movimientos del especialista.

**Formularios de estudio de tiempos:** Un Estudio de Tiempos demanda el registro de gran cantidad de datos (descripción de elementos, observaciones, duración de elementos, valoraciones, suplementos, notas explicativas). Es posible que tanto los tiempos como las observaciones puedan consignarse en hojas en blanco o de distinto formato cada vez, sin embargo, sería una gran contradicción que quién se encarga de la normalización de un proceso no tenga estandarizada una metodología de registro, y esto incluye los formularios. Por otro lado, los formularios normalizados prácticamente obligan a seguir cierto método, minimizando el riesgo de que se escapen datos esenciales. (Salazar, 2016)

### **2.2.5 El Cronometraje**

El cronometraje industrial consiste en la determinación del tiempo a emplear para la realización de una tarea a la actividad normal o exigible, mediante su observación y su valoración de actividad (rating). (MTM, 2017)

El cronómetro es el instrumento utilizado universalmente para la medida de los tiempos de las operaciones. La unidad de medida, sin embargo, puede variar en función del tipo de cronómetro elegido. Las unidades más usadas son: el segundo (cronómetro sexagesimal), la centésima de minuto (cronómetro centesimal) y la diezmilésima de hora. (Arenas, 2000)

#### **2.2.5.1 Tipos de cronometrajes**

De acuerdo a Bryan Salazar (2016), existen dos procedimientos principales para tomar el tiempo con cronómetro, estos son:

**Cronometraje acumulativo.** - Consiste en hacer funcionar el reloj de forma ininterrumpida durante todo el estudio; se lo pone en marcha al principio del primer elemento del primer ciclo y no se detiene hasta finalizar todas las observaciones. Al final de cada elemento el especialista consigna la hora que marca el cronómetro, y los tiempos netos que corresponden a cada elemento se obtienen haciendo las respectivas restas una vez ha finalizado el estudio. La principal ventaja de esta modalidad es que se puede tener la seguridad de registrar todo el tiempo en que el trabajo se encuentra sometido a observación.

**Cronometraje con vuelta a cero.** - Consiste en tomar los tiempos de manera directa de cada elemento, es decir, al acabar cada elemento se hace volver el reloj a cero, y se lo pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente.

Es importante consignar el horario de inicio y finalización del estudio, dado que esta información será muy relevante en un eventual estudio de fatiga, en el que se investigue el rendimiento de los trabajadores calificados en determinadas jornadas laborales.

#### 2.2.5.2 *Factor de calificación a los operarios*

La calificación de la actuación es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que el operario normal ejecute una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio. Se definió a un operario “normal”, como un trabajador competente y experimentado que trabaja en las condiciones que prevalecen ordinariamente en el sitio de trabajo, a un ritmo no rápido ni lento.

Existen diferentes métodos de calificación, entre ellos tenemos:

- Sistema Westinghouse
- Calificación sintética
- Calificación según habilidad y esfuerzo
- Calificación por velocidad
- Calificación objetiva
- Calificación de la actuación

A continuación, se describe únicamente el sistema Westinghouse, ya que es el método más completo y más utilizado por los analistas.

##### 2.2.5.2.1 *Sistema Westinghouse*

Uno de los sistemas más antiguos es el desarrollo por la Westinghouse Electric Corporation. En este método se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son la habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.

- **La habilidad:** Se define como “pericia” en seguir un método dado” y se puede explicar más relacionándola con la calidad artesanal, revelada por la apropiada coordinación de la mente y de las manos.
- **El esfuerzo:** Es el empeño que el operario entrega para realizar un trabajo de manera eficiente.
- **Condiciones:** Son aquellas circunstancias que afectan sólo al operador y no a la operación. Estas pueden ser: temperatura, ventilación, monotonía, ruido, iluminación, entre otras.

- **Consistencia:** Es el grado de variación que existe en los tiempos transcurridos mínimos y máximos, en relación con la media, juzgado con la naturaleza de las operaciones y la habilidad y esfuerzo del trabajador.

Existen seis grados de calificación de la habilidad y el esfuerzo del operario, así como para las condiciones y consistencias:

- **Habilidad:** Superhábil, excelente, bueno, promedio, regular y pobre.
- **El esfuerzo:** Excesivo, excelente, bueno, promedio, regular y pobre.
- **Condiciones:** Ideal, excelente, bueno, promedio, regular y pobre.
- **Consistencia:** Perfecta, excelente, bueno, promedio, regular y pobre.

Al asignar calificaciones a los cuatro factores (habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia) se obtiene el factor de valoración que consiste en la sumatoria más el valor de uno.

El factor de valoración permite obtener el tiempo normalizado de un proceso.

Para evaluar estos valores es necesario basarse en la siguiente tabla:

**Tabla 1-2.** Escala de valores Método Westinghouse

<b>Habilidad</b>			<b>Esfuerzo</b>		
<i>Superhábil</i>	A1	0,15	<i>Excesivo</i>	A1	0,13
	A2	0,13		A2	0,12
<i>Excelente</i>	B1	0,11	<i>Excelente</i>	B1	0,1
	B2	0,08		B2	0,08
<i>Bueno</i>	C1	0,06	<i>Bueno</i>	C1	0,05
	C2	0,03		C2	0,02
<i>Promedio</i>	D	0,00	<i>Promedio</i>	D	0
<i>Regular</i>	E1	-0,05	<i>Regular</i>	E1	-0,04
	E2	-0,10		E2	-0,08
<i>Pobre</i>	F1	-0,16	<i>Pobre</i>	F1	-0,12
	F2	-0,22		F2	-0,17
<b>Condiciones</b>			<b>Consistencia</b>		
<i>Ideal</i>	A	0,06	<i>Perfecta</i>	A	0,04
<i>Excelente</i>	B	0,04	<i>Excelente</i>	B	0,03
<i>Buena</i>	C	0,02	<i>Buena</i>	C	0,01
<i>Promedio</i>	D	0,00	<i>Promedio</i>	D	0
<i>Regular</i>	E	-0,03	<i>Regular</i>	E	-0,02
<i>Pobre</i>	F	-0,07	<i>Pobre</i>	F	-0,04

Fuente: Meyers (2000)

Según el sistema Westinghouse de calificación o de nivelación, existe seis grados o clase de habilidad asignables a operarios y que representan una evaluación de pericia aceptable. Tales grados son: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente, y extrema (u óptima). El observador debe evaluar y asignar una de las seis categorías a la habilidad o destreza manifestada por un operario.

### 2.2.5.3 Etapas en el desarrollo del cronometraje

- a) **Elaboración de las hojas de registro.** - Se debe elaborar las hojas de registro respectivas para: la anotación de cada una de las actividades a realizar con sus respectivos detalles, el registro y análisis de datos, y sus resultados. (García, 2005).
- b) **Toma de datos en el puesto de trabajo.** - Se debe seguir los siguientes pasos: dividir el trabajo en actividades elementales, tomar tiempos y realizar la apreciación de cada una de ellas.
- c) **Registro de información en las hojas respectivas.** - El registro de actividades y sus observaciones, así como el registro de tiempos se realiza en formularios de preferencia estandarizados para que no exista variación en la distribución y consignación final de los datos. Generalmente se emplean los siguientes formularios:
  - **Hoja de descripción de actividades iniciales:** En ella consta una descripción de cada una de las actividades elementales.
  - **Hoja de registro de tiempos cronometrados:** Aquí se registran los tiempos en que el operario realiza cada una de las actividades. En la primera columna se detallan las actividades, en la segunda columna se anota el factor de calificación del operario, en la tercera columna se escribe el tiempo que marca el cronómetro al concluir cada actividad. Al utilizar el método de tiempos acumulados, en la cuarta columna se anota los tiempos restados que corresponde a los tiempos propios de duración de la actividad. En la quinta columna se anota el tiempo básico que es el resultado de multiplicar el tiempo restado por el valor de la calificación del operario en esa actividad.
  - **Hoja de registro de tiempos cronometrados por ciclos de trabajo:** En ella constan los tiempos representativos de la actividad en cada ciclo de trabajo. En la primera columna se escribe la actividad a analizar, en las siguientes columnas se registran los tiempos básicos de cada una tantas veces como ciclos hayan sido tomados. A continuación, se calcula el tiempo total, que es el resultado de la suma de todos los tiempos anotados, en la siguiente, escribe el número de observaciones que se han realizado, y en la última columna se calcula el tiempo básico promedio.



## 2.2.6 Herramientas de Registro y Análisis

### 2.2.6.1 Diagrama de procesos

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. Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

Las siguientes definiciones, cubren el significado de estas clasificaciones en la mayoría de las condiciones encontradas en los trabajos de diagramado de procesos. (Meyers, 2000).

**Tabla 3-2.** Simbología para diagramas de procesos

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

Fuente: Norma Ochoa (2013)

### 2.2.6.2 Hojas de proceso

Son representaciones gráficas de la distribución de zonas y edificios, en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de curso del proceso.

### 2.2.6.3 Diagrama de Flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones de interdepartamentales. (Aiteco, 2016)

#### 2.2.6.4 *Diagrama de Recorrido*

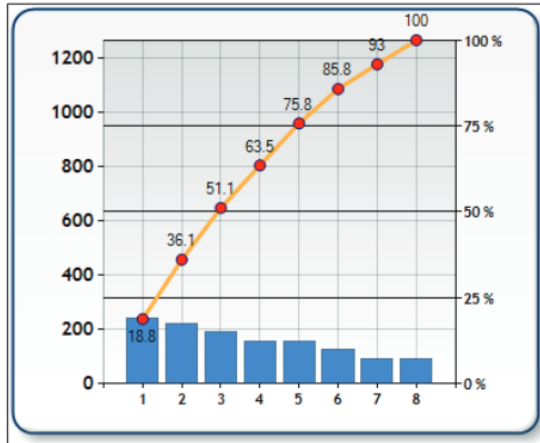
Son representaciones gráficas de la distribución de zonas y edificios, en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de curso del proceso.

La elaboración del diagrama de recorrido, requiere que el analista de métodos y movimientos, identifique cada actividad por símbolos y números que correspondan a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. Se pueden hacer dos tipos de análisis:

- a) El primero, de seguimiento al hombre, donde se analizan los movimientos y las actividades de la persona que efectúa la operación.
- b) El segundo, de seguimiento a la pieza, el cual analiza las mecanizaciones, los movimientos y las transformaciones que sufre la materia prima. Su objetivo es determinar y eliminar o disminuir los retrocesos, desplazamientos y los puntos de acumulación de tránsito.

#### 2.2.6.5 *Diagrama de Pareto*

El diagrama de Pareto, es una gráfica en forma de barras que permite conocer de manera sencilla las prioridades y causas de un problema, ya que se ordenan las causas de mayor a menor de forma individual y estas son representadas en forma de barras. Las causas acumuladas se representan por una línea continua, lo cual permite desarrollar la teoría del 80-20, es decir, que el 20% de las causas generan el 80% de los problemas (Kume, 2008)



**Figura 6-2.** Diagrama de Pareto  
Fuente: Garcés (2006)

### 2.2.7 Estadístico de U Mann-Whitney

Se aplica el estadístico de U Mann Whitney, debido a que es una prueba no paramétrica que se aplica a dos muestras diferentes tomadas de una misma población. Las observaciones son independientes para cada muestra, con la característica que las variables se puedan ordenar.

Si el U calculado es menor que el U tabulado se rechaza la hipótesis nula, caso contrario se acepta. (Barrios & García, 2009).

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - \Sigma R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - \Sigma R_2$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

R: Rango

### 2.2.8 Evaluación Financiera

En el ámbito empresarial, la evaluación financiera, es un potente instrumento destinado a evaluar la solvencia y liquidez de la empresa y su posible evolución futura. Es el proceso mediante el cual una vez definida la inversión inicial, los beneficios futuros y los costos durante la etapa de operación, permite determinar la rentabilidad de un proyecto.



En esta investigación es importante realizar una evaluación financiera, con la finalidad de demostrar la viabilidad de la propuesta de mejora planteada en la Empresa Muebles de Acero Viteri.

#### 2.2.8.1 Valor Actual Neto (VAN)

Representa la rentabilidad expresada en valor monetario que se espera por la implementación del proyecto y constituye el método más aceptado en la evaluación financiera de proyectos. Se obtiene al descontar la sumatoria de los flujos descontados a la inversión inicial. El resultado del VAN debe ser mayor a cero para que el inversionista considere aceptable realizar la inversión en el proyecto. (Funiber, 2014).

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

Donde:

Y<sub>t</sub>: Flujo de ingresos del proyecto

E<sub>t</sub>: Flujo de los egresos

N: Es el número de periodos considerados

i: Tasa de descuento

I<sub>0</sub>: Inversión del proyecto

#### 2.2.8.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR representa la tasa de interés que iguala la sumatoria de los flujos descontados a la inversión inicial, lo que indica cuál sería la tasa de interés más elevada que podría pagar el inversionista sin perder dinero si el proyecto fuese financiado en su totalidad por un préstamo y se pagaría la deuda de capital e intereses financieros con los flujos generados por el proyecto.

Se obtiene la TIR a través de iteraciones que resulten en una tasa de interés tal que el VAN sea cero. El resultado de la TIR debe ser igual o mayor que la tasa de descuento preestablecida para que inversionista considere conveniente realizar la inversión en el proyecto, en desmedro de otras alternativas de inversión. (Funiber, 2014)

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

Donde:

Y<sub>t</sub>: Flujo de ingresos del proyecto

E<sub>t</sub>: Flujo de los egresos

N: Es el número de periodos considerados

i: Tasa de descuento

$I_0$ : Inversión del proyecto

### 2.2.8.3 *Periodo de Recuperación de Capital*

Representa el número de periodos que requiere el proyecto, dados los flujos proyectados, para lograr recuperar el capital invertido inicialmente. Se obtiene al sumar los flujos proyectados, no descontados, hasta que la cuantía iguale o supere el monto correspondiente a la inversión inicial. (Funiber, 2014).

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

Donde:

T: Inversión inicial

C: Flujo de fondos del año anterior

FTE: Flujo de fondos del año de recuperación

## 2.3 Marco Conceptual

**Cronometraje:** Es la medición durante un determinado número de ciclos de la operación observada.

**Efectividad:** Se define como la relación entre la eficiencia y eficacia, es decir la optimización de los recursos para alcanzar los resultados planificados.

**Eficacia:** Consiste en alcanzar las metas establecidas en la empresa o de forma individual.

**Eficiencia:** Es la capacidad de optimizar la utilización de recursos para producir una cierta cantidad de productos, esto se logra a través de la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados, para mejorarla se debe reducir el consumo de los recursos de una manera controlada.

**Estadístico de U Mann Whitney:** Es una prueba no paramétrica que se aplica a dos muestras diferentes tomadas de una misma población. Las observaciones son independientes para cada muestra, con la característica que las variables se puedan ordenar. Si el U calculado es menor que el U tabulado se rechaza la hipótesis nula, caso contrario se acepta. (Barrios & García, 2009).

**Estudio del trabajo:** Comprende técnicas que examinan el trabajo efectuado por el hombre en todos sus contextos, investigando además todos los factores que influyen en la eficiencia y

economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras. Se efectúa a través del estudio de métodos y medición del trabajo.

**Mejora Continua:** Es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio. (Adverson, 2010)

**Sistema DBR:** El modelo DBR (Drum Buffer Rope) tradicional está diseñado para regular el flujo del trabajo o producto en proceso a través de la línea de producción. Para lograr este flujo óptimo, las entradas de órdenes de trabajo en la producción se sincronizan con la velocidad de la parte con menor capacidad del proceso, llamado el recurso con capacidad restringida (CCR). (Álvarez, 2008)

**Sistema Westhinghamhouse:** Este es un método de calificación para la actuación del operario, se consideran cuatro factores, que son la habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.

**Teoría de Restricciones (TOC):** Por sus siglas en inglés como T.O.C (Theory of Constrains). Esta teoría plantea que siempre hay al menos una restricción en la producción de las empresas. Dicha restricción cuando venga el caso puede también ser llamado cuello de botella, y lo que se pretende efectuar, es identificar la restricción reestructurar la organización o parte de ella, para eliminar la ineficiencia del antes mencionado cuello de botella". (Goldratt & Cox, 2005).

**Throughput:** Es un indicador de la Teoría de Restricciones, que determina la velocidad en que se genera dinero, a través de las ventas. Es decir, mide el dinero nuevo generado por la empresa, que después debe permitir pagar los Gastos de Operación, para establecer las Utilidades generadas por la operación de la empresa en un período determinado.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Tipo de Investigación

Para el presente trabajo, se utilizaron los siguientes tipos de investigación:

**Exploratorio:** Se efectúa durante la fase de recopilación de información para el diagnóstico del método de fabricación de sillas utilizado y propuesto en la empresa Muebles de Acero Viteri.

**Descriptiva:** Debido a que, a través de la descripción de todos los hechos observados, se podrá diseñar un método de fabricación de sillas basado en TOC, especificando las propiedades importantes del fenómeno estudiado.

**Explicativa:** La investigación es descriptiva longitudinal en función a que con el transcurso del tiempo este conduce a la interpretación del objeto en estudio, la identificación y análisis de las causas del problema, y la obtención de resultados verificables que expliquen el comportamiento de las variables consideradas.

Los métodos utilizados son los siguientes:

- **Método de la observación:** Debido a que la investigación inicia con la percepción directa del proceso en estudio, para conocer la realidad. A través de la observación directa y la técnica del cronometraje se obtiene la información del método de fabricación actual y del método de fabricación mejorado de sillas, con la finalidad de determinar la incidencia de la aplicación de estrategias que eliminen restricciones.
- **Método hipotético - deductivo:** En función a lo observado durante el proceso de fabricación de sillas, se podrán formular las hipótesis que deberán ser comprobadas y con ello llegar a conclusiones particulares respecto a incidencia de la teoría de restricciones durante la investigación.
- **Método analítico:** El estudio consiste en el análisis de las actividades de trabajo de las áreas que constituyen todo el proceso de fabricación de sillas. Se verificarán las actividades efectuadas por los operarios, los tiempos y métodos que utilizan tanto en el método actual como en el método mejorado.

- **Método de la síntesis:** Al haberse examinado todos los componentes por separado, estos deben conformar un conjunto, para comprender el comportamiento del proceso. Por ello toda la información se plasmará a través de cuadros y diagramas que permitan identificar las particularidades de los dos métodos en la fabricación de sillas.
- **Método de la medición:** Conforme a técnicas y procesos estandarizados se atribuyen valores numéricos a cualidades de los objetos en estudio (operarios), para poder evaluarlos y compararlos.

La técnica utilizada en este estudio, fue la de campo, debido a que se observó directamente en la empresa Muebles de Acero Viteri, el método empleado durante el proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas.

### 3.2 Desarrollo Metodológico

Para efectuar la presente investigación en la empresa Muebles de Acero Viteri, se estableció una metodología basada en lo siguiente:

- a) Consulta sobre la aplicación e incidencia de la Teoría de Restricciones en la mejora de la productividad de manufactureras. (registros, internet, bibliografía científica, investigaciones realizadas en el país y extranjeras).
- b) A través de visitas periódicas a la empresa, se realiza el análisis de la situación actual del proceso de fabricación de sillas, mediante la observación de todos sus detalles: actividades elementales, herramientas utilizadas y el material requerido, empleando herramientas metodológicas como los diagramas de procesos y de recorrido.
- c) La medición del trabajo se efectúa aplicando la técnica del cronometraje en todas las actividades que componen el proceso de fabricación de sillas, siguiendo las etapas que implica el estudio de métodos de tiempos, además se desarrolla las hojas de registro para la recopilación de datos, obteniéndose el tiempo estándar del proceso productivo.
- d) Se analiza los resultados con el propósito de identificar las posibles restricciones y evaluar propuestas de mejora, considerando criterios como: reducción de tiempo, índice de productividad, indicadores económicos del TOC, (Throughput) y un análisis financiero sobre el método actual frente al propuesto.
- e) Toda la información estadística y financiera es analizada y levantada en Excel.

### 3.3 Población y Muestra

**Población:** Herrera (2003), afirma “la población o universo es la totalidad de elementos a investigar”.

**Muestra:** Ramírez (2014, pág. 55), dice: “consiste en un grupo reducido de elementos de dicha población, al cual se le evalúan características particulares, con el propósito de inferir tales características a toda la población”.

En esta investigación la población de estudio es pequeña y corresponde a un número de 12 sillas fabricadas a diario, por esta razón la población es igual a la muestra.

### 3.4 Situación Actual del Proceso de Fabricación de las Sillas de Acero y Tapizadas

A fin de identificar las posibles restricciones de la línea de fabricación de sillas de acero y tapizadas en la empresa Muebles de Acero Viteri, se ha efectuado el levantamiento de la información basada en los tiempos de cada actividad del proceso general. Los tiempos se tomaron en una muestra de 12 sillas, que corresponden a la producción diaria del periodo de levantamiento de la información, en base a ello se ha logrado determinar la descripción del proceso, los diagramas y el análisis de valor correspondiente.

Como antecedente, se conoce que la empresa no ha logrado cumplir a tiempo con la demanda de sus clientes, es por ello que, para efectuar el estudio de las restricciones, se ha tomado como referencia el tiempo de los procesos de fabricación de las sillas de acero tapizadas.

Actualmente la empresa cuenta con 4 operarios encargados del área de producción y con las siguientes máquinas para la fabricación de las sillas: dobladora, tronzadora, compresor, horno, caladora, taladro, pulidora.

#### 3.4.1 Descripción del proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas

El proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas, reúne una serie de operaciones secuenciales, que forman parte de un sistema de producción lineal de una empresa artesanal, a través de este sistema se obtiene como resultado la silla de acero tapizada terminada.

Las actividades que forman parte de este proceso son las siguientes:

**Tabla 1-3.** Proceso de fabricación de sillas

<b>Selección de materiales</b>
Verificación de existencias en bodega
Selección de materiales en bodega
Transporte de materiales a estación de corte
<b>Corte de piezas</b>
Medición de materiales
Ubicación de materiales en mesa de corte
Corte de piezas conforme diseño

Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado
<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>
Dobles del tubo (1) Rectificado del tubo en patrón (1) Dobles del tubo (2) Rectificado del tubo en patrón (2) Dobles del tubo (3) Rectificado del tubo en patrón (3) Dobles del tubo (4) Rectificado del tubo en patrón (4) Dobles del tubo (5) Rectificado del tubo en patrón (5) Dobles del tubo (6) Rectificado del tubo en patrón (6) Dobles del tubo (7) Rectificado del tubo en patrón (7) Dobles del tubo (8) Rectificado del tubo en patrón (8) Transporte de piezas a suelda
<b>Suelda y pulimiento de piezas</b>
Suelda de estructura y limado Suelda de base plancha y limado Transporte a sección pintura
<b>Pintura de sillas</b>
Desengrasado Fosfatizado Limpieza Aplicación de pintura Transporte a la sección de curado
<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>
Curado de estructuras de silla Enfriamiento de silla Transporte de silla a la sección de tapizado
<b>Tapizado de silla</b>
Trazado, corte y pulido de madera Trazado y corte de tela y esponja Pegado Forrado Transporte a sección de terminados
<b>Terminado</b>
Atornillado Colocación de regatones Revisado final Transporte de silla a bodega de despacho

Realizado por: Silvana Haro (2017)

**Selección de materiales:** En esta etapa se verifica en bodega la existencia de los materiales, se los selecciona y transporta a la estación de trabajo para posteriormente continuar con el proceso de corte.

**Corte de piezas:** Se realizan las medidas para en el puesto de trabajo efectuar el corte de las piezas conforme a l diseño y posteriormente trasladarlas al proceso de formado.

**Dobles y rectificado de tubos:** Una vez que han sido cortados los tubos, estos deben ir al proceso de doblado en donde conforme al diseño de la silla básica de acero, se deben realizar por ocho ocasiones y verificarlos en un patrón para de ser el caso rectificarlos antes de pasarlos al proceso de suelda y pulimiento de piezas.

**Suelda y pulimiento de piezas:** Consiste en la suelda de arco de la estructura de la silla y de la base plancha en la misma, con el posterior limado de los excesos, previo al traslado del esqueleto de la silla al proceso de pintura.

**Pintura de sillas:** Este es un proceso en el que primero se desengrasa, se fosfatiza y se limpia la silla antes de pintarla con el soplete. Después se la traslada al proceso de curado.

**Curado y horneado de estructuras de sillas:** Una vez que han sido pintadas con el soplete las sillas, pasan a un horno en el que son expuestas por cuarenta minutos a una temperatura de 150 grados centígrados, para recibir el tratamiento de curado de la pintura y evitar que esta se desprenda con facilidad. En este proceso se tiene un tiempo de espera superior a los 40 minutos luego de que las sillas han salido del horno para que se sequen y puedan manipularse con el fin de ser llevarlas al proceso de tapizado.

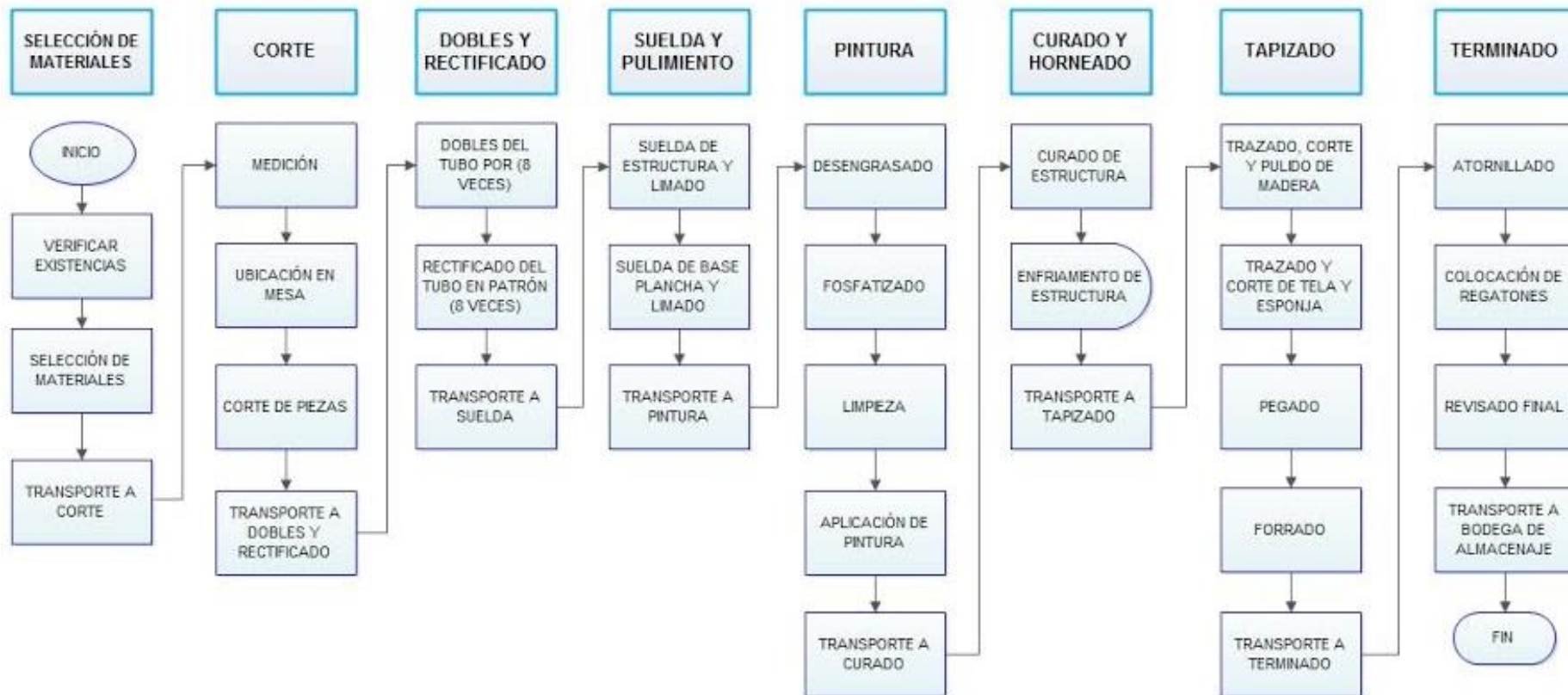
**Tapizado de silla:** En esta etapa se efectúa el trazado, corte y pulido de la madera el trazado y corte del forro y la esponja, se lo pega y forra en la silla, para ser llevada al proceso de terminado.

**Terminado:** En este proceso se efectúa el atornillado del tapizado con la estructura, se colocan los regatones en las patas de las sillas y se efectúa una revisión final previo al traslado a la bodega de despacho del producto.



### 3.4.2 Flujo del proceso

Se presenta el flujo del proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas, observado en Muebles de Acero Viteri.



**Figura 1-3.** Flujo del proceso de fabricación de sillas  
Realizado por: Silvana Haro (2017).

### 3.4.3 *Aplicación de técnicas de cronometraje*

A fin de determinar los tiempos que se emplean en el proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas, se ha tomado una muestra de 12 sillas, que representan la producción diaria de la empresa en el periodo que se realizó el diagnóstico.

Se usa la técnica de cronometraje para la medición de cada actividad a lo largo del proceso de fabricación de las sillas, obteniéndose los tiempos básicos o normales.

A fin de conocer el tiempo estándar o tipo del proceso de fabricación de sillas, será necesario aplicar:

- **El método Westinghouse:** Técnica que califica la actuación del operario, a fin de determinar con equidad el tiempo requerido para que ejecute una tarea. Los valores son asignados durante la observación del proceso bajo criterio de la investigadora, basados en una tabla de cuatro factores que son, habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. De estos se obtiene el factor de valoración, que es la sumatoria de estos los cuatro factores más uno.

Finalmente, el factor de valoración se multiplicará por el valor del tiempo básico o normal de cada fase del proceso de fabricación de sillas.

- **Tiempos Suplementos:** Son los tiempos de descanso que forman parte del proceso en la labor del operario y que se suman al tiempo normal o básico de la actividad. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) existen los tiempos suplementos constantes y variables. Para el cálculo se utilizará la tabla de la OIT, y en función de las condiciones de trabajo se añadirán los debidos porcentajes a cada etapa del proceso de fabricación de sillas.

Se sumará el valor de uno a estos porcentajes y se multiplicarán por el tiempo normalizado, el mismo que fue obtenido previamente con el factor de valoración del método Westinghouse.

Para la investigación es indispensable trabajar con el tiempo estándar o tiempo tipo del proceso de fabricación de sillas, debido a que nos acerca a un valor más preciso en el estudio de los métodos y tiempos empleados en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.

$$\textit{T tiempo estándar} = \textit{T tiempo normalizado} * (\% \textit{ suplemento} + 1)$$

**Tabla 2-3.** Valores de tiempos normales de las muestras de fabricación de sillas

Tiempos del proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas (minutos)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>PROCESO</b>		<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>	<b>TN (min)</b>
1	<b>Selección de materiales</b>	<b>12,00</b>	<b>12,10</b>	<b>11,90</b>	<b>12,36</b>	<b>11,88</b>	<b>11,91</b>	<b>11,96</b>	<b>11,98</b>	<b>12,48</b>	<b>12,02</b>	<b>12,20</b>	<b>12,43</b>
	Verificación de existencias en bodega	4,51	4,55	4,47	4,65	4,47	4,48	4,50	4,50	4,69	4,52	4,59	4,68
	Selección de materiales en bodega	6,27	6,32	6,22	6,45	6,20	6,22	6,25	6,26	6,52	6,28	6,37	6,49
	Transporte de materiales a estación de corte	1,22	1,23	1,21	1,26	1,21	1,21	1,22	1,22	1,27	1,22	1,24	1,26
2	<b>Corte de piezas</b>	<b>22,28</b>	<b>22,47</b>	<b>22,10</b>	<b>22,94</b>	<b>22,05</b>	<b>22,11</b>	<b>22,21</b>	<b>22,24</b>	<b>23,17</b>	<b>22,31</b>	<b>22,65</b>	<b>23,09</b>
	Medición de materiales	6,49	6,54	6,43	6,68	6,42	6,44	6,46	6,47	6,74	6,49	6,59	6,72
	Ubicación de materiales en mesa de corte	5,38	5,42	5,33	5,53	5,32	5,33	5,36	5,37	5,59	5,38	5,46	5,57
	Corte de piezas conforme diseño	9,25	9,33	9,18	9,53	9,16	9,18	9,22	9,24	9,62	9,27	9,40	9,59
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	1,17	1,18	1,16	1,20	1,16	1,16	1,17	1,17	1,22	1,17	1,19	1,21
3	<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>	<b>15,52</b>	<b>15,65</b>	<b>15,39</b>	<b>15,98</b>	<b>15,36</b>	<b>15,40</b>	<b>15,47</b>	<b>15,49</b>	<b>16,14</b>	<b>15,54</b>	<b>15,78</b>	<b>16,08</b>
	Dobles del tubo (1)	0,45	0,45	0,44	0,46	0,44	0,44	0,44	0,45	0,46	0,45	0,45	0,46
	Rectificado del tubo en patrón (1)	1,19	1,20	1,18	1,23	1,18	1,18	1,19	1,19	1,24	1,19	1,21	1,23
	Dobles del tubo (2)	0,50	0,50	0,49	0,51	0,49	0,49	0,49	0,49	0,52	0,50	0,50	0,51
	Rectificado del tubo en patrón (2)	1,23	1,24	1,22	1,27	1,22	1,22	1,23	1,23	1,28	1,23	1,25	1,27
	Dobles del tubo (3)	0,48	0,48	0,47	0,49	0,47	0,47	0,47	0,48	0,49	0,48	0,48	0,49
	Rectificado del tubo en patrón (3)	1,25	1,26	1,24	1,29	1,24	1,24	1,25	1,25	1,30	1,25	1,27	1,29
	Dobles del tubo (4)	0,51	0,51	0,50	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,51	0,51	0,52
	Rectificado del tubo en patrón (4)	1,23	1,24	1,22	1,27	1,22	1,22	1,23	1,23	1,28	1,23	1,25	1,27
	Dobles del tubo (5)	0,51	0,51	0,50	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,51	0,51	0,52

	Rectificado del tubo en patrón (5)	1,27	1,28	1,26	1,31	1,26	1,26	1,26	1,27	1,32	1,27	1,29	1,32
	Dobles del tubo (6)	0,56	0,56	0,55	0,57	0,55	0,55	0,55	0,55	0,58	0,56	0,56	0,58
	Rectificado del tubo en patrón (6)	1,25	1,26	1,24	1,29	1,24	1,24	1,25	1,25	1,30	1,25	1,27	1,29
	Dobles del tubo (7)	0,55	0,55	0,54	0,56	0,54	0,54	0,54	0,54	0,57	0,55	0,55	0,57
	Rectificado del tubo en patrón (7)	1,22	1,23	1,21	1,26	1,21	1,21	1,22	1,22	1,27	1,22	1,24	1,26
	Dobles del tubo (8)	0,54	0,54	0,53	0,55	0,53	0,53	0,53	0,53	0,56	0,54	0,54	0,55
	Rectificado del tubo en patrón (8)	1,29	1,30	1,28	1,33	1,28	1,28	1,28	1,29	1,34	1,29	1,31	1,34
	Transporte de piezas a suelda	1,53	1,54	1,51	1,57	1,51	1,52	1,52	1,52	1,59	1,53	1,55	1,58
4	<b>Suelda y pulimento de piezas</b>	<b>14,14</b>	<b>14,26</b>	<b>14,02</b>	<b>14,56</b>	<b>14,00</b>	<b>14,03</b>	<b>14,09</b>	<b>14,12</b>	<b>14,71</b>	<b>14,16</b>	<b>14,37</b>	<b>14,65</b>
	Suelda de estructura y limado	8,35	8,42	8,28	8,60	8,26	8,29	8,32	8,34	8,68	8,36	8,49	8,65
	Suelda de base plancha y limado	4,38	4,42	4,35	4,51	4,34	4,35	4,37	4,38	4,56	4,39	4,46	4,54
	Transporte a sección pintura	1,41	1,42	1,40	1,45	1,39	1,40	1,40	1,41	1,46	1,41	1,43	1,46
	<b>Pintura de sillas</b>	<b>8,95</b>	<b>9,02</b>	<b>8,87</b>	<b>9,21</b>	<b>8,85</b>	<b>8,88</b>	<b>8,91</b>	<b>8,93</b>	<b>9,30</b>	<b>8,96</b>	<b>9,09</b>	<b>9,27</b>
5	Desengrasado	1,11	1,12	1,10	1,14	1,10	1,10	1,11	1,11	1,15	1,11	1,13	1,15
	Fosfatizado	1,24	1,25	1,23	1,28	1,23	1,23	1,24	1,24	1,29	1,24	1,26	1,28
	Limpieza	1,54	1,55	1,52	1,58	1,52	1,53	1,53	1,53	1,60	1,54	1,56	1,59
	Aplicación de pintura	4,05	4,08	4,01	4,17	4,00	4,01	4,03	4,04	4,21	4,05	4,11	4,19
	Transporte a la sección de curado	1,01	1,02	1,00	1,04	1,00	1,00	1,01	1,01	1,05	1,01	1,03	1,05
	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>	<b>70,96</b>	<b>71,56</b>	<b>70,36</b>	<b>73,06</b>	<b>70,22</b>	<b>70,41</b>	<b>70,71</b>	<b>70,83</b>	<b>73,79</b>	<b>71,05</b>	<b>72,12</b>	<b>73,53</b>
6	Curado de estructuras de silla	30,00	30,25	29,75	30,89	29,69	29,77	29,89	29,95	31,20	30,04	30,49	31,09
	Enfriamiento de silla	39,67	40,01	39,34	40,84	39,26	39,36	39,53	39,60	41,25	39,72	40,32	41,10
	Transporte de silla a la sección de tapizado	1,29	1,30	1,28	1,33	1,28	1,28	1,28	1,29	1,34	1,29	1,31	1,34
	<b>Tapizado de silla</b>	<b>20,05</b>	<b>20,22</b>	<b>19,88</b>	<b>20,65</b>	<b>19,84</b>	<b>19,90</b>	<b>19,98</b>	<b>20,02</b>	<b>20,85</b>	<b>20,08</b>	<b>20,38</b>	<b>20,78</b>
7	Trazado, corte y pulido de madera	4,21	4,25	4,18	4,34	4,17	4,18	4,20	4,21	4,38	4,22	4,28	4,37
	Trazado y corte de tela y esponja	2,98	3,00	2,95	3,06	2,94	2,95	2,96	2,97	3,09	2,98	3,02	3,08
	Pegado	4,38	4,42	4,35	4,51	4,34	4,35	4,37	4,38	4,56	4,39	4,46	4,54

	Forrado	7,39	7,45	7,33	7,61	7,31	7,33	7,36	7,37	7,68	7,40	7,51	7,66
	Transporte a sección de terminados	1,09	1,10	1,08	1,12	1,08	1,08	1,09	1,09	1,13	1,09	1,11	1,13
	<b>Terminado</b>	<b>5,91</b>	<b>5,96</b>	<b>5,86</b>	<b>6,09</b>	<b>5,85</b>	<b>5,87</b>	<b>5,89</b>	<b>5,90</b>	<b>6,15</b>	<b>5,92</b>	<b>6,01</b>	<b>6,12</b>
	Atornillado	1,44	1,45	1,43	1,48	1,42	1,43	1,43	1,44	1,50	1,44	1,46	1,49
8	Colocación de regatones	1,09	1,10	1,08	1,12	1,08	1,08	1,09	1,09	1,13	1,09	1,11	1,13
	Revisado final	1,24	1,25	1,23	1,28	1,23	1,23	1,24	1,24	1,29	1,24	1,26	1,28
	Transporte de silla a bodega de despacho	2,14	2,16	2,12	2,21	2,12	2,13	2,13	2,14	2,23	2,15	2,18	2,22
		169,82	171,25	168,39	174,84	168,05	168,50	169,22	169,50	176,58	170,04	172,60	175,96

Realizado por: Silvana Haro (2017)

### 3.4.3.1 Aplicación del Método Westinghouse

Se procede a consignar el factor de valoración necesario para cada actividad, en función a lo establecido en la tabla del método Westinghouse. Para ello es importante aclarar que estos valores son asignados durante la observación del proceso bajo criterio de la investigadora.

**Tabla 3-3.** Factor de valoración para actividades según Westinghouse

PROCESO	Factor de Valoración del Método Westinghouse					
	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	FV=1+H+E+C+C	
<b>Selección de materiales</b>						
1	Verificación de existencias en bodega	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Selección de materiales en bodega	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Transporte de materiales a estación de corte	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
<b>Corte de piezas</b>						
2	Medición de materiales	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
	Ubicación de materiales en mesa de corte	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
	Corte de piezas conforme diseño	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>						
3	Dobles del tubo (1)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (1)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Dobles del tubo (2)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (2)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Dobles del tubo (3)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (3)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Dobles del tubo (4)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (4)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	<b>Dobles del tubo (5)</b>	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (5)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Dobles del tubo (6)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (6)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Dobles del tubo (7)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (7)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Dobles del tubo (8)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Rectificado del tubo en patrón (8)	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Transporte de piezas a suelda	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
<b>Suelda y pulimento de piezas</b>						
4	Suelda de estructura y limado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Suelda de base plancha y limado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Transporte a sección pintura	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
<b>Pintura de sillas</b>						
5	Desengrasado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23

	Fosfatizado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Limpieza	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Aplicación de pintura	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Transporte a la sección de curado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>					
6	Curado de estructuras de silla	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	Enfriamiento de silla	0,00	0,08	0,00	0,00	1,08
	Transporte de silla a la sección de tapizado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	<b>Tapizado de silla</b>					
	Trazado, corte y pulido de madera	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
7	Trazado y corte de tela y esponja	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
	Pegado	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
	Forrado	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
	Transporte a sección de terminados	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
	<b>Terminado</b>					
	Atornillado	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23
8	Colocación de regatones	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
	Revisado final	0,11	0,08	0,04	0,03	1,26
	Transporte de silla a bodega de despacho	0,08	0,08	0,04	0,03	1,23

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Una vez que se ha obtenido el factor de valoración, a través de la sumatoria de los valores de los cuatro parámetros: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, más 1.

Se procede a multiplicar el factor de valoración por el tiempo que registra el desarrollo de cada actividad.

Esto lo aplicaremos para las 12 muestras.

**Tabla 4-3.** Tiempos de muestras aplicando el factor de valoración del método Westinghouse

		<b>Muestras de Tiempos del proceso con la aplicación del Método Westinghouse</b>												
<b>PROCESO</b>		<b>FV</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1	<b>Selección de materiales</b>		<b>14,76</b>	<b>14,89</b>	<b>14,64</b>	<b>15,20</b>	<b>14,61</b>	<b>14,65</b>	<b>14,71</b>	<b>14,73</b>	<b>15,35</b>	<b>14,78</b>	<b>15,00</b>	<b>15,29</b>
	Verificación de existencias en bodega	1,23	5,55	5,60	5,50	5,71	5,49	5,51	5,53	5,54	5,77	5,56	5,64	5,75
	Selección de materiales en bodega	1,23	7,71	7,77	7,64	7,94	7,63	7,65	7,68	7,70	8,02	7,72	7,84	7,99
	Transporte de materiales a estación de corte	1,23	1,50	1,51	1,49	1,54	1,48	1,49	1,50	1,50	1,56	1,50	1,53	1,55
2	<b>Corte de piezas</b>		<b>27,77</b>	<b>28,00</b>	<b>27,53</b>	<b>28,59</b>	<b>27,48</b>	<b>27,55</b>	<b>27,67</b>	<b>27,71</b>	<b>28,87</b>	<b>27,80</b>	<b>28,22</b>	<b>28,77</b>
	Medición de materiales	1,26	8,17	8,24	8,10	8,41	8,09	8,11	8,14	8,16	8,50	8,18	8,31	8,47
	Ubicación de materiales en mesa de corte	1,26	6,77	6,83	6,72	6,97	6,70	6,72	6,75	6,76	7,04	6,78	6,88	7,02
	Corte de piezas conforme diseño	1,23	11,38	11,48	11,29	11,72	11,26	11,29	11,34	11,36	11,83	11,40	11,57	11,79
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	1,23	1,44	1,45	1,43	1,48	1,42	1,43	1,43	1,44	1,50	1,44	1,46	1,49
3	<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>		<b>19,09</b>	<b>19,25</b>	<b>18,93</b>	<b>19,66</b>	<b>18,89</b>	<b>18,94</b>	<b>19,02</b>	<b>19,06</b>	<b>19,85</b>	<b>19,12</b>	<b>19,40</b>	<b>19,78</b>
	Dobles del tubo (1)	1,23	0,55	0,55	0,54	0,57	0,54	0,54	0,55	0,55	0,57	0,55	0,56	0,57
	Rectificado del tubo en patrón (1)	1,23	1,46	1,48	1,45	1,51	1,45	1,45	1,46	1,46	1,52	1,47	1,49	1,52
	Dobles del tubo (2)	1,23	0,61	0,62	0,60	0,63	0,60	0,61	0,61	0,61	0,63	0,61	0,62	0,63
	Rectificado del tubo en patrón (2)	1,23	1,51	1,53	1,50	1,56	1,50	1,50	1,51	1,51	1,57	1,51	1,54	1,57
	Dobles del tubo (3)	1,23	0,59	0,59	0,58	0,60	0,58	0,58	0,58	0,58	0,61	0,59	0,60	0,61
	Rectificado del tubo en patrón (3)	1,23	1,54	1,55	1,52	1,58	1,52	1,53	1,53	1,53	1,60	1,54	1,56	1,59
	Dobles del tubo (4)	1,23	0,62	0,63	0,62	0,64	0,62	0,62	0,62	0,62	0,65	0,62	0,63	0,64
	Rectificado del tubo en patrón (4)	1,23	1,51	1,53	1,50	1,56	1,50	1,50	1,51	1,51	1,57	1,51	1,54	1,57
	Dobles del tubo (5)	1,23	0,62	0,63	0,62	0,64	0,62	0,62	0,62	0,62	0,65	0,62	0,63	0,64
Rectificado del tubo en patrón (5)	1,23	1,56	1,57	1,55	1,61	1,55	1,55	1,56	1,56	1,62	1,56	1,59	1,62	



	Dobles del tubo (6)	1,23	0,68	0,69	0,68	0,70	0,68	0,68	0,68	0,68	0,71	0,68	0,69	0,71
	Rectificado del tubo en patrón (6)	1,23	1,54	1,55	1,52	1,58	1,52	1,53	1,53	1,53	1,60	1,54	1,56	1,59
	Dobles del tubo (7)	1,23	0,67	0,68	0,67	0,69	0,66	0,67	0,67	0,67	0,70	0,67	0,68	0,70
	Rectificado del tubo en patrón (7)	1,23	1,50	1,51	1,49	1,54	1,48	1,49	1,50	1,50	1,56	1,50	1,53	1,55
	Dobles del tubo (8)	1,23	0,66	0,66	0,65	0,68	0,65	0,65	0,66	0,66	0,68	0,66	0,67	0,68
	Rectificado del tubo en patrón (8)	1,23	1,59	1,60	1,57	1,63	1,57	1,57	1,58	1,58	1,65	1,59	1,61	1,64
	Transporte de piezas a suelda	1,23	1,88	1,89	1,86	1,93	1,86	1,86	1,87	1,88	1,95	1,88	1,91	1,95
4	<b>Suelda y pulimento de piezas</b>		<b>17,40</b>	<b>17,54</b>	<b>17,25</b>	<b>17,91</b>	<b>17,21</b>	<b>17,26</b>	<b>17,33</b>	<b>17,36</b>	<b>18,09</b>	<b>17,42</b>	<b>17,68</b>	<b>18,02</b>
	Suelda de estructura y limado	1,23	10,27	10,36	10,18	10,57	10,16	10,19	10,24	10,25	10,68	10,28	10,44	10,64
	Suelda de base plancha y limado	1,23	5,39	5,44	5,35	5,55	5,34	5,35	5,37	5,38	5,61	5,40	5,48	5,59
	Transporte a sección pintura	1,23	1,73	1,75	1,72	1,78	1,71	1,72	1,73	1,73	1,80	1,73	1,76	1,79
5	<b>Pintura de sillas</b>		<b>11,00</b>	<b>11,10</b>	<b>10,91</b>	<b>11,33</b>	<b>10,89</b>	<b>10,92</b>	<b>10,96</b>	<b>10,98</b>	<b>11,44</b>	<b>11,02</b>	<b>11,18</b>	<b>11,40</b>
	Desengrasado	1,23	1,37	1,38	1,35	1,41	1,35	1,36	1,36	1,36	1,42	1,37	1,39	1,42
	Fosfatizado	1,23	1,52	1,54	1,51	1,57	1,51	1,51	1,52	1,52	1,59	1,53	1,55	1,58
	Limpieza	1,23	1,89	1,91	1,87	1,95	1,87	1,88	1,88	1,89	1,97	1,89	1,92	1,96
	Aplicación de pintura	1,23	4,98	5,02	4,94	5,12	4,93	4,94	4,96	4,97	5,18	4,98	5,06	5,16
	Transporte a la sección de curado	1,23	1,24	1,25	1,23	1,28	1,23	1,23	1,24	1,24	1,29	1,25	1,26	1,29
6	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>		<b>81,33</b>	<b>82,02</b>	<b>80,65</b>	<b>83,74</b>	<b>80,48</b>	<b>80,70</b>	<b>81,04</b>	<b>81,18</b>	<b>84,57</b>	<b>81,44</b>	<b>82,66</b>	<b>84,27</b>
	Curado de estructuras de silla	1,23	36,90	37,21	36,59	37,99	36,52	36,61	36,77	36,83	38,37	36,95	37,51	38,23
	Enfriamiento de silla	1,08	42,84	43,21	42,48	44,11	42,40	42,51	42,69	42,76	44,55	42,90	43,55	44,39
	Transporte de silla a la sección de tapizado	1,23	1,59	1,60	1,57	1,63	1,57	1,57	1,58	1,58	1,65	1,59	1,61	1,64
7	<b>Tapizado de silla</b>		<b>25,23</b>	<b>25,45</b>	<b>25,02</b>	<b>25,98</b>	<b>24,97</b>	<b>25,04</b>	<b>25,15</b>	<b>25,19</b>	<b>26,24</b>	<b>25,27</b>	<b>25,65</b>	<b>26,15</b>
	Trazado, corte y pulido de madera	1,26	5,31	5,36	5,27	5,47	5,26	5,27	5,29	5,30	5,52	5,32	5,40	5,50
	Trazado y corte de tela y esponja	1,26	3,75	3,78	3,72	3,86	3,71	3,72	3,74	3,74	3,90	3,75	3,81	3,88
	Pegado	1,26	5,52	5,57	5,48	5,69	5,47	5,48	5,50	5,51	5,74	5,53	5,61	5,72
	Forrado	1,26	9,31	9,39	9,23	9,58	9,21	9,24	9,28	9,29	9,68	9,32	9,46	9,65

	Transporte a sección de terminados	1,23	1,34	1,35	1,33	1,38	1,33	1,33	1,34	1,34	1,40	1,34	1,36	1,39
	<b>Terminado</b>		<b>7,34</b>	<b>7,40</b>	<b>7,28</b>	<b>7,56</b>	<b>7,26</b>	<b>7,28</b>	<b>7,31</b>	<b>7,33</b>	<b>7,63</b>	<b>7,35</b>	<b>7,46</b>	<b>7,61</b>
8	Atornillado	1,23	1,77	1,78	1,75	1,82	1,75	1,76	1,76	1,77	1,84	1,77	1,80	1,83
	Colocación de regatones	1,26	1,37	1,39	1,36	1,42	1,36	1,36	1,37	1,37	1,43	1,38	1,40	1,42
	Revisado final	1,26	1,56	1,58	1,55	1,61	1,55	1,55	1,56	1,56	1,62	1,56	1,59	1,62
	Transporte de silla a bodega de despacho	1,23	2,63	2,66	2,61	2,71	2,61	2,61	2,63	2,63	2,74	2,64	2,68	2,73
		203,92	205,64	202,20	209,95	201,80	202,34	203,20	203,54	212,04	204,19	207,26	211,29	

Realizado por: Silvana Haro (2017).

### 3.4.3.2 Tiempos Suplemento conforme la OIT

Una vez hallado el tiempo normalizado se procede a calcular los porcentajes del tiempo de descanso, pues producen un incremento en el tiempo básico de la actividad.

Este análisis se apoyará en la tabla de la OIT, considerando entre otros aspectos los pesos que cargan los operarios.

**Tabla 5-3.** Tiempo suplemento conforme a la OIT para la fabricación de sillas

PROCESO	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES			% SUPLEMENTO	
	Necesidades Personales	Fatiga	Por trabajar de pie	Uso de fuerza muscular			
<b>Selección de materiales</b>							
1	Verificación de existencias en bodega	5%	0%	0%	0%		5%
	Selección de materiales en bodega	5%	0%	2%	0%		7%
	Transporte de materiales a estación de corte	5%	4%	0%	2%	7,5 kg	11%
<b>Corte de piezas</b>							
2	Medición de materiales	5%	0%	2%			7%
	Ubicación de materiales en mesa de corte	5%	0%	2%	1%	5 kg	8%
	Corte de piezas conforme diseño	5%	4%	2%	0%	2,5 kg	11%
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	5%	4%	2%	2%	7,5 kg	13%
<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>							
3	Dobles del tubo (1)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (1)	5%	0%	2%			7%
	Dobles del tubo (2)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (2)	5%	0%	2%			7%
	Dobles del tubo (3)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (3)	5%	0%	2%			7%
	Dobles del tubo (4)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (4)	5%	0%	2%			7%
	Dobles del tubo (5)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (5)	5%	0%	2%			7%
	Dobles del tubo (6)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (6)	5%	0%	2%			7%
	Dobles del tubo (7)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (7)	5%	0%	2%			7%
	Dobles del tubo (8)	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Rectificado del tubo en patrón (8)	5%	0%	2%			7%
Transporte de piezas a suelda	5%	4%	2%	2%	7,5 kg	13%	
<b>Suelda y pulimiento de piezas</b>							
4	Suelda de estructura y limado	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%

	Suelda de base plancha y limado	5%	4%	2%	1%	5 kg	12%
	Transporte a sección pintura	5%	4%	2%	2%	7,5 kg	13%
	<b>Pintura de sillas</b>						
5	Desengrasado	5%	4%	2%			11%
	Fosfatizado	5%	4%	2%			11%
	Limpieza	5%	4%	2%			11%
	Aplicación de pintura	5%	4%	2%	0%	2,5 kg	11%
	Transporte a la sección de curado	5%	4%	2%	2%	7,5 kg	13%
		<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>					
6	Curado de estructuras de silla	5%	4%	0%	1%	5 kg	10%
	Enfriamiento de silla	5%	0%	0%	1%	5 kg	6%
	Transporte de silla a la sección de tapizado	5%	4%	2%	2%	7,5 kg	13%
	<b>Tapizado de silla</b>						
7	Trazado, corte y pulido de madera	5%	4%	2%	0%	2,5 kg	11%
	Trazado y corte de tela y esponja	5%	4%	2%	0%	2,5 kg	11%
	Pegado	5%	0%	2%			7%
	Forrado	5%	4%	2%			11%
	Transporte a sección de terminados	5%	4%	2%	3%	10 kg	14%
		<b>Terminado</b>					
8	Atornillado	5%	0%	2%			7%
	Colocación de regatones	5%	0%	2%			7%
	Revisado final	5%	0%	2%			7%
	Transporte de silla a bodega de despacho	5%	4%	2%	3%	10 kg	14%

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Para este estudio se consideraron:

Suplementos constantes:

- **Necesidades Personales:** Que corresponde al tiempo asignado al trabajador para satisfacer sus necesidades fisiológicas. En general es constante y fluctúa entre el 5% y 7%.
- **Fatiga:** Trata sobre el estado de actitud física o mental del operario debido a la actividad que ejercen de forma continua y el tiempo que requieren para reestablecer la energía consumida.

Suplementos variables:

- **Por trabajar de pie:** Debido a la naturaleza del trabajo las actividades deben efectuarse estando de pie, lo que también genera un valor de suplemento variable en el operario.
- **Uso de fuerza muscular:** Aquí se han considerado los pesos de las herramientas, materiales y productos en proceso que deben cargar en cada actividad los trabajadores.

**Tabla 6-3.** Tiempos de las doce muestras con el porcentaje de suplemento

		<b>Tiempos de las muestras con el porcentaje de suplemento OIT</b>												
<b>PROCESO</b>	<b>% SUPLEMENTO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	
1	<b>Selección de materiales</b>	<b>15,74</b>	<b>15,88</b>	<b>15,61</b>	<b>16,21</b>	<b>15,58</b>	<b>15,62</b>	<b>15,69</b>	<b>15,71</b>	<b>16,37</b>	<b>15,76</b>	<b>16,00</b>	<b>16,31</b>	
	Verificación de existencias en bodega	5%	5,83	5,88	5,78	6,00	5,77	5,78	5,81	5,82	6,06	5,84	5,92	6,04
	Selección de materiales en bodega	7%	8,25	8,32	8,18	8,49	8,16	8,19	8,22	8,23	8,58	8,26	8,38	8,55
	Transporte de materiales a estación de corte	11%	1,67	1,68	1,65	1,71	1,65	1,65	1,66	1,66	1,73	1,67	1,69	1,73
2	<b>Corte de piezas</b>	<b>30,32</b>	<b>30,58</b>	<b>30,06</b>	<b>31,22</b>	<b>30,00</b>	<b>30,08</b>	<b>30,21</b>	<b>30,26</b>	<b>31,53</b>	<b>30,36</b>	<b>30,82</b>	<b>31,42</b>	
	Medición de materiales	7%	8,74	8,82	8,67	9,00	8,65	8,68	8,71	8,73	9,09	8,76	8,89	9,06
	Ubicación de materiales en mesa de corte	8%	7,31	7,38	7,25	7,53	7,24	7,26	7,29	7,30	7,61	7,32	7,43	7,58
	Corte de piezas conforme diseño	11%	12,63	12,74	12,53	13,01	12,50	12,54	12,59	12,61	13,14	12,65	12,84	13,09
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificadas	13%	1,63	1,64	1,61	1,67	1,61	1,61	1,62	1,62	1,69	1,63	1,65	1,69
3	<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>	<b>20,79</b>	<b>20,97</b>	<b>20,61</b>	<b>21,40</b>	<b>20,57</b>	<b>20,63</b>	<b>20,72</b>	<b>20,75</b>	<b>21,62</b>	<b>20,82</b>	<b>21,13</b>	<b>21,54</b>	
	Dobles del tubo (1)	12%	0,61	0,62	0,61	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61	0,64	0,62	0,62	0,64
	Rectificado del tubo en patrón (1)	7%	1,57	1,58	1,55	1,61	1,55	1,55	1,56	1,56	1,63	1,57	1,59	1,62
	Dobles del tubo (2)	12%	0,68	0,69	0,68	0,70	0,68	0,68	0,68	0,68	0,71	0,68	0,69	0,71
	Rectificado del tubo en patrón (2)	7%	1,62	1,63	1,60	1,67	1,60	1,61	1,61	1,62	1,68	1,62	1,65	1,68
	Dobles del tubo (3)	12%	0,66	0,66	0,65	0,68	0,65	0,65	0,65	0,65	0,68	0,66	0,67	0,68
	Rectificado del tubo en patrón (3)	7%	1,64	1,66	1,63	1,69	1,63	1,63	1,64	1,64	1,71	1,65	1,67	1,70
	Dobles del tubo (4)	12%	0,70	0,70	0,69	0,72	0,69	0,69	0,69	0,70	0,72	0,70	0,71	0,72
	Rectificado del tubo en patrón (4)	7%	1,62	1,63	1,60	1,67	1,60	1,61	1,61	1,62	1,68	1,62	1,65	1,68
	Dobles del tubo (5)	12%	0,70	0,70	0,69	0,72	0,69	0,69	0,69	0,70	0,72	0,70	0,71	0,72
Rectificado del tubo en patrón (5)	7%	1,67	1,68	1,66	1,72	1,65	1,66	1,66	1,67	1,74	1,67	1,70	1,73	

	Dobles del tubo (6)	12%	0,77	0,77	0,76	0,79	0,76	0,76	0,76	0,76	0,80	0,77	0,78	0,79
	Rectificado del tubo en patrón (6)	7%	1,64	1,66	1,63	1,69	1,63	1,63	1,64	1,64	1,71	1,65	1,67	1,70
	Dobles del tubo (7)	12%	0,75	0,76	0,75	0,77	0,74	0,75	0,75	0,75	0,78	0,75	0,76	0,78
	Rectificado del tubo en patrón (7)	7%	1,61	1,62	1,59	1,65	1,59	1,59	1,60	1,60	1,67	1,61	1,63	1,66
	Dobles del tubo (8)	12%	0,74	0,74	0,73	0,76	0,73	0,73	0,74	0,74	0,77	0,74	0,75	0,76
	Rectificado del tubo en patrón (8)	7%	1,70	1,71	1,68	1,75	1,68	1,68	1,69	1,69	1,76	1,70	1,72	1,76
	Transporte de piezas a suelda	13%	2,12	2,14	2,10	2,19	2,10	2,11	2,12	2,12	2,21	2,13	2,16	2,20
	<b>Suelda y pulimento de piezas</b>		<b>19,50</b>	<b>19,66</b>	<b>19,34</b>	<b>20,08</b>	<b>19,30</b>	<b>19,35</b>	<b>19,43</b>	<b>19,46</b>	<b>20,28</b>	<b>19,53</b>	<b>19,82</b>	<b>20,20</b>
4	Suelda de estructura y limado	12%	11,50	11,60	11,41	11,84	11,38	11,41	11,46	11,48	11,96	11,52	11,69	11,92
	Suelda de base plancha y limado	12%	6,04	6,09	5,99	6,22	5,98	5,99	6,02	6,03	6,28	6,05	6,14	6,26
	Transporte a sección pintura	13%	1,96	1,97	1,94	2,02	1,94	1,94	1,95	1,95	2,04	1,96	1,99	2,03
	<b>Pintura de sillas</b>		<b>12,24</b>	<b>12,34</b>	<b>12,14</b>	<b>12,60</b>	<b>12,11</b>	<b>12,14</b>	<b>12,20</b>	<b>12,22</b>	<b>12,73</b>	<b>12,25</b>	<b>12,44</b>	<b>12,68</b>
5	Desengrasado	11%	1,52	1,53	1,50	1,56	1,50	1,50	1,51	1,51	1,58	1,52	1,54	1,57
	Fosfatizado	11%	1,69	1,71	1,68	1,74	1,67	1,68	1,69	1,69	1,76	1,69	1,72	1,75
	Limpieza	11%	2,10	2,12	2,08	2,16	2,08	2,08	2,09	2,09	2,18	2,10	2,13	2,17
	Aplicación de pintura	11%	5,52	5,57	5,48	5,69	5,47	5,48	5,51	5,51	5,74	5,53	5,62	5,72
	Transporte a la sección de curado	13%	1,41	1,42	1,39	1,45	1,39	1,40	1,40	1,40	1,46	1,41	1,43	1,46
	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>		<b>87,80</b>	<b>88,54</b>	<b>87,06</b>	<b>90,39</b>	<b>86,88</b>	<b>87,12</b>	<b>87,49</b>	<b>87,63</b>	<b>91,29</b>	<b>87,91</b>	<b>89,24</b>	<b>90,97</b>
6	Curado de estructuras de silla	10%	40,59	40,93	40,25	41,79	40,17	40,28	40,45	40,52	42,21	40,64	41,26	42,06
	Enfriamiento de silla	6%	45,41	45,80	45,03	46,76	44,94	45,06	45,25	45,33	47,22	45,48	46,16	47,06
	Transporte de silla a la sección de tapizado	13%	1,79	1,81	1,78	1,84	1,77	1,78	1,79	1,79	1,86	1,79	1,82	1,86
	<b>Tapizado de silla</b>		<b>27,83</b>	<b>28,06</b>	<b>27,60</b>	<b>28,65</b>	<b>27,54</b>	<b>27,61</b>	<b>27,73</b>	<b>27,78</b>	<b>28,94</b>	<b>27,87</b>	<b>28,29</b>	<b>28,84</b>
7	Trazado, corte y pulido de madera	11%	5,89	5,94	5,85	6,07	5,83	5,85	5,87	5,88	6,13	5,90	5,99	6,11
	Trazado y corte de tela y esponja	11%	4,16	4,20	4,13	4,28	4,12	4,13	4,15	4,15	4,33	4,17	4,23	4,31
	Pegado	7%	5,91	5,96	5,86	6,08	5,85	5,86	5,89	5,90	6,15	5,92	6,01	6,12
	Forrado	11%	10,33	10,42	10,25	10,64	10,23	10,25	10,30	10,31	10,75	10,35	10,50	10,71

	<b>Transporte a sección de terminados</b>	<b>14%</b>	<b>1,53</b>	<b>1,54</b>	<b>1,52</b>	<b>1,57</b>	<b>1,51</b>	<b>1,52</b>	<b>1,52</b>	<b>1,53</b>	<b>1,59</b>	<b>1,53</b>	<b>1,55</b>	<b>1,59</b>
8	Terminado		8,04	8,11	7,97	8,28	7,95	7,98	8,01	8,02	8,36	8,05	8,17	8,33
	Atornillado	7%	1,89	1,91	1,88	1,95	1,87	1,88	1,89	1,89	1,97	1,90	1,92	1,96
	Colocación de regatones	7%	1,47	1,48	1,46	1,51	1,46	1,46	1,47	1,47	1,53	1,47	1,49	1,52
	Revisado final	7%	1,67	1,69	1,66	1,72	1,65	1,66	1,67	1,67	1,74	1,67	1,70	1,73
	Transporte de silla a bodega de despacho	14%	3,00	3,03	2,98	3,09	2,97	2,98	2,99	3,00	3,12	3,01	3,05	3,11
			222,25	224,13	220,38	228,83	219,94	220,53	221,47	221,84	231,10	222,55	225,90	230,29

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Una vez que se obtiene el porcentaje de suplemento, este debe multiplicarse para el tiempo de cada actividad, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normalizado} * (\% \text{ suplemento} + 1)$$

Donde:

Tiempo normalizado: Es el tiempo inicial de cada actividad del proceso multiplicado por el factor de valoración del método Westinghouse asignado a ese proceso.

Factor de valoración: Es la sumatoria de los valores de los cuatro parámetros: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, más 1.

Porcentaje suplemento: Conforme a las condiciones de trabajo son los porcentajes de la tabla de la OIT, más 1.

De esta manera se determina el tiempo estándar.

Se deben sumar los tiempos estándar de las 12 muestras para obtener el valor del tiempo promedio de todo el proceso. En función a que este será el tiempo real que actualmente se emplea en el proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas.

3.4.3.3 *Tiempo Estándar (método actual)*

**Tabla 7-3.** Tiempo estándar muestral y promedio

<b>REGISTRO DE TIEMPOS ESTÁNDAR APLICADO EL MÉTODO ACTUAL</b>															
Nro	Actividad	Tiempos del proceso de fabricación de sillas de acero (minutos)												# Observaciones	Tiempo Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	<b>Selección de materiales</b>	<b>15,74</b>	<b>15,88</b>	<b>15,61</b>	<b>16,21</b>	<b>15,58</b>	<b>15,62</b>	<b>15,69</b>	<b>15,71</b>	<b>16,37</b>	<b>15,76</b>	<b>16,00</b>	<b>16,31</b>	<b>12</b>	<b>15,87</b>
	Verificación de existencias en bodega	5,83	5,88	5,78	6,00	5,77	5,78	5,81	5,82	6,06	5,84	5,92	6,04	12	5,88
	Selección de materiales en bodega	8,25	8,32	8,18	8,49	8,16	8,19	8,22	8,23	8,58	8,26	8,38	8,55	12	8,32
	Transporte de materiales a estación de corte	1,67	1,68	1,65	1,71	1,65	1,65	1,66	1,66	1,73	1,67	1,69	1,73	12	1,68
2	<b>Corte de piezas</b>	<b>30,32</b>	<b>30,58</b>	<b>30,06</b>	<b>31,22</b>	<b>30,00</b>	<b>30,08</b>	<b>30,21</b>	<b>30,26</b>	<b>31,53</b>	<b>30,36</b>	<b>30,82</b>	<b>31,42</b>	<b>12</b>	<b>30,57</b>
	Medición de materiales	8,74	8,82	8,67	9,00	8,65	8,68	8,71	8,73	9,09	8,76	8,89	9,06	12	8,82
	Ubicación de materiales en mesa de corte	7,31	7,38	7,25	7,53	7,24	7,26	7,29	7,30	7,61	7,32	7,43	7,58	12	7,38
	Corte de piezas conforme diseño	12,63	12,74	12,53	13,01	12,50	12,54	12,59	12,61	13,14	12,65	12,84	13,09	12	12,74
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	1,63	1,64	1,61	1,67	1,61	1,61	1,62	1,62	1,69	1,63	1,65	1,69	12	1,64
3	<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>	<b>20,79</b>	<b>20,97</b>	<b>20,61</b>	<b>21,40</b>	<b>20,57</b>	<b>20,63</b>	<b>20,72</b>	<b>20,75</b>	<b>21,62</b>	<b>20,82</b>	<b>21,13</b>	<b>21,54</b>	<b>12</b>	<b>20,96</b>
	Dobles del tubo (1)	0,61	0,62	0,61	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61	0,64	0,62	0,62	0,64	12	0,62
	Rectificado del tubo en patrón (1)	1,57	1,58	1,55	1,61	1,55	1,55	1,56	1,56	1,63	1,57	1,59	1,62	12	1,58
	Dobles del tubo (2)	0,68	0,69	0,68	0,70	0,68	0,68	0,68	0,68	0,71	0,68	0,69	0,71	12	0,69
	Rectificado del tubo en patrón (2)	1,62	1,63	1,60	1,67	1,60	1,61	1,61	1,62	1,68	1,62	1,65	1,68	12	1,63
	Dobles del tubo (3)	0,66	0,66	0,65	0,68	0,65	0,65	0,65	0,65	0,68	0,66	0,67	0,68	12	0,66
	Rectificado del tubo en patrón (3)	1,64	1,66	1,63	1,69	1,63	1,63	1,64	1,64	1,71	1,65	1,67	1,70	12	1,66
	Dobles del tubo (4)	0,70	0,70	0,69	0,72	0,69	0,69	0,69	0,70	0,72	0,70	0,71	0,72	12	0,70
	Rectificado del tubo en patrón (4)	1,62	1,63	1,60	1,67	1,60	1,61	1,61	1,62	1,68	1,62	1,65	1,68	12	1,63
	Dobles del tubo (5)	0,70	0,70	0,69	0,72	0,69	0,69	0,69	0,70	0,72	0,70	0,71	0,72	12	0,70



	Rectificado del tubo en patrón (5)	1,67	1,68	1,66	1,72	1,65	1,66	1,66	1,67	1,74	1,67	1,70	1,73	12	1,68
	Dobles del tubo (6)	0,77	0,77	0,76	0,79	0,76	0,76	0,76	0,76	0,80	0,77	0,78	0,79	12	0,77
	Rectificado del tubo en patrón (6)	1,64	1,66	1,63	1,69	1,63	1,63	1,64	1,64	1,71	1,65	1,67	1,70	12	1,66
	Dobles del tubo (7)	0,75	0,76	0,75	0,77	0,74	0,75	0,75	0,75	0,78	0,75	0,76	0,78	12	0,76
	Rectificado del tubo en patrón (7)	1,61	1,62	1,59	1,65	1,59	1,59	1,60	1,60	1,67	1,61	1,63	1,66	12	1,62
	Dobles del tubo (8)	0,74	0,74	0,73	0,76	0,73	0,73	0,74	0,74	0,77	0,74	0,75	0,76	12	0,74
	Rectificado del tubo en patrón (8)	1,70	1,71	1,68	1,75	1,68	1,68	1,69	1,69	1,76	1,70	1,72	1,76	12	1,71
	Transporte de piezas a suelda	2,12	2,14	2,10	2,19	2,10	2,11	2,12	2,12	2,21	2,13	2,16	2,20	12	2,14
	<b>Suelda y pulimiento de piezas</b>	<b>19,50</b>	<b>19,66</b>	<b>19,34</b>	<b>20,08</b>	<b>19,30</b>	<b>19,35</b>	<b>19,43</b>	<b>19,46</b>	<b>20,28</b>	<b>19,53</b>	<b>19,82</b>	<b>20,20</b>	<b>12</b>	<b>19,66</b>
4	Suelda de estructura y limado	11,50	11,60	11,41	11,84	11,38	11,41	11,46	11,48	11,96	11,52	11,69	11,92	12	11,60
	Suelda de base plancha y limado	6,04	6,09	5,99	6,22	5,98	5,99	6,02	6,03	6,28	6,05	6,14	6,26	12	6,09
	Transporte a sección pintura	1,96	1,97	1,94	2,02	1,94	1,94	1,95	1,95	2,04	1,96	1,99	2,03	12	1,97
	<b>Pintura de sillas</b>	<b>12,24</b>	<b>12,34</b>	<b>12,14</b>	<b>12,60</b>	<b>12,11</b>	<b>12,14</b>	<b>12,20</b>	<b>12,22</b>	<b>12,73</b>	<b>12,25</b>	<b>12,44</b>	<b>12,68</b>	<b>12</b>	<b>12,34</b>
5	Desengrasado	1,52	1,53	1,50	1,56	1,50	1,50	1,51	1,51	1,58	1,52	1,54	1,57	12	1,53
	Fosfatizado	1,69	1,71	1,68	1,74	1,67	1,68	1,69	1,69	1,76	1,69	1,72	1,75	12	1,71
	Limpieza	2,10	2,12	2,08	2,16	2,08	2,08	2,09	2,09	2,18	2,10	2,13	2,17	12	2,12
	Aplicación de pintura	5,52	5,57	5,48	5,69	5,47	5,48	5,51	5,51	5,74	5,53	5,62	5,72	12	5,57
	Transporte a la sección de curado	1,41	1,42	1,39	1,45	1,39	1,40	1,40	1,40	1,46	1,41	1,43	1,46	12	1,42
	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>	<b>87,80</b>	<b>88,54</b>	<b>87,06</b>	<b>90,39</b>	<b>86,88</b>	<b>87,12</b>	<b>87,49</b>	<b>87,63</b>	<b>91,29</b>	<b>87,91</b>	<b>89,24</b>	<b>90,97</b>	<b>12</b>	<b>88,53</b>
6	Curado de estructuras de silla	40,59	40,93	40,25	41,79	40,17	40,28	40,45	40,52	42,21	40,64	41,26	42,06	12	40,93
	Enfriamiento de silla	45,41	45,80	45,03	46,76	44,94	45,06	45,25	45,33	47,22	45,48	46,16	47,06	12	45,79
	Transporte de silla a la sección de tapizado	1,79	1,81	1,78	1,84	1,77	1,78	1,79	1,79	1,86	1,79	1,82	1,86	12	1,81
	<b>Tapizado de silla</b>	<b>27,83</b>	<b>28,06</b>	<b>27,60</b>	<b>28,65</b>	<b>27,54</b>	<b>27,61</b>	<b>27,73</b>	<b>27,78</b>	<b>28,94</b>	<b>27,87</b>	<b>28,29</b>	<b>28,84</b>	<b>12</b>	<b>28,06</b>
7	Trazado, corte y pulido de madera	5,89	5,94	5,85	6,07	5,83	5,85	5,87	5,88	6,13	5,90	5,99	6,11	12	5,94
	Trazado y corte de tela y esponja	4,16	4,20	4,13	4,28	4,12	4,13	4,15	4,15	4,33	4,17	4,23	4,31	12	4,20

	Pegado	5,91	5,96	5,86	6,08	5,85	5,86	5,89	5,90	6,15	5,92	6,01	6,12	12	5,96
	Forrado	10,33	10,42	10,25	10,64	10,23	10,25	10,30	10,31	10,75	10,35	10,50	10,71	12	10,42
	Transporte a sección de terminados	1,53	1,54	1,52	1,57	1,51	1,52	1,52	1,53	1,59	1,53	1,55	1,59	12	1,54
	<b>Terminado</b>	<b>8,04</b>	<b>8,11</b>	<b>7,97</b>	<b>8,28</b>	<b>7,95</b>	<b>7,98</b>	<b>8,01</b>	<b>8,02</b>	<b>8,36</b>	<b>8,05</b>	<b>8,17</b>	<b>8,33</b>	<b>12</b>	<b>8,11</b>
8	Atornillado	1,89	1,91	1,88	1,95	1,87	1,88	1,89	1,89	1,97	1,90	1,92	1,96	12	1,91
	Colocación de regatones	1,47	1,48	1,46	1,51	1,46	1,46	1,47	1,47	1,53	1,47	1,49	1,52	12	1,48
	Revisado final	1,67	1,69	1,66	1,72	1,65	1,66	1,67	1,67	1,74	1,67	1,70	1,73	12	1,69
	Transporte de silla a bodega de despacho	3,00	3,03	2,98	3,09	2,97	2,98	2,99	3,00	3,12	3,01	3,05	3,11	12	3,03
		222,25	224,13	220,38	228,83	219,94	220,53	221,47	221,84	231,10	222,55	225,90	230,29	12	224,10

Realizado por: Silvana Haro (2017).

### 3.4.4 Diagrama de procesos

Tabla 8-3. Diagrama de procesos

Nro.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCLIA (m)	TIEMPO ESTÁNDAR (min)	●	➔	◐	■	▼
	<b>Selección de materiales</b>			<b>15,87</b>					
1	Verificación de existencias en bodega	1		5,88				●	
2	Selección materiales en bodega	1		8,32	●				
3	Transporte materiales a estación de corte	1	11,3	1,68		●			
	<b>Corte de piezas</b>			<b>30,57</b>					
4	Medición de materiales	1		8,82	●				
5	Ubicación de materiales en mesa de corte	1		7,38		●			
6	Corte de piezas conforme diseño	1		12,74	●				
7	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificadas	8	10,1	1,64		●			
	<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>			<b>20,96</b>					
8	Dobles del tubo (1)	1		0,62	●				
9	Rectificado del tubo en patron (1)	1		1,58				●	
10	Dobles del tubo (2)	1		0,69	●				
11	Rectificado del tubo en patron (2)	1		1,63				●	
12	Dobles del tubo (3)	1		0,66	●				
13	Rectificado del tubo en patron (3)	1		1,66				●	
14	Dobles del tubo (4)	1		0,70	●				
15	Rectificado del tubo en patron (4)	1		1,63				●	
16	Dobles del tubo (5)	1		0,70	●				
17	Rectificado del tubo en patron (5)	1		1,68				●	
18	Dobles del tubo (6)	1		0,77	●				
19	Rectificado del tubo en patron (6)	1		1,66				●	
20	Dobles del tubo (7)	1		0,76	●				
21	Rectificado del tubo en patron (7)	1		1,62				●	
22	Dobles del tubo (8)	1		0,74	●				
23	Rectificado del tubo en patron (8)	1		1,71				●	
24	Transporte de piezas a suelda	1	14,4	2,14		●			
	<b>Suelda y pulimiento de piezas</b>			<b>19,66</b>					
25	Suelda de estructura y limado	1		11,60				●	
26	Suelda de base plancha y limado	1		6,09				●	
27	Transporte a sección pintura	1		1,97		●			
	<b>Pintura de sillas</b>			<b>12,34</b>					
28	Desengrasado	1		1,53				●	
29	Fosfatizado	1		1,71	●				
30	Limpieza	1		2,12				●	
31	Aplicación de pintura	1		5,57	●				
32	Transporte a la sección de curado	1	17,9	1,42		●			
	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>			<b>88,53</b>					
33	Curado de estructuras de silla	1		40,93	●				
34	Enfriamiento de silla	1		45,79				●	
35	Transporte de silla a la sección de tapizado	1	8,4	1,81		●			
	<b>Tapizado de silla</b>			<b>28,06</b>					
36	Trazado, corte y pulido de madera	1		5,94	●				
37	Trazado y corte de tela y esponja	1		4,20	●				
38	Pegado	1		5,96				●	
39	Forrado	1		10,42	●				
40	Transporte a sección de terminados	1	15,35	1,54		●			
	<b>Terminado</b>			<b>8,11</b>					
41	Atornillado	1		1,91	●				
42	Colocación de regatones	1		1,48	●				
43	Revisado final	1		1,69				●	
44	Transporte de silla a bodega de despacho	1	10,5	3,03		●			

Realizado por: Silvana Haro (2017).

### **3.5 Teoría de Restricciones (TOC)**

#### **3.5.1 Identificación de Restricciones (método actual)**

Para poder identificar las restricciones del proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas que se emplea actualmente en la empresa Muebles de Acero Viteri, se va a efectuar un análisis de valor agregado de los procesos que constituyen la producción.

El análisis de valor está conformado por el valor agregado al cliente, que corresponde a lo que está dispuesto a pagar para obtener un buen producto o servicio y el valor agregado de la empresa, este implica costos para la industria durante el proceso productivo en la preparación, espera, movimiento, inspección y archivo, siendo lo ideal que los valores para la empresa siempre sean mínimos.

La investigación busca conocer principalmente el valor agregado que existe para la empresa, a fin de determinar las restricciones que deben eliminarse o reducirse. Para ello, conforme al diagrama de flujo se asignará la calificación de uno en la etapa que corresponda a cada una de las cuarenta y cuatro actividades del proceso de fabricación de sillas.

Posteriormente se efectúa la sumatoria de dichos valores en cada etapa: valor agregado al cliente, valor agregado de la empresa, preparación, espera, movimiento, inspección y archivo, así como la sumatoria de los tiempos respectivos y el cálculo de sus porcentajes.

Esta valoración se la hará al proceso completo de fabricación de sillas, a fin de conocer mediante un gráfico de barras el factor de valor agregado de la empresa que reporte el mayor porcentaje. Una vez identificado, sobre este factor se repetirá el proceso completo de análisis de valor agregado para conocer la actividad en la que se halla la restricción.

Para corroborar la precisión que existe al efectuar el análisis de valor agregado, se emplea el Diagrama de Pareto, con el que se verifica si la restricción en ambos casos se encuentra en la misma etapa del proceso de fabricación de sillas.

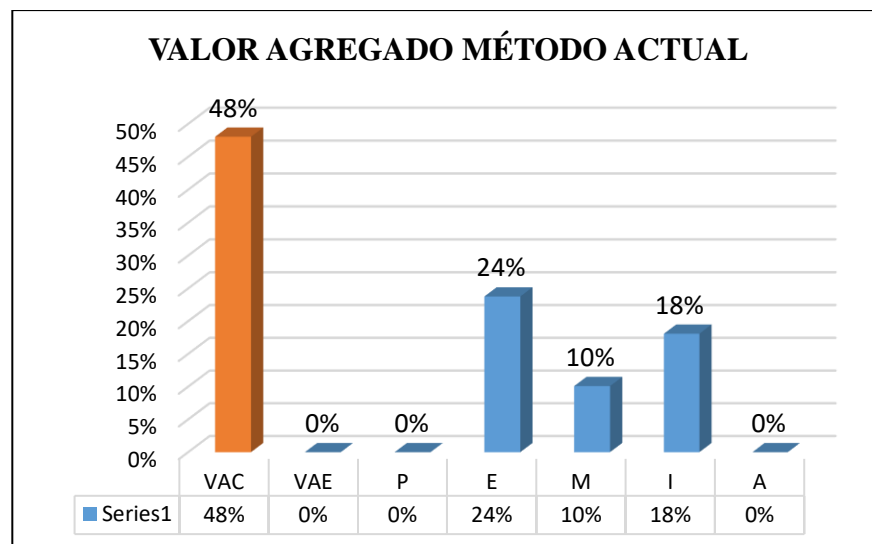
**Tabla 9-3.** Análisis de valor agregado método actual

ANÁLISIS DE VALOR MÉTODO ACTUAL									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD	TIEMPOS EFECTIVOS (min)
1						1		Verificación de existencias en bodega	5,88
2	1							Selección de materiales en bodega	8,32
3					1			Transporte de materiales a estación de corte	1,68
4	1							Medición de materiales	8,82
5					1			Ubicación de materiales en mesa de corte	7,38
6	1							Corte de piezas conforme diseño	12,74
7					1			Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	1,64
8	1							Dobles del tubo (1)	0,62
9						1		Rectificado del tubo en patrón (1)	1,58
10	1							Dobles del tubo (2)	0,69
11						1		Rectificado del tubo en patrón (2)	1,63
12	1							Dobles del tubo (3)	0,66
13						1		Rectificado del tubo en patrón (3)	1,66
14	1							Dobles del tubo (4)	0,70
15						1		Rectificado del tubo en patrón (4)	1,63
16	1							Dobles del tubo (5)	0,70
17						1		Rectificado del tubo en patrón (5)	1,68
18	1							Dobles del tubo (6)	0,77
19						1		Rectificado del tubo en patrón (6)	1,66
20	1							Dobles del tubo (7)	0,76
21						1		Rectificado del tubo en patrón (7)	1,62
22	1							Dobles del tubo (8)	0,74
23						1		Rectificado del tubo en patrón (8)	1,71
24					1			Transporte de piezas a suelda	2,14
25						1		Suelda de estructura y limado	11,60
26						1		Suelda de base plancha y limado	6,09
27					1			Transporte a sección pintura	1,97

28				1				Desengrasado	1,53
29	1							Fosfatizado	1,71
30						1		Limpieza	2,12
31	1							Aplicación de pintura	5,57
32					1			Transporte a la sección de curado	1,42
33	1							Curado de estructuras de silla	40,93
34				1				Enfriamiento de silla	45,79
35					1			Transporte de silla a la sección de tapizado	1,81
36	1							Trazado, corte y pulido de madera	5,94
37	1							Trazado y corte de tela y esponja	4,20
38				1				Pegado	5,96
39	1							Forrado	10,42
40					1			Transporte a sección de terminados	1,54
41	1							Atornillado	1,91
42	1							Colocación de regatones	1,48
43						1		Revisado final	1,69
44					1			Transporte de silla a bodega de despacho	3,03
	19	0	0	3	9	13	0	<b>TOTAL</b>	224,10

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		MÉTODO ACTUAL			TIEMPO TOTAL EN DÍAS	0,47
		No.	Tiempo	%		
<b>VAC</b>	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)	19	107,68	48%		
<b>VAE</b>	VALOR AGREGADO EMPRESA	0	0,00	0%		
<b>P</b>	PREPARACIÓN	0	0,00	0%		
<b>E</b>	ESPERA	3	53,28	24%		
<b>M</b>	MOVIMIENTO	9	22,60	10%		
<b>I</b>	INSPECCIÓN	13	40,54	18%		
<b>A</b>	ARCHIVO	0	0,00	0%		
<b>TT</b>	TOTAL	<b>44</b>	<b>224,10</b>	<b>100%</b>		
<b>TVA</b>	TIEMPO DE VALOR AGREGADO			<b>107,68</b>		
<b>IVA</b>	INDICE DE VALOR AGREGADO			<b>48%</b>		

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 1-3.** AVA (método actual).  
Realizado por: Silvana Haro (2017).

Como puede observarse en el gráfico, el método del proceso empleado actualmente para la fabricación de sillas, posee un 48% de valor agregado hacia el cliente. Seguido de un 24% de valor agregado a la empresa en actividades de espera, el mismo que debe reducirse.

### 3.5.2 *Detección de la restricción*

**Tabla 10-3.** Análisis de valor agregado (método actual)

Nro.	DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR (min)
A1	Selección de materiales	15,87
A2	Corte de piezas	30,57
A3	Dobles y Rectificado de tubos	20,96
A4	Suelda y pulimento de piezas	19,66
A5	Pintura de sillas	12,34
A6	Curado y horneado de estructuras de sillas	88,53
A7	Tapizado de silla	28,06
A8	Terminado	8,11
<b>TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL</b>		
	<b>Minutos</b>	<b>224,10</b>
	<b>Horas</b>	<b>3,74</b>
	<b>Días</b>	<b>0,47</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Figura 2-3.** Método proceso actual (actividades y tiempos).

Realizado por: Silvana Haro (2017).

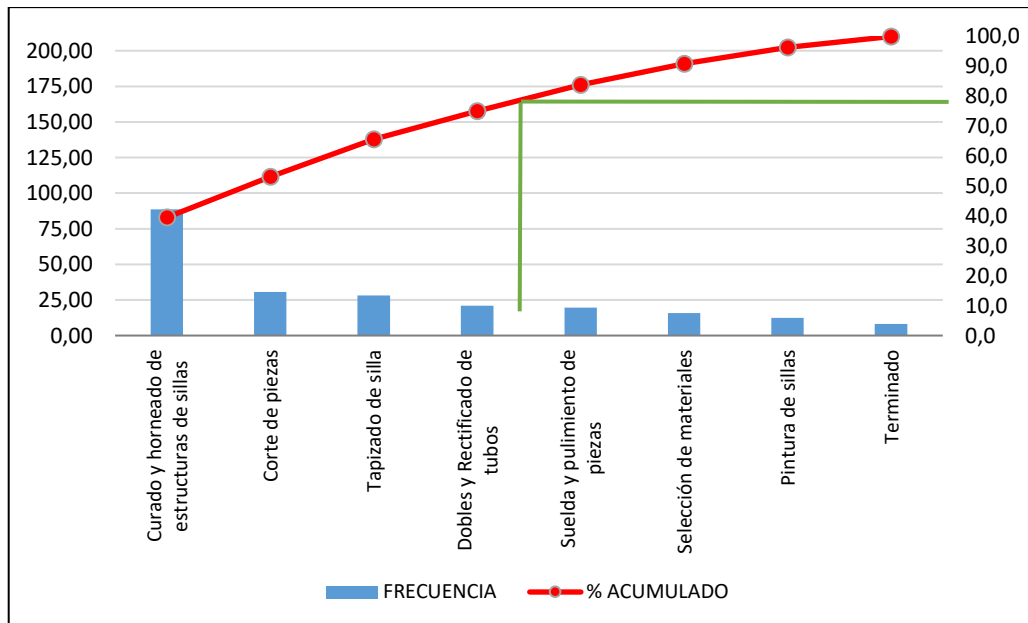
Se observa que la restricción del sistema se presenta en el proceso de curado y horneado de estructuras de sillas, con un tiempo de 88,53 minutos.

Además, como parte del análisis de las restricciones se ha efectuado un diagrama de Pareto, que permite hacer una comparación con lo obtenido a través del análisis de valor agregado.

**Tabla 11-3.** Pareto (método actual)

PROCESOS	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
Curado y horneado de estructuras de sillas	88,53	39,5	39,5
Corte de piezas	30,57	13,6	53,1
Tapizado de silla	28,06	12,5	65,7
Dobles y Rectificado de tubos	20,96	9,4	75,0
Suelda y pulimiento de piezas	19,66	8,8	83,8
Selección de materiales	15,87	7,1	90,9
Pintura de sillas	12,34	5,5	96,4
Terminado	8,11	3,6	100,0

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 2-3.** Pareto (método actual).

Realizado por: Silvana Haro (2017).



De acuerdo al diagrama de Pareto, se puede evidenciar que el 80% del total de eventos adversos, les corresponden a cuatro de los procesos que ocasionan la demora o que poseen las restricciones (se considera al de mayor incidencia). Corroborando al igual que en el análisis anterior, que el proceso de horneado y curado de estructuras de sillas es el principal.

### 3.5.3 Capacidad máxima del sistema

Para hallar la capacidad máxima del sistema, se debe identificar el proceso que representa el mayor cuello de botella, en este caso es el proceso de curado y horneado de estructuras de sillas; al poseer un tiempo de proceso de 88,53 minutos, se ha determinado que esta estación de trabajo como máximo tiene una capacidad diaria de 5,42, lo cual resulta de la división de los minutos laborables (480) diarios para los minutos del proceso (88,53).

**Tabla 12-3.** Capacidad máxima del sistema (método actual)

ESTACIONES DE TRABAJO	TIEMPO (min)	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA DIARIO	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA SEMANAL	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA MENSUAL
Selección de materiales	15,87			
Corte de piezas	30,57			
Dobles y Rectificado de tubos	20,96			
Suelda y pulimiento de piezas	19,66			
Pintura de sillas	12,34			
Curado y horneado de estructuras de sillas	88,53	5,42	29,82	130,17
Tapizado de silla	28,06			
Terminado	8,11			

Realizado por: Silvana Haro (2017).

### 3.5.4 Análisis de valor agregado (método actual de curado y horneado)

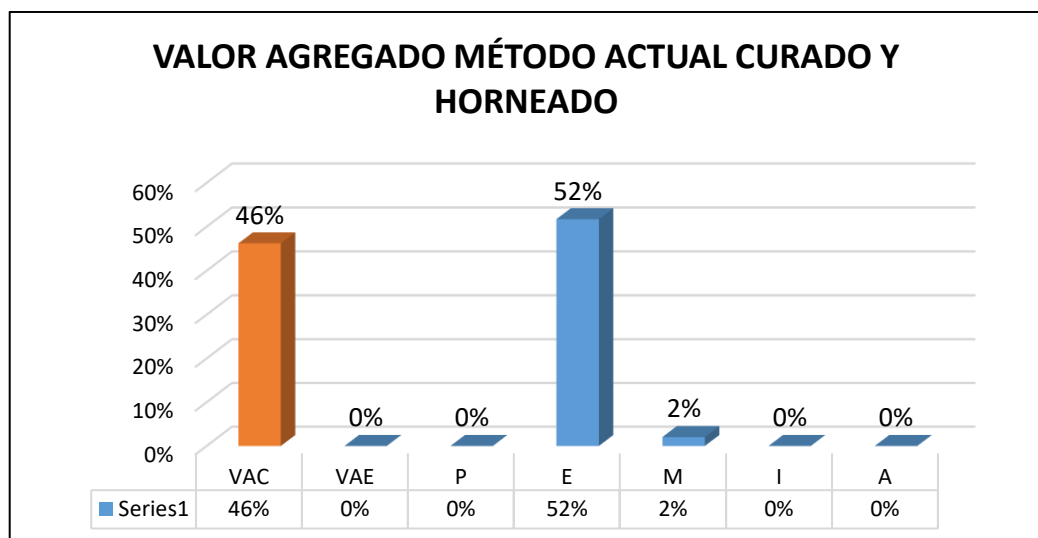
Se procede a efectuar el análisis de valor agregado del método actual del proceso de curado y horneado de las estructuras de sillas, a fin de determinar las restricciones que aquí existen.

**Tabla 13-3.** Análisis de valor agregado método actual de curado y horneado.

ANÁLISIS DE VALOR MÉTODO ACTUAL									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	PROCESOS CRÍTICOS Y ACTIVIDADES	TIEMPOS EFECTIVOS (min)
1	1							Curado y horneado de estructuras de sillas	88,53
2				1				Curado de estructuras de silla	40,93
3					1			Enfriamiento de silla	45,79
								Transporte de silla a la sección de tapizado	1,81
	1	0	0	1	1	0	0	<b>TOTAL</b>	<b>88,53</b>

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		MÉTODO ACTUAL			TIEMPO TOTAL EN DÍAS	0,18
		No.	Tiempo	%		
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)	1	40,93	46%		
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA	0	0	0%		
P	PREPARACIÓN	0	0,00	0%		
E	ESPERA	1	45,79	52%		
M	MOVIMIENTO	1	1,81	2%		
I	INSPECCIÓN	0	0,00	0%		
A	ARCHIVO	0	0	0%		
TT	TOTAL	3	88,53	100%		
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO			45,79		
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO			52%		

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 3-3.** AVA proceso de curado y horneado (método actual).

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Se puede constatar conforme al gráfico que el método actual del proceso de curado y horneado de estructuras de sillas, posee un valor agregado para el cliente de apenas un 46%, siendo el curado al horno una actividad indispensable para garantizar la calidad que posee el pintado de la silla por lo que no puede omitirse.

Existe además dentro del proceso de curado y horneado un 52% de valor agregado hacia la empresa en actividades de espera, las mismas que se originan en el tiempo que toma el enfriamiento de la estructura de la silla una vez que sale del horno, por lo que es evidente la necesidad de una estrategia que elimine o disminuya esta restricción.

### 3.6 Desarrollo del Método Mejorado

#### 3.6.1 Explotar restricciones

A través del análisis de valor agregado se pudo determinar que el proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas tiene una restricción en la etapa de curado y horneado debido al alto tiempo de espera que se efectúa para que las estructuras se enfríen una vez que salen del proceso de curado y horneado. Por ello se propone la siguiente solución.

**Tabla 14-3.** Explotar restricciones.

PROCESO	RESTRICCIONES	ESTRATEGIA	TÁCTICA	MONTO
Curado y horneado de estructuras de sillas	Tiempo elevado de espera en la actividad de enfriamiento	<p><b>Tecnológica:</b> Disminuir el tiempo de espera que existe en el enfriamiento de las sillas, con la implementación de un ventilador axial diseñado para las necesidades de la empresa.</p> <p><b>Técnica:</b> Establecer el tiempo estándar del proceso de fabricación de sillas con el método mejorado.</p>	Implementación de un equipo de ventilación axial	\$ 2.700

Realizado por: Silvana Haro (2017).

##### 3.6.1.1 Implementación de un ventilador para enfriamiento de estructuras

Para conocer el tipo de ventilador que debe implementarse a fin de disminuir los tiempos de espera durante el enfriamiento de las estructuras de las sillas, es importante considerar lo siguiente:

Las estructuras son llevadas como parte del proceso de curado y horneado, a un horno con capacidad para 30 estructuras. Aquí reciben el tratamiento de curado a una temperatura de 150° C, por un tiempo de 40 minutos. Posteriormente estas son arrastradas por un coche que las transporta hacia el exterior en donde se espera que enfríen por un tiempo de 45,79 minutos hasta que puedan estar a una temperatura manipulable para trabajar en el siguiente proceso.

El área que conforma el espacio bajo el cual las estructuras de sillas se dejan para enfriamiento es continua al horno y posee 28 metros cuadrados.

Es necesario realizar diferentes cálculos termodinámicos para conocer el tipo de ventilador y el periodo de enfriamiento de las estructuras. Se toma como fuentes de consulta a (Yunus, 2007) y a (Yunus & Michael, Termodinámica, 2012)

### 3.6.1.1.1 Capacidad del ventilador

Se considera que longitud de tubo promedio se sección cuadrada de 2 cm de densidad igual a 7500 kg/m<sup>3</sup>, utilizado para la construcción de una silla es de 3.4 metros.

Tras el curado la temperatura es de 150 °C, y se la expondrá a una temperatura de aire a una atmosfera de presión de 20°C.

Si la temperatura a la que se desea disminuir es de 20 °C y se cuenta con un ventilador axial cuyas características de flujo de aire son de un caudal de 8 m<sup>3</sup>/s, y con una velocidad (V) de 10 m/s.

Determinamos el diámetro hidráulico,  $D_h$  utilizado en hidráulica cuando se manejan fluidos en canales y tubos no circulares. Donde se puede estudiar el comportamiento del flujo de la misma forma como si fuera una tubería de sección circular.

#### Datos:

Tomamos para un sistema por convección forzada de flujo externo y evaluamos con la temperatura de la película de aire promedio:

$$T_{prom-f} = \frac{(T_s + T_\infty)}{2} = \frac{(150^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C})}{2} = 85^\circ\text{C}$$

Según la tabla adjunta (Anexo A) e interpolando las propiedades del aire a una atmosfera de presión y a la temperatura media promedio se obtiene:

Conductividad térmica (k)	0.02986	W/m °C
Viscosidad cinemática (v)	2.145 x 10 <sup>-5</sup>	m <sup>2</sup> /s
Numero de Prandtl (Pr)	0.7143	Pr

$$D_h = \frac{4A}{P}$$

Donde:

A es el área de la sección transversal del conducto.

$$A = l * l = 0.02m * 0.02m = 0.0004m^2$$

P es el perímetro mojado.

$$P = 4l = 4 * 0.02m = 0.08m$$

$$D_h = \frac{4A}{P} = \frac{4 * 0.0004m^2}{0.08m} = 0.02m$$

El número de Reynolds (Re) es:

$$Re = \frac{V * D_h}{\nu} = \frac{10m/s * 0.02m}{2.145 * 10^{-5} m^2/s} = 9,32 * 10^3$$

Donde:

V: Velocidad de flujo de aire

$\nu$ : viscosidad cinemática

El número de Nusselt se puede determinar a partir de:

$$Nu = 0.102 Re^{0.675} Pr^{1/3} = 0.102 * (9.32 * 10^3)^{0.675} * (0.7143)^{1/3} = 43.576$$

Nu: Número de Nusselt

Entonces el coeficiente de transferencia de calor por convección promedio para los datos enunciados será:

$$h = \frac{k}{D_h} Nu = \frac{0.02986W/m^{\circ}C}{0.02m} * 43.576 = 65.069W/m^2^{\circ}C$$

Donde:

h: Coeficiente de transferencia de calor por convección.

La transferencia de calor por silla es:

$$A_s = 4 * l * L = 4 * 0.02 \text{ m} * 3.4 \text{ m} = 0.272 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q} = h A_s (T_s - T_\infty) = 65.069 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} * 0.272 \text{ m}^2 * (150^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 2300.8398 \text{ W}$$

Donde:

$A_s$  : Área total de la silla de tubo cuadrado

L: Longitud de material para construir una silla

l: Longitud del lado del tubo cuadrado

$T_s$ : Temperatura de la silla

$T_\infty$ : Temperatura que se desea alcanzar

Q: transferencia de calor

Enseguida se determina el calor total transferido desde la silla, el cual es simplemente el cambio en la energía de ésta conforme se enfría desde 150°C hasta 20°C:

$$V = 4 * l * e * L = 4 * 0.02 \text{ m} * 0.9 \times 10^{-3} \text{ m} * 3.4 \text{ m} = 244.8 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = \rho * V = 7500 \text{ kg} / \text{m}^3 * 244.8 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 1.836 \text{ kg}$$

l: Ancho 20 mm

e: Espesor del tubo 0.9 mm

V: Volumen del tubo por silla

L: Longitud de tubería utilizada por silla

Q: Calor total transferido por silla

m: Masa por silla

$$Q = m * c_p (T_2 - T_1) = 1.836 \text{ kg} * 460 \text{ J} / \text{kg } ^\circ\text{C} * (150^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 109.7928 \times 10^3 \text{ J}$$

$c_p$ : Calor específico del acero (Anexo B).

Con esta hipótesis, se determina que el tiempo de enfriamiento por cada estructura de silla es:

$$\Delta t = \frac{Q}{\dot{Q}} = \frac{109.7928 \times 10^3 J}{2300.8398 J/s} = 47.7186 s$$

Debe considerarse que el tiempo de curado y enfriamiento se estableció en relación a las 12 sillas de la muestra.

### 3.6.1.1.2 Presupuesto de ventilador

Las características del ventilador sugerido son las siguientes:

Voltaje: 400

Velocidad: 3425

Tipo: Ventilador de flujo axial

Certificación: ip55

Energía: 1 hp

Tipo de la corriente eléctrica: CA

Volumen de aire: 500  $m^3/s$

Ventilador axial 500mm

**Tabla 15-3.** Presupuesto ventilador axial.

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
Ensamble e Instalación sistema de ventilación	\$ 700,00
Ventilador axial 1HP	\$ 1.500,00
Servicio Profesional	\$ 500,00
	\$ 2.700,00

Realizado por: Silvana Haro (2017).

### 3.6.2 Cronometraje del método mejorado en el proceso de curado y horneado

#### 3.6.2.1 Tiempos con el método Westinghouse

Considerando la muestra de 12 sillas de acero, se procede a levantar el tiempo básico o normal que toma en enfriarse la estructura luego de salir del horno. A este tiempo igual que en la medición realizada en el método anterior se le suma el factor de valoración de Westinghouse a fin de obtener el tiempo normalizado.

**Tabla 16-3.** Tiempos de las muestras aplicando el factor de valoración Westinghouse

<b>Tiempos del método mejorado de fabricación de sillas</b>										
<b>PROCESO</b>		<b>TN (min)</b>				<b>Tiempos (Método Westinghouse)</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>FV</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	<b>Selección de materiales</b>	<b>12,10</b>	<b>12,10</b>	<b>12,10</b>	<b>12,10</b>		<b>14,88</b>	<b>14,88</b>	<b>14,88</b>	<b>14,88</b>
	Verificación de existencias en bodega	4,55	4,55	4,55	4,55	1,23	5,60	5,60	5,60	5,60
	Selección de materiales en bodega	6,32	6,32	6,32	6,32	1,23	7,77	7,77	7,77	7,77
	Transporte de materiales a estación de corte	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,51	1,51	1,51	1,51
2	<b>Corte de piezas</b>	<b>22,47</b>	<b>22,47</b>	<b>22,47</b>	<b>22,47</b>		<b>28,00</b>	<b>28,00</b>	<b>28,00</b>	<b>28,00</b>
	Medición de materiales	6,54	6,54	6,54	6,54	1,26	8,24	8,24	8,24	8,24
	Ubicación de materiales en mesa de corte	5,42	5,42	5,42	5,42	1,26	6,83	6,83	6,83	6,83
	Corte de piezas conforme diseño	9,33	9,33	9,33	9,33	1,23	11,48	11,48	11,48	11,48
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	1,18	1,18	1,18	1,18	1,23	1,45	1,45	1,45	1,45
3	<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>	<b>15,65</b>	<b>15,65</b>	<b>15,65</b>	<b>15,65</b>		<b>19,25</b>	<b>19,25</b>	<b>19,25</b>	<b>19,25</b>
	Dobles del tubo (1)	0,45	0,45	0,45	0,45	1,23	0,55	0,55	0,55	0,55
	Rectificado del tubo en patrón (1)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,23	1,48	1,48	1,48	1,48



	Dobles del tubo (2)	0,50	0,50	0,50	0,50	1,23	0,62	0,62	0,62	0,62
	Rectificado del tubo en patrón (2)	1,24	1,24	1,24	1,24	1,23	1,53	1,53	1,53	1,53
	Dobles del tubo (3)	0,48	0,48	0,48	0,48	1,23	0,59	0,59	0,59	0,59
	Rectificado del tubo en patrón (3)	1,26	1,26	1,26	1,26	1,23	1,55	1,55	1,55	1,55
	Dobles del tubo (4)	0,51	0,51	0,51	0,51	1,23	0,63	0,63	0,63	0,63
	Rectificado del tubo en patrón (4)	1,24	1,24	1,24	1,24	1,23	1,53	1,53	1,53	1,53
	Dobles del tubo (5)	0,51	0,51	0,51	0,51	1,23	0,63	0,63	0,63	0,63
	Rectificado del tubo en patrón (5)	1,28	1,28	1,28	1,28	1,23	1,57	1,57	1,57	1,57
	Dobles del tubo (6)	0,56	0,56	0,56	0,56	1,23	0,69	0,69	0,69	0,69
	Rectificado del tubo en patrón (6)	1,26	1,26	1,26	1,26	1,23	1,55	1,55	1,55	1,55
	Dobles del tubo (7)	0,55	0,55	0,55	0,55	1,23	0,68	0,68	0,68	0,68
	Rectificado del tubo en patrón (7)	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,51	1,51	1,51	1,51
	Dobles del tubo (8)	0,54	0,54	0,54	0,54	1,23	0,66	0,66	0,66	0,66
	Rectificado del tubo en patrón (8)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,23	1,60	1,60	1,60	1,60
	Transporte de piezas a suelda	1,54	1,54	1,54	1,54	1,23	1,89	1,89	1,89	1,89
4	<b>Suelda y pulimiento de piezas</b>	<b>14,26</b>	<b>14,26</b>	<b>14,26</b>	<b>14,26</b>		<b>17,54</b>	<b>17,54</b>	<b>17,54</b>	<b>17,54</b>
	Suelda de estructura y limado	8,42	8,42	8,42	8,42	1,23	10,36	10,36	10,36	10,36
	Suelda de base plancha y limado	4,42	4,42	4,42	4,42	1,23	5,44	5,44	5,44	5,44
	Transporte a sección pintura	1,42	1,42	1,42	1,42	1,23	1,75	1,75	1,75	1,75
5	<b>Pintura de sillas</b>	<b>9,02</b>	<b>9,02</b>	<b>9,02</b>	<b>9,02</b>		<b>11,09</b>	<b>11,09</b>	<b>11,09</b>	<b>11,09</b>
	Desengrasado	1,12	1,12	1,12	1,12	1,23	1,38	1,38	1,38	1,38
	Fosfatizado	1,25	1,25	1,25	1,25	1,23	1,54	1,54	1,54	1,54
	Limpieza	1,55	1,55	1,55	1,55	1,23	1,91	1,91	1,91	1,91
	Aplicación de pintura	4,08	4,08	4,08	4,08	1,23	5,02	5,02	5,02	5,02
	Transporte a la sección de curado	1,02	1,02	1,02	1,02	1,23	1,25	1,25	1,25	1,25
6	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>	<b>40,67</b>	<b>41,39</b>	<b>40,84</b>	<b>41,47</b>		<b>48,65</b>	<b>49,43</b>	<b>48,84</b>	<b>49,52</b>

	Curado de estructuras de silla	30,25	30,25	30,25	30,25	1,23	37,21	37,21	37,21	37,21
	Enfriamiento de silla	9,12	9,84	9,29	9,92	1,08	9,85	10,63	10,04	10,72
	Transporte de silla a la sección de tapizado	1,30	1,30	1,30	1,30	1,23	1,60	1,60	1,60	1,60
	<b>Tapizado de silla</b>	<b>20,22</b>	<b>20,22</b>	<b>20,22</b>	<b>20,22</b>		<b>25,44</b>	<b>25,44</b>	<b>25,44</b>	<b>25,44</b>
	Trazado, corte y pulido de madera	4,25	4,25	4,25	4,25	1,26	5,36	5,36	5,36	5,36
	Trazado y corte de tela y esponja	3,00	3,00	3,00	3,00	1,26	3,78	3,78	3,78	3,78
	Pegado	4,42	4,42	4,42	4,42	1,26	5,57	5,57	5,57	5,57
	Forado	7,45	7,45	7,45	7,45	1,26	9,39	9,39	9,39	9,39
	Transporte a sección de terminados	1,10	1,10	1,10	1,10	1,23	1,35	1,35	1,35	1,35
	<b>Terminado</b>	<b>5,96</b>	<b>5,96</b>	<b>5,96</b>	<b>5,96</b>		<b>7,40</b>	<b>7,40</b>	<b>7,40</b>	<b>7,40</b>
	Atornillado	1,45	1,45	1,45	1,45	1,23	1,78	1,78	1,78	1,78
	Colocación de regatones	1,10	1,10	1,10	1,10	1,26	1,39	1,39	1,39	1,39
	Revisado final	1,25	1,25	1,25	1,25	1,26	1,58	1,58	1,58	1,58
	Transporte de silla a bodega de despacho	2,16	2,16	2,16	2,16	1,23	2,66	2,66	2,66	2,66
		140,35	141,07	140,52	141,15		172,26	173,04	172,45	173,13

Realizado por: Silvana Haro (2017).

3.6.2.2 *Tiempos Estándar (método mejorado)*

**Tabla 17-3.** Tiempo estándar muestral y promedio

<b>REGISTROS DE TIEMPO ESTÁNDAR (MÉTODO MEJORADO)</b>												
<b>Tiempos del proceso de fabricación de sillas de acero</b>												
	<b>PROCESO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>% SUPLEMENTO</b>	<b>TIEMPO ESTÁNDAR (min)</b>				<b># Observaciones</b>	<b>PROMEDIO</b>
1	<b>Selección de materiales</b>	<b>14,88</b>	<b>14,88</b>	<b>14,88</b>	<b>14,88</b>		<b>15,87</b>	<b>15,87</b>	<b>15,87</b>	<b>15,87</b>	<b>4</b>	<b>15,87</b>
	Verificación de existencias en bodega	5,60	5,60	5,60	5,60	5%	5,88	5,88	5,88	5,88	4	5,88
	Selección de materiales en bodega	7,77	7,77	7,77	7,77	7%	8,32	8,32	8,32	8,32	4	8,32
	Transporte de materiales a estación de corte	1,51	1,51	1,51	1,51	11%	1,68	1,68	1,68	1,68	4	1,68
2	<b>Corte de piezas</b>	<b>28,00</b>	<b>28,00</b>	<b>28,00</b>	<b>28,00</b>		<b>30,57</b>	<b>30,57</b>	<b>30,57</b>	<b>30,57</b>	<b>4</b>	<b>30,57</b>
	Medición de materiales	8,24	8,24	8,24	8,24	7%	8,82	8,82	8,82	8,82	4	8,82
	Ubicación de materiales en mesa de corte	6,83	6,83	6,83	6,83	8%	7,38	7,38	7,38	7,38	4	7,38
	Corte de piezas conforme diseño	11,48	11,48	11,48	11,48	11%	12,74	12,74	12,74	12,74	4	12,74
	Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	1,45	1,45	1,45	1,45	13%	1,64	1,64	1,64	1,64	4	1,64
3	<b>Dobles y Rectificado de tubos</b>	<b>19,25</b>	<b>19,25</b>	<b>19,25</b>	<b>19,25</b>		<b>20,96</b>	<b>20,96</b>	<b>20,96</b>	<b>20,96</b>	<b>4</b>	<b>20,96</b>
	Dobles del tubo (1)	0,55	0,55	0,55	0,55	12%	0,62	0,62	0,62	0,62	4	0,62
	Rectificado del tubo en patrón (1)	1,48	1,48	1,48	1,48	7%	1,58	1,58	1,58	1,58	4	1,58
	Dobles del tubo (2)	0,62	0,62	0,62	0,62	12%	0,69	0,69	0,69	0,69	4	0,69
	Rectificado del tubo en patrón (2)	1,53	1,53	1,53	1,53	7%	1,63	1,63	1,63	1,63	4	1,63
	Dobles del tubo (3)	0,59	0,59	0,59	0,59	12%	0,66	0,66	0,66	0,66	4	0,66

	Rectificado del tubo en patrón (3)	1,55	1,55	1,55	1,55	7%	1,66	1,66	1,66	1,66	4	1,66
	Dobles del tubo (4)	0,63	0,63	0,63	0,63	12%	0,70	0,70	0,70	0,70	4	0,70
	Rectificado del tubo en patrón (4)	1,53	1,53	1,53	1,53	7%	1,63	1,63	1,63	1,63	4	1,63
	Dobles del tubo (5)	0,63	0,63	0,63	0,63	12%	0,70	0,70	0,70	0,70	4	0,70
	Rectificado del tubo en patrón (5)	1,57	1,57	1,57	1,57	7%	1,68	1,68	1,68	1,68	4	1,68
	Dobles del tubo (6)	0,69	0,69	0,69	0,69	12%	0,77	0,77	0,77	0,77	4	0,77
	Rectificado del tubo en patrón (6)	1,55	1,55	1,55	1,55	7%	1,66	1,66	1,66	1,66	4	1,66
	Dobles del tubo (7)	0,68	0,68	0,68	0,68	12%	0,76	0,76	0,76	0,76	4	0,76
	Rectificado del tubo en patrón (7)	1,51	1,51	1,51	1,51	7%	1,62	1,62	1,62	1,62	4	1,62
	Dobles del tubo (8)	0,66	0,66	0,66	0,66	12%	0,74	0,74	0,74	0,74	4	0,74
	Rectificado del tubo en patrón (8)	1,60	1,60	1,60	1,60	7%	1,71	1,71	1,71	1,71	4	1,71
	Transporte de piezas a suelda	1,89	1,89	1,89	1,89	13%	2,14	2,14	2,14	2,14	4	2,14
4	<b>Suelda y pulimiento de piezas</b>	<b>17,54</b>	<b>17,54</b>	<b>17,54</b>	<b>17,54</b>		<b>19,66</b>	<b>19,66</b>	<b>19,66</b>	<b>19,66</b>	<b>4</b>	<b>19,66</b>
	Suelda de estructura y limado	10,36	10,36	10,36	10,36	12%	11,60	11,60	11,60	11,60	4	11,60
	Suelda de base plancha y limado	5,44	5,44	5,44	5,44	12%	6,09	6,09	6,09	6,09	4	6,09
	Transporte a sección pintura	1,75	1,75	1,75	1,75	13%	1,97	1,97	1,97	1,97	4	1,97
5	<b>Pintura de sillas</b>	<b>11,09</b>	<b>11,09</b>	<b>11,09</b>	<b>11,09</b>		<b>12,34</b>	<b>12,34</b>	<b>12,34</b>	<b>12,34</b>	<b>4</b>	<b>12,34</b>
	Desengrasado	1,38	1,38	1,38	1,38	11%	1,53	1,53	1,53	1,53	4	1,53
	Fosfatizado	1,54	1,54	1,54	1,54	11%	1,71	1,71	1,71	1,71	4	1,71
	Limpieza	1,91	1,91	1,91	1,91	11%	2,12	2,12	2,12	2,12	4	2,12
	Aplicación de pintura	5,02	5,02	5,02	5,02	11%	5,57	5,57	5,57	5,57	4	5,57
	Transporte a la sección de curado	1,25	1,25	1,25	1,25	13%	1,42	1,42	1,42	1,42	4	1,42
6	<b>Curado y horneado de estructuras de sillas</b>	<b>48,65</b>	<b>49,43</b>	<b>48,84</b>	<b>49,52</b>		<b>53,17</b>	<b>54,00</b>	<b>53,37</b>	<b>54,10</b>	<b>4</b>	<b>53,66</b>
	Curado de estructuras de silla	37,21	37,21	37,21	37,21	10%	40,93	40,93	40,93	40,93	4	40,93
	Enfriamiento de silla	9,85	10,63	10,04	10,72	6%	10,44	11,27	10,64	11,36	4	10,93

	Transporte de silla a la sección de tapizado	1,60	1,60	1,60	1,60	13%	1,81	1,81	1,81	1,81	4	1,81
7	<b>Tapizado de silla</b>	<b>25,44</b>	<b>25,44</b>	<b>25,44</b>	<b>25,44</b>		<b>28,06</b>	<b>28,06</b>	<b>28,06</b>	<b>28,06</b>	<b>4</b>	<b>28,06</b>
	Trazado, corte y pulido de madera	5,36	5,36	5,36	5,36	11%	5,94	5,94	5,94	5,94	4	5,94
	Trazado y corte de tela y esponja	3,78	3,78	3,78	3,78	11%	4,20	4,20	4,20	4,20	4	4,20
	Pegado	5,57	5,57	5,57	5,57	7%	5,96	5,96	5,96	5,96	4	5,96
	Forrado	9,39	9,39	9,39	9,39	11%	10,42	10,42	10,42	10,42	4	10,42
	Transporte a sección de terminados	1,35	1,35	1,35	1,35	14%	1,54	1,54	1,54	1,54	4	1,54
8	<b>Terminado</b>	<b>7,40</b>	<b>7,40</b>	<b>7,40</b>	<b>7,40</b>		<b>8,11</b>	<b>8,11</b>	<b>8,11</b>	<b>8,11</b>	<b>4</b>	<b>8,11</b>
	Atornillado	1,78	1,78	1,78	1,78	7%	1,91	1,91	1,91	1,91	4	1,91
	Colocación de regatones	1,39	1,39	1,39	1,39	7%	1,48	1,48	1,48	1,48	4	1,48
	Revisado final	1,58	1,58	1,58	1,58	7%	1,69	1,69	1,69	1,69	4	1,69
	Transporte de silla a bodega de despacho	2,66	2,66	2,66	2,66	14%	3,03	3,03	3,03	3,03	4	3,03
		172,26	173,04	172,45	173,13		188,75	189,58	188,95	189,67	4	189,24

Realizado por: Silvana Haro (2017).

### 3.6.3 Análisis de valor agregado método mejorado

Se realiza el análisis de valor agregado en función a los tiempos estándar del proceso de fabricación de sillas con el método mejorado.

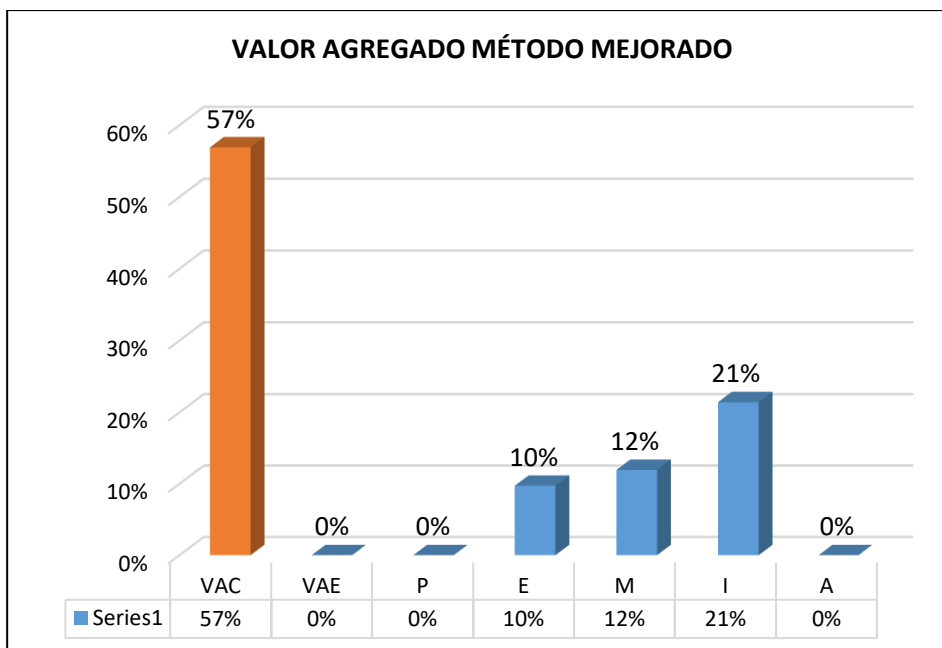
**Tabla 18-3.** Análisis de valor agregado (método mejorado)

ANÁLISIS DE VALOR MÉTODO MEJORADO									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD	TIEMPOS EFECTIVOS (min)
1						1		Verificación de existencias en bodega	5,88
2	1							Selección de materiales en bodega	8,32
3					1			Transporte de materiales a estación de corte	1,68
4	1							Medición de materiales	8,82
5					1			Ubicación de materiales en mesa de corte	7,38
6	1							Corte de piezas conforme diseño	12,74
7					1			Transporte de piezas cortadas a estación de dobles y rectificado	1,64
8	1							Dobles del tubo (1)	0,62
9						1		Rectificado del tubo en patrón (1)	1,58
10	1							Dobles del tubo (2)	0,69
11						1		Rectificado del tubo en patrón (2)	1,63
12	1							Dobles del tubo (3)	0,66
13						1		Rectificado del tubo en patrón (3)	1,66
14	1							Dobles del tubo (4)	0,70
15						1		Rectificado del tubo en patrón (4)	1,63
16	1							Dobles del tubo (5)	0,70
17						1		Rectificado del tubo en patrón (5)	1,68
18	1							Dobles del tubo (6)	0,77
19						1		Rectificado del tubo en patrón (6)	1,66
20	1							Dobles del tubo (7)	0,76
21						1		Rectificado del tubo en patrón (7)	1,62
22	1							Dobles del tubo (8)	0,74
23						1		Rectificado del tubo en patrón (8)	1,71
24					1			Transporte de piezas a suelda	2,14
25						1		Suelda de estructura y limado	11,60
26						1		Suelda de base plancha y limado	6,09
27					1			Transporte a sección pintura	1,97

28				1				Desengrasado	1,53
29	1							Fosfatizado	1,71
30						1		Limpieza	2,12
31	1							Aplicación de pintura	5,57
32					1			Transporte a la sección de curado	1,42
33	1							Curado de estructuras de silla	40,93
34				1				Enfriamiento de silla	10,93
35					1			Transporte de silla a la sección de tapizado	1,81
36	1							Trazado, corte y pulido de madera	5,94
37	1							Trazado y corte de tela y esponja	4,20
38				1				Pegado	5,96
39	1							Forrado	10,42
40					1			Transporte a sección de terminados	1,54
41	1							Atornillado	1,91
42	1							Colocación de regatones	1,48
43						1		Revisado final	1,69
44					1			Transporte de silla a bodega de despacho	3,03
	19	0	0	3	9	13	0	<b>TOTAL</b>	<b>189,24</b>

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		MÉTODO MEJORADO			TIEMPO TOTAL EN DÍAS	0,39
		No.	Tiempo	%		
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)	19	107,68	57%		
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA	0	0,00	0%		
P	PREPARACIÓN	0	0,00	0%		
E	ESPERA	3	18,41	10%		
M	MOVIMIENTO	9	22,60	12%		
I	INSPECCIÓN	13	40,54	21%		
A	ARCHIVO	0	0,00	0%		
TT	TOTAL	<b>44</b>	<b>189,24</b>	<b>100%</b>		
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO			<b>107,68</b>		
IVA	ÍNDICE DE VALOR AGREGADO			<b>57%</b>		

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 4-3.** AVA (método mejorado).

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Como puede observarse en el gráfico, el proceso con el método mejorado para la fabricación de sillas, posee un 57% de valor agregado hacia el cliente. Seguido de un 10% de valor agregado para la empresa en actividades de espera, obteniéndose una disminución importante del 14% comparado con el 24% que existía con el proceso anterior.

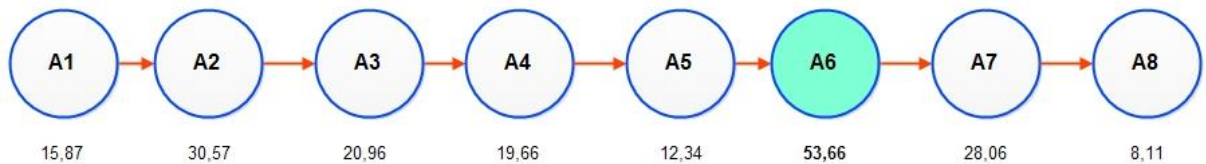
#### 3.6.4 Detección de la restricción

**Tabla 19-3.** Análisis de valor agregado método mejorado

<b>DETECCIÓN DE RESTRICCIÓN</b>		
<b>Nro</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIEMPO ESTÁNDAR (min)</b>
gA1	Selección de materiales	15,87
A2	Corte de piezas	30,57
A3	Dobles y Rectificado de tubos	20,96
A4	Suelda y pulimiento de piezas	19,66
A5	Pintura de sillas	12,34
A6	Curado y horneado de estructuras de sillas	53,66
A7	Tapizado de silla	28,06
A8	Terminado	8,11
<b>TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL</b>		
	<b>Minutos</b>	<b>189,24</b>
	<b>Horas</b>	<b>3,15</b>
	<b>Días</b>	<b>0,39</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).





**Figura 3-3.** Proceso método mejorado (actividades y tiempos).

**Realizado por:** Silvana Haro (2017).

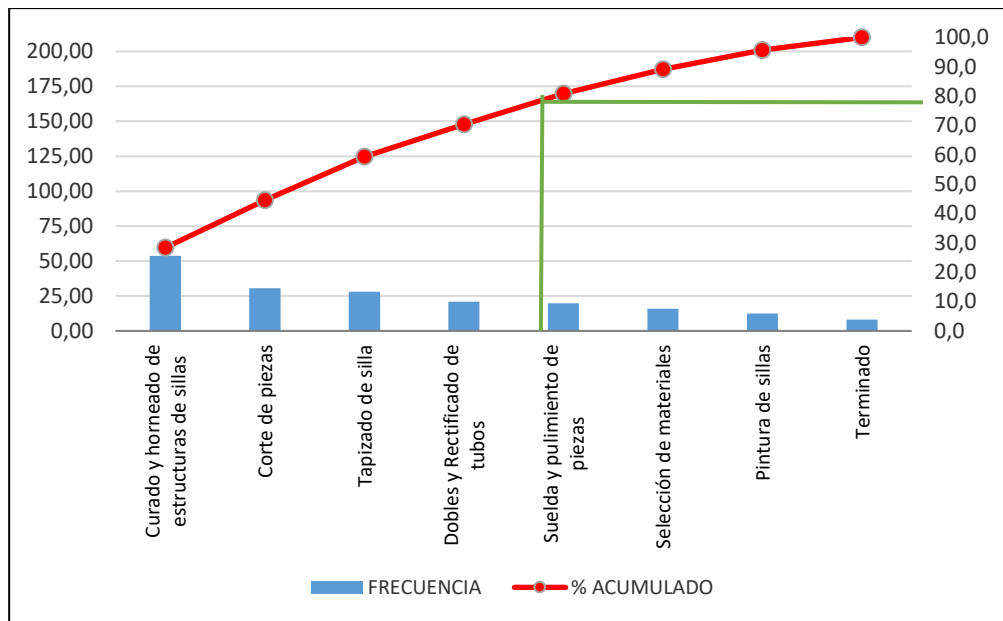
Se observa que la restricción del sistema se presenta en el proceso de curado y horneado de estructuras de sillas, con un tiempo de 53,66 minutos, frente al tiempo que presentaba con el método anterior que era de 88,53 minutos, obteniéndose una disminución de 34,87 minutos.

Como parte del análisis de las restricciones se realiza un diagrama de Pareto, con la finalidad de comparar si de acuerdo al gráfico, el problema principal dentro del proceso corresponde a la misma restricción hallada con el análisis de valor agregado.

**Tabla 20-3.** Pareto (método mejorado)

PROCESOS	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
Curado y horneado de estructuras de sillas	53,66	28,4	28,4
Corte de piezas	30,57	16,2	44,5
Tapizado de silla	28,06	14,8	59,3
Dobles y Rectificado de tubos	20,96	11,1	70,4
Suelda y pulimiento de piezas	19,66	10,4	80,8
Selección de materiales	15,87	8,4	89,2
Pintura de sillas	12,34	6,5	95,7
Terminado	8,11	4,3	100,0
<b>TOTALES</b>	<b>189,24</b>	<b>100,0</b>	

**Realizado por:** Silvana Haro (2017).



**Gráfico 5-3.** Pareto (método mejorado).

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Se corrobora que al igual que en el análisis de valor agregado, el proceso de curado y horneado de estructuras de sillas es el que posee la principal restricción.

De acuerdo al diagrama de Pareto, se puede evidenciar que el 80% del total de eventos adversos, le corresponden a cuatro de los procesos que ocasionan la demora o que poseen las principales restricciones: curado y horneado de estructuras, corte de piezas, tapizado de silla y dobles y rectificado de tubos, sin embargo estos tres últimos procesos, conforme al gráfico, son menores en casi un 50% al de curado y horneado y en general sus procedimientos no han presentado problemas o indicadores de tiempo elevados. Razón por la que esta investigación ha enfocado su estudio en el problema principal del proceso de fabricación de sillas que es el curado y horneado de las estructuras.

### 3.6.5 Capacidad máxima del sistema (método mejorado)

Para hallar la capacidad máxima del sistema, se debe identificar el proceso que representa el mayor cuello de botella, en este caso es el proceso de curado y horneado de estructuras de sillas; al poseer un tiempo de proceso de 53,66 minutos, se ha determinado que esta estación de trabajo tiene una capacidad máxima diaria de 8,95, lo cual resulta de la división de los minutos laborables (480) diarios para los minutos del proceso (53,66).

**Tabla 21-3.** Capacidad máxima del sistema (método mejorado)

ESTACIONES DE TRABAJO	TIEMPO (min)	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA DIARIO	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA SEMANAL	CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA MENSUAL
Selección de materiales	15,87			
Corte de piezas	30,57			
Dobles y Rectificado de tubos	20,96			
Suelda y pulimiento de piezas	19,66			
Pintura de sillas	12,34			
Curado y horneado de estructuras de sillas	53,66	8,95	49,20	214,75
Tapizado de silla	28,06			
Terminado	8,11			

Realizado por: Silvana Haro (2017).

### 3.6.6 Análisis de valor agregado (método mejorado de curado y horneado)

Se procede a efectuar nuevamente el análisis de valor agregado del proceso mejorado de curado y horneado de las estructuras de sillas, a fin de determinar la actividad en la que se origina la restricción.

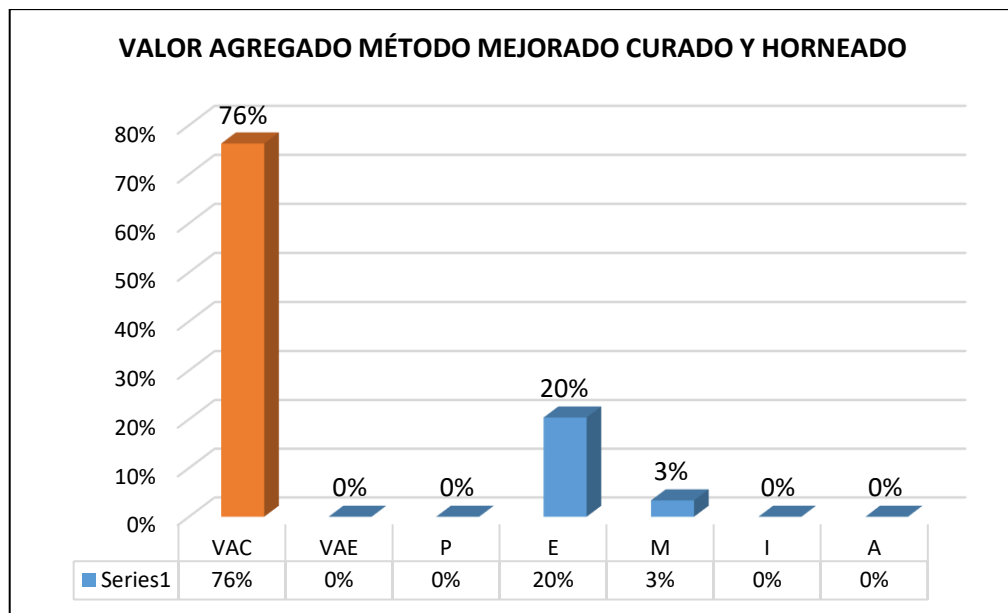
**Tabla 22-3.** Análisis de valor agregado proceso mejorado de curado y horneado.

ANÁLISIS DE VALOR MÉTODO MEJORADO									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	PROCESOS CRÍTICOS Y ACTIVIDADES	TIEMPOS EFECTIVOS (min)
1 2 3	1			1	1	0	0	Curado y horneado de estructuras de sillas	53,66
								Curado de estructura de silla	40,93
								Enfriamiento de silla	10,93
								Transporte de silla a la sección de tapizado	1,81
	1	0	0	1	1	0	0	<b>TOTAL</b>	<b>53,66</b>

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		MÉTODO MEJORADO			TIEMPO TOTAL EN DÍAS	0,11
		No.	Tiempo	%		
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)	1	40,93	76%		
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA	0	0	0%		
P	PREPARACIÓN	0	0,00	0%		
E	ESPERA	1	10,93	20%		

M	MOVIMIENTO	1	1,81	3%
I	INSPECCIÓN	0	0,00	0%
A	ARCHIVO	0	0	0%
TT	TOTAL	3	53,66	100%
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO	40,93		
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO	76%		

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 6-3.** AVA proceso de curado y horneado (método mejorado).

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Se puede constatar conforme al gráfico que el método mejorado del proceso de curado y horneado de estructuras de sillas, posee un valor agregado para el cliente de un 76% y un 20% de valor agregado para la empresa en actividades de espera.

Es evidente la disminución significativa que existe en comparación al 52% de actividades de espera que existía en este proceso con el método anterior. Es decir, al aplicar el método mejorado existe una reducción del 32% de tiempo de espera en el proceso de curado y horneado. Lo que demuestra una disminución de la restricción, al implementar el ventilador axial para el enfriamiento de las estructuras.

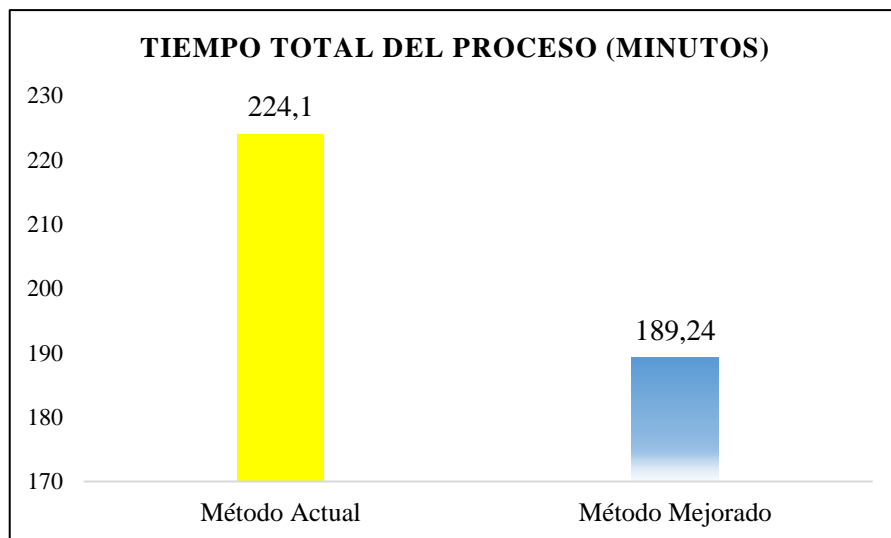
## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

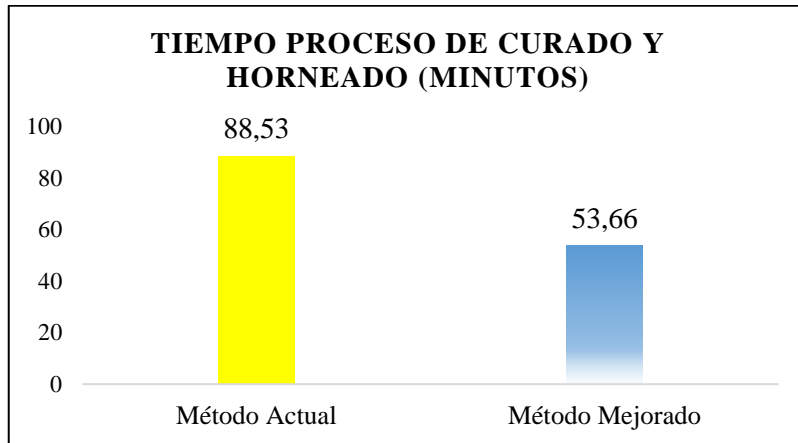
#### 4.1 Análisis del Método Mejorado

Una vez efectuado el análisis al proceso de fabricación de sillas de acero tapizadas, se puede decir que, a través de la aplicación de la Teoría de Restricciones y el método de análisis de valor agregado, se ha identificado al principal cuello de botella dentro del proceso; que corresponde al tiempo de espera de enfriamiento de las estructuras de las sillas en la etapa de curado y horneado.

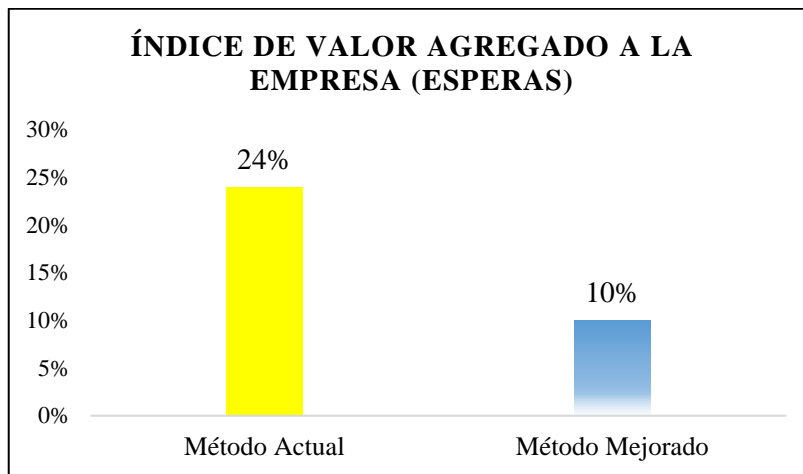
Obteniéndose como propuesta de mejora del proceso el estudio y estandarización de los métodos y tiempos empleados en la fabricación de sillas, así como la implementación bajo diseño de un ventilador axial que mitiga el principal cuello de botella, al lograr en un menor tiempo el enfriamiento de las estructuras de sillas, alcanzando diferencias significativas entre el proceso con el método actual y el proceso con el método mejorado, como se muestra a continuación:



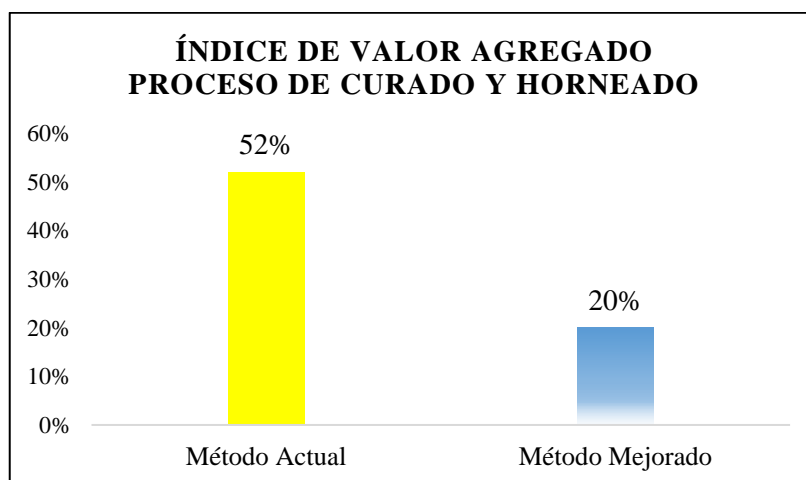
**Gráfico 1-4.** Tiempo total del proceso  
Realizado por: Silvana Haro (2017).



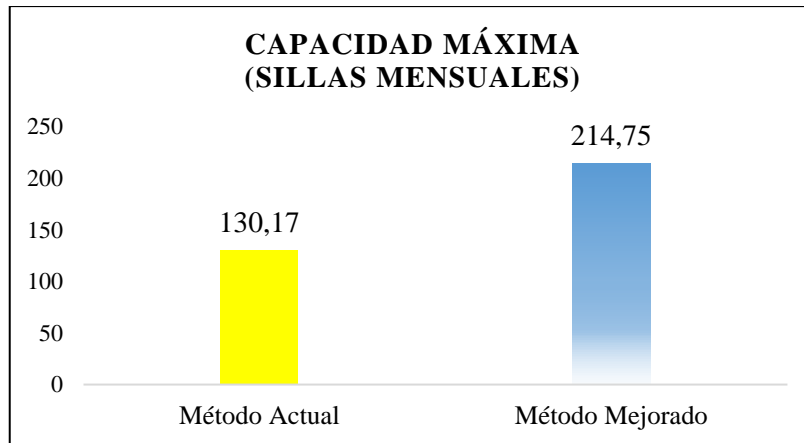
**Gráfico 2-4.** Tiempo del proceso de curado y horneado  
Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 3-4.** Índice de Valor Agregado a la empresa  
Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 4-4.** Índice de Valor Agregado curado y horneado  
Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 5-4. Capacidad Máxima**  
Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.2 Comprobación con el Estadístico U de Mann – Whitney

Con el propósito de corroborar los resultados del método mejorado del proceso de fabricación de sillas, obtenidos a través de la Teoría de Restricciones; y los del método actual del proceso, se aplica la prueba estadística U de Mann – Whitney, para saber si se acepta o rechaza la propuesta.

Hipótesis alternativa (Ha): La aplicación de la teoría de restricciones mejora la productividad en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.

**Tabla 1-4.** Comparación de resultados obtenidos entre el método actual y el mejorado.

PROCESO	Tiempo total estándar de fabricación de la sillas												Sumatoria de Rangos ( $\Sigma R$ )	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Observación (n)														
Método Actual	222,25	224,13	220,38	228,83	219,94	220,53	221,47	221,84	231,10	222,55	225,90	230,29		$\Sigma R1$
Rango (R1)	10	12	6	14	5	7	8	9	16	11	13	15		126
Método Mejorado	188,75	188,95	189,58	189,67										$\Sigma R2$
Rango (R2)	1	2	3	4										10

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Cálculo de U1 y U2:

$$U_1 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - \sum R_1$$

$$U_1 = (12)(4) + [12 * (12 + 1)/2] - 126$$

$$U_1 = 0$$

$$U_2 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - \sum R_2$$

$$U_2 = (12)(4) + [4 * (4 + 1)/2] - 10$$

$$U_2 = 48$$

Se selecciona el U de menor valor, que en este caso es U=0 y se lo compara con el  $U_t$  de la tabla para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ :

**Tabla 2-4.** Valores críticos del estadístico de Mann Whitney.

$m$	$\alpha = 0.05$																			
	$n$																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	—	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	—	0	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	0	1	2	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	0	2	3	5	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	0	2	4	6	8	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	1	3	5	8	10	13	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	1	3	6	9	12	15	18	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	1	4	7	11	14	17	20	24	27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	1	5	8	12	16	19	23	27	31	34	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	2	5	9	13	17	21	26	30	34	38	42	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	2	6	10	15	19	24	28	33	37	42	47	51	.	.	.	.	.	.	.	.
14	2	7	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	.	.	.	.	.	.	.
15	3	7	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61	66	72	.	.	.	.	.	.
16	3	8	14	19	25	30	36	42	48	54	60	65	71	77	83	.	.	.	.	.
17	3	9	15	20	26	33	39	45	51	57	64	70	77	83	89	96	.	.	.	.
18	4	9	16	22	28	35	41	48	55	61	68	75	82	88	95	102	109	.	.	.
19	4	10	17	23	30	37	44	51	58	65	72	80	87	94	101	109	116	123	.	.
20	4	11	18	25	32	39	47	54	62	69	77	84	92	100	107	115	123	130	138	.
21	5	11	19	26	34	41	49	57	65	73	81	89	97	105	113	121	130	138	146	.

Realizado por: Barrios & García. (2009).

Para  $m = n_1 = 12$  y  $n = n_2 = 4$  se tiene  $U_t = 9$

Como  $U=0$  es menor que  $U_t = 9$ , entonces se rechaza la hipótesis nula y se procede a aceptar la hipótesis alternativa, es decir que los resultados del método del proceso mejorado son significativamente menores que los del método del proceso actual, por lo que se acepta la propuesta de mejora basada en la teoría de restricciones.

### 4.3 Análisis financiero del método mejorado

Es importante demostrar la viabilidad de la propuesta para conocer a través de un estudio financiero si esta es rentable y sostenible:

Se evaluarán los siguientes indicadores:

- Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)
- Valor actual neto (VAN)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Periodo de recuperación de capital (PRC)

Para realizar la evaluación financiera de la empresa Muebles de Acero Viteri y determinar el impacto económico que tiene el método de mejora del proceso obtenido a través de la Teoría de restricciones, es necesario basarse para la proyección en el balance de resultados del año 2016, a fin de estimar los ingresos que obtendrá la organización con la nueva capacidad de producción.



#### 4.3.1 *Throughput método actual*

Este cálculo se lo efectúa de la siguiente manera:

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

Siendo:

T: Throughput

N: 12 sillas producidas

PV= 28 (precio de venta)

CTV= 20,24 (costo variable)

Entonces se obtiene un Throughput:

$$T = 12 * (28 - 20,24)$$

$$T = 93,156 \text{ (al día)}$$

#### 4.3.2 *Ingresos de la empresa*

Se los estima en función a la producción diaria generada en el periodo de levantamiento de la investigación, es decir 12 sillas por el precio y por el año.

**Tabla 3-4.** Ingresos método actual

INGRESO MÉTODO ACTUAL	
Producción diaria	12
PVP	\$ 28,00
Ingreso diario	\$ 336,00
Ingreso mes	\$ 8.066,52
Ingreso año	\$ 96.798,24

Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.3.3 *Gastos operativos*

Estos están representados por la suma del costo de producción, gastos administrativos y de ventas; montos que pueden observarse en la siguiente tabla; en donde se hace un balance con proyección hasta el 2021, considerando un 1,12 de índice de inflación acumulado del año 2016. Con ello se podrá efectuar un análisis de VAN, TIR y Período de Recuperación de Capital de la inversión respecto a la propuesta planteada.

**Tabla 4-4.** Balance de resultados método actual

<b>BALANCE DE RESULTADOS MÉTODO ACTUAL</b>						
	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>INGRESOS</b>						
Ingresos por ventas de sillas	96798,24	97882,38	98978,66	100087,22	101208,20	102341,73
Otros ingresos	73689,60	74514,92	75349,49	76193,40	77046,77	77909,69
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 170.487,84</b>	<b>\$ 172.397,30</b>	<b>\$ 174.328,15</b>	<b>\$ 176.280,63</b>	<b>\$ 178.254,97</b>	<b>\$ 180.251,43</b>
<b>EGRESOS</b>						
<b>Costos de producción</b>	<b>\$ 69.960,00</b>	<b>\$ 70.743,55</b>	<b>\$ 71.535,88</b>	<b>\$ 72.337,08</b>	<b>\$ 73.147,26</b>	<b>\$ 73.966,51</b>
Mano de obra directa	26160,00	26452,99	26749,27	27048,86	27351,80	27658,14
Materia prima directa	42000,00	42470,40	42946,07	43427,06	43913,45	44405,28
Luz	1080,00	1092,10	1104,33	1116,70	1129,20	1141,85
Agua	240,00	242,69	245,41	248,15	250,93	253,74
Teléfono	480,00	485,38	490,81	496,31	501,87	507,49
Depreciación de maquinaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gastos Administrativos y Ventas</b>	<b>\$ 52.980,00</b>	<b>\$ 53.573,38</b>	<b>\$ 54.173,40</b>	<b>\$ 54.780,14</b>	<b>\$ 55.393,68</b>	<b>\$ 56.014,09</b>
Sueldos	45300,00	45807,36	46320,40	46839,19	47363,79	47894,26
Internet	480,00	485,38	490,81	496,31	501,87	507,49
Transporte	1080,00	1092,10	1104,33	1116,70	1129,20	1141,85
Publicidad	4200,00	4247,04	4294,61	4342,71	4391,34	4440,53
Suministros	360,00	364,03	368,11	372,23	376,40	380,62
Luz	660,00	667,39	674,87	682,43	690,07	697,80
Agua	180,00	182,02	184,05	186,12	188,20	190,31
Teléfono	720,00	728,06	736,22	744,46	752,80	761,23
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 122.940,00</b>	<b>\$ 124.316,93</b>	<b>\$ 125.709,28</b>	<b>\$ 127.117,22</b>	<b>\$ 128.540,93</b>	<b>\$ 129.980,59</b>
<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>\$ 47.547,84</b>	<b>\$ 48.080,38</b>	<b>\$ 48.618,88</b>	<b>\$ 49.163,41</b>	<b>\$ 49.714,04</b>	<b>\$ 50.270,83</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Se puede evidenciar que la empresa Muebles de Acero Viteri, en el año 2016, obtuvo una utilidad neta de \$ 47.547,84.

#### **4.3.4 Inversión y gastos propuestos**

Se considera el siguiente rubro para la implementación del ventilador:

**Tabla 5-4.** Presupuesto ventilador axial.

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
Ensamble e Instalación sistema de ventilación	\$ 700,00
Ventilador axial 1HP	\$ 1.500,00
Servicio Profesional	\$ 500,00
	\$ 2.700,00

Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.3.5 Cálculo de ingresos proyectados

Para este análisis se ha considerado la producción de sillas del día en el que se ha levantado el estudio de implementación de la propuesta de mejora, es decir 20 sillas (día), por el precio de venta y por el año.

**Tabla 6-4.** Ingresos proyectados

INGRESO PROYECTADO	
Producción diaria	20
PVP	\$ 28,00
Ingreso diario	\$ 560,00
Ingreso mes	\$ 13.444,20
Ingreso año	\$ 161.330,40

Realizado por: Silvana Haro (2017).

**Tabla 7-4.** Balance de resultados proyectados

BALANCE DE RESULTADOS PROYECTADOS						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>INGRESOS</b>						
Ingresos por ventas de sillas	161330,40	163137,30	164964,44	166812,04	168680,33	170569,55
Otros ingresos	73689,60	74514,92	75349,49	76193,40	77046,77	77909,69
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 235.020,00</b>	<b>\$ 237.652,22</b>	<b>\$ 240.313,93</b>	<b>\$ 243.005,44</b>	<b>\$ 245.727,11</b>	<b>\$ 248.479,25</b>
<b>EGRESOS</b>						
<b>Costos de producción</b>	<b>\$ 97.960,00</b>	<b>\$ 99.057,15</b>	<b>\$ 100.166,59</b>	<b>\$ 101.288,46</b>	<b>\$ 102.422,89</b>	<b>\$ 103.570,03</b>
Mano de obra directa	26160,00	26452,99	26749,27	27048,86	27351,80	27658,14
Materia prima directa	70000,00	70784,00	71576,78	72378,44	73189,08	74008,80
Luz	1080,00	1092,10	1104,33	1116,70	1129,20	1141,85
Agua	240,00	242,69	245,41	248,15	250,93	253,74
Teléfono	480,00	485,38	490,81	496,31	501,87	507,49
Depreciación de maquinaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gastos Administrativos y Ventas</b>	<b>\$ 52.980,00</b>	<b>\$ 53.573,38</b>	<b>\$ 54.173,40</b>	<b>\$ 54.780,14</b>	<b>\$ 55.393,68</b>	<b>\$ 56.014,09</b>
Sueldos	45300,00	45807,36	46320,40	46839,19	47363,79	47894,26

Internet	480,00	485,38	490,81	496,31	501,87	507,49
Transporte	1080,00	1092,10	1104,33	1116,70	1129,20	1141,85
Publicidad	4200,00	4247,04	4294,61	4342,71	4391,34	4440,53
Suministros	360,00	364,03	368,11	372,23	376,40	380,62
Luz	660,00	667,39	674,87	682,43	690,07	697,80
Agua	180,00	182,02	184,05	186,12	188,20	190,31
Teléfono	720,00	728,06	736,22	744,46	752,80	761,23
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 150.940,00</b>	<b>\$ 152.630,53</b>	<b>\$ 154.339,99</b>	<b>\$ 156.068,60</b>	<b>\$ 157.816,57</b>	<b>\$ 159.584,11</b>
<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>\$ 84.080,00</b>	<b>\$ 85.021,70</b>	<b>\$ 85.973,94</b>	<b>\$ 86.936,85</b>	<b>\$ 87.910,54</b>	<b>\$ 88.895,14</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Es posible evidenciar a través de los datos de la tabla, que al integrar la propuesta para mejorar el proceso de fabricación de sillas, se obtiene una utilidad de \$ 84.080,00; superior a la resultante con el método inicial.

Se muestra en la siguiente tabla el beneficio neto proveniente la implementación de la propuesta.

**Tabla 8-4. Utilidad Bruta Operacional**

DESCRIPCIÓN	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Utilidad Método Actual	\$ 47.547,84	\$ 48.080,38	\$ 48.618,88	\$ 49.163,41	\$ 49.714,04	\$ 50.270,83
Utilidad Método Mejorado	\$ 84.080,00	\$ 85.021,70	\$ 85.973,94	\$ 86.936,85	\$ 87.910,54	\$ 88.895,14
<b>Utilidad Bruta Operacional</b>	<b>\$ 36.532,16</b>	<b>\$ 36.941,32</b>	<b>\$ 37.355,06</b>	<b>\$ 37.773,44</b>	<b>\$ 38.196,50</b>	<b>\$ 38.624,30</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.3.6 Throughput método mejorado

Este cálculo se lo efectúa de la siguiente manera:

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

Siendo:

T: Throughput

N: 20 sillas producidas

PV= 28 (precio de venta)

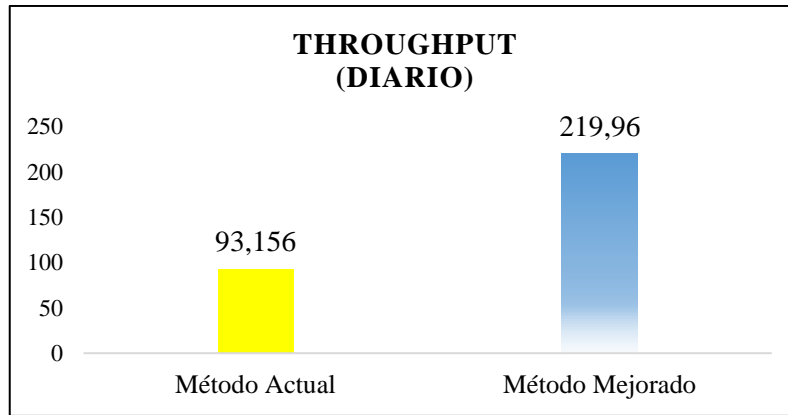
CTV= 17,002 (costo variable)

Entonces se obtiene un Throughput:

$$T = 20 * (28 - 17,002)$$

$$T = 219,96 \text{ (al día)}$$

Al comparar el Throughput del método actual y del método mejorado se observa que existe una diferencia significativa, entre ambos:



**Gráfico 6-4.** Throughput diario.  
Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.3.7 Tasa mínima aceptable de rendimiento

La tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), se calcula con la sumatoria de 3 indicadores económicos del país, los cuales son: tasa pasiva, inflación y riesgo país.

Estos indicadores nos permiten conocer si la inversión crece en términos reales, mediante la comparación del TMAR con la TIR, debiendo esta última poseer un porcentaje mayor para que la inversión resulte atractiva.

Los indicadores fueron obtenidos de la página del Banco Central del Ecuador:

**Tabla 9-4.** TMAR

INDICADORES	%
Tasa Pasiva	5,12%
Tasa de Inflación Global	1,12%
Riesgo del proyecto	6,47%
<b>TMAR:</b>	<b>12,71%</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).

##### 4.3.7.1 Valor actual neto (VAN)

Los valores que se indican 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 puede concluir que, al traer los flujos al valor presente, estos son  $>$  a 0 con un valor de \$ 84.881,35; es decir la rentabilidad existe.

**Tabla 10-4. VAN**

<b>Tasa descuento</b>	12,71%
<b>Años</b>	<b>Flujos</b>
Inversión	\$ (2.700,00)
Año 1	\$ 36.532,16
Año 2	\$ 36.941,32
Año 3	\$ 37.355,06
<b>VAN</b>	<b>\$ 84.881,35</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.3.7.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Con la información obtenida del estado de flujo efectivo y al aplicar la fórmula correspondiente en Excel, se obtuvo una TIR de 1353,71%, que es la tasa que logra que el VAN sea cero. Además, se puede evidenciar que el valor de TMAR es menor al de la TIR, cumpliéndose la condición.

**Tabla 11-4. TIR**

Años	Flujos
Inversión	\$ (2.700,00)
Año 1	\$ 36.532,16
Año 2	\$ 36.941,32
Año 3	\$ 37.355,06
TIR	1353,71%

Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.3.8 Periodo de recuperación de Capital

En la tabla se observa como en función de los flujos netos de utilidad, se logra recuperar la inversión de \$ 2.700,00 dólares. De acuerdo a la fórmula aplicada se conoce que el capital se recupera en un periodo de: 27 días.

**Tabla 12-4. Periodo de recuperación de capital**

Inversión USD		\$	2.700,00
Tiempo	Flujo de fondos	Valor USD	Acumulación de Flujos USD
Año 1	Flujo de Fondos 1	\$ 36.532,16	\$ 36.532,16
Año 2	Flujo de Fondos 2	\$ 36.941,32	\$ 73.473,48
Año 3	Flujo de Fondos 3	\$ 37.355,06	\$ 110.828,54
		0,07	0 AÑOS
		0,89	0 MESES
		26,61	<b>27 DÍAS</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).

#### 4.3.9 Costo beneficio

Este indicador financiero expresa la rentabilidad en términos relativos. La interpretación de estos resultados es en centavos por cada dólar que se ha invertido.

Se obtiene un índice de costo beneficio de: \$ 41,05.

**Tabla 13-4.** Costo beneficio

<b>Años</b>	<b>Flujos</b>
Año 1	\$ 36.532,16
Año 2	\$ 36.941,32
Año 3	\$ 37.355,06
<b>Total</b>	<b>\$ 110.828,54</b>
Inversión	\$ 2.700,00
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>\$ 41,05</b>

Realizado por: Silvana Haro (2017).

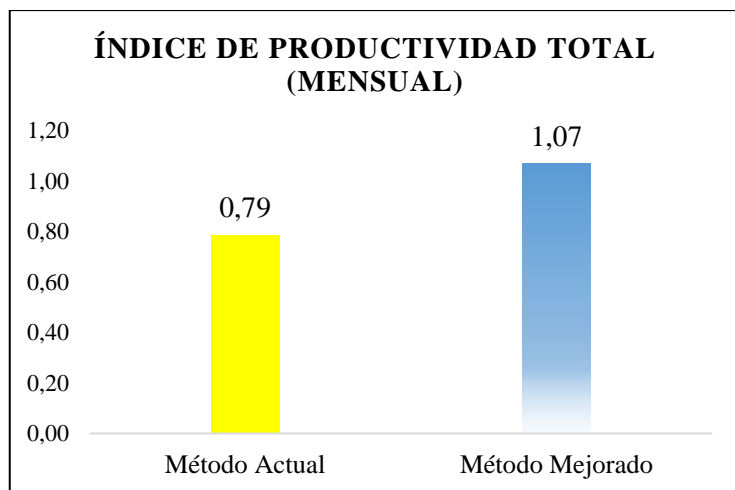
#### 4.4 Índices de productividad

Como parte de la investigación, se pretende demostrar que, a través de la aplicación de la teoría de restricciones en el proceso actual de fabricación de sillas, se pueden detectar cuellos de botellas que permiten el diseño de una propuesta de mejora para aumentar la productividad. Conforme a lo manifestado se hace el análisis comparativo de algunos índices de productividad.

**Tabla 14-4.** Índice de productividad total (mensual)

	<b>MÉTODO ACTUAL</b>		<b>MÉTODO MEJORADO</b>	
	<b>Productividad Total (mensual)</b>	Ingresos por ventas	\$ 8.066,52	Ingresos por ventas
	Egresos	\$ 10.245,00	Egresos	\$ 12.578,33
	Índice	0,79	Índice	1,07

Realizado por: Silvana Haro (2017).



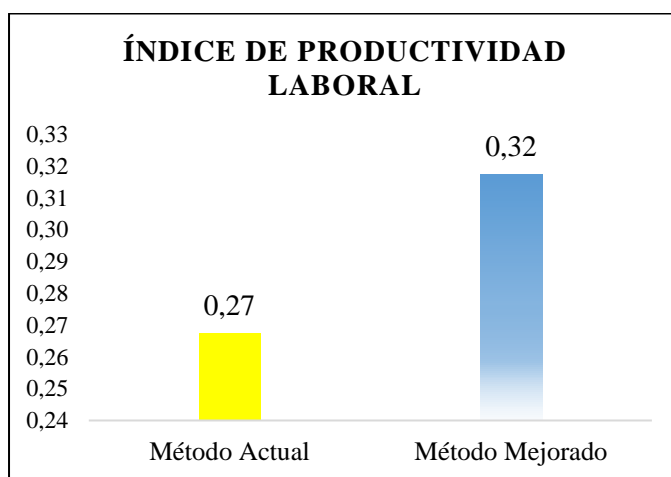
**Gráfico 7-4.** Índice de productividad total (mensual).  
Realizado por: Silvana Haro (2017).

Se aprecia que el índice de rentabilidad inicial es de 0,79 y que con el proceso de fabricación mejorado se obtiene un índice de rentabilidad de 1,07, lo que representa un incremento del 35,44%.

**Tabla 15-4.** Índice de productividad laboral.

	MÉTODO ACTUAL		MÉTODO MEJORADO	
	<b>Productividad Laboral</b>	Unidades	1	Unidades
	Hh Trabajadas	3,74	Hh Trabajadas	3,15
	Índice	0,27	Índice	0,32

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 8-4.** Índice de productividad laboral.  
Realizado por: Silvana Haro (2017).

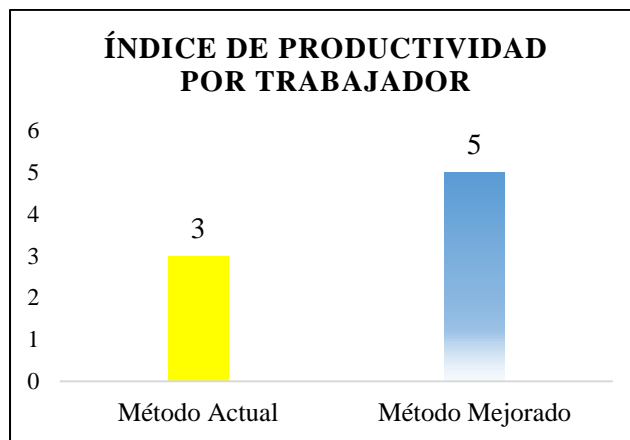


En el gráfico se evidencia que con el método actual que se usa para la fabricación de sillas se produce a razón de 0,27sillas/hh y con el método mejorado luego de aplicar la teoría de restricciones, se produce 0,32 sillashh..

**Tabla 16-4.** Índice de productividad por trabajador.

Productividad por Trabajador	MÉTODO ACTUAL		MÉTODO MEJORADO	
	Unidades diarias	12	Unidades diarias	20
	Número de trabajadores	4	Número de trabajadores	4
	Índice	3	Índice	5

Realizado por: Silvana Haro (2017).



**Gráfico 9-4.** Índice de productividad por trabajador.

Realizado por: Silvana Haro (2017).

Se constata que con el método actual se producen 3 sillashh, mientras que con el método mejorado se obtiene una producción de 5 sillashh.

## CONCLUSIONES

- A través del levantamiento de información y el uso de técnicas como el cronometraje y el diagrama de procesos se pudo efectuar un estudio de métodos y tiempos para obtener datos reales y estandarizados que permiten identificar los procedimientos empleados actualmente en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.
- Se aplicó la teoría de restricciones para identificar los cuellos de botella que ocasionan retrasos en la producción y no permiten el incremento del throughput de la empresa. Como herramienta para la aplicación de TOC se utilizó el análisis de valor agregado, detectándose que la principal restricción en la fabricación de sillas era el alto tiempo de espera en la etapa de curado y horneado de estructuras.
- Con la finalidad de explotar la restricción ocasionada por el tiempo de espera, se elaboró una mejora del método de fabricación de sillas, consiguiendo en la parte técnica la estandarización de tiempos y en la tecnológica la implementación bajo diseño de un ventilador axial que disminuye el periodo de enfriamiento de las estructuras, evitando demoras en la entrega del producto.
- Los resultados del método mejorado del proceso de fabricación de sillas son significativamente favorables frente a los obtenidos con el método inicial. Se genera un incremento en la producción al obtener una capacidad máxima de 215 sillas mensuales, aumento en la proyección de ingresos financieros con un costo beneficio de 41,05 y un índice de productividad superior en un 35,44%.
- A través de la comprobación estadística con la U de Mann Whitney, se determinó la validación de la hipótesis alternativa, que demuestra que la aplicación de la teoría de restricciones mejora la productividad en la fabricación de sillas de la empresa Muebles de Acero Viteri.

## RECOMENDACIONES

- La Teoría de Restricciones es una metodología que se aplica en todo tipo de industria y que ha demostrado su efectividad para la mitigación de los cuellos de botella, por eso es indispensable que la empresa trabaje continuamente con su aplicación en los procesos de fabricación de toda su línea de producción como parte de un plan interno de mejora continua.
- La empresa Muebles de Acero Viteri, maneja un proceso de fabricación artesanal, razón por la que es recomendable que se realice un estudio del trabajo en los distintos tipos de procesos productivos, aplicando herramientas de gestión que permitan mejorar los procesos y con ello garantizar la calidad de los productos, satisfacer a sus clientes y lograr una mayor competitividad en el mercado.
- Siempre será primordial la seguridad y salud de los miembros de un equipo de trabajo y mucho más si estos ejecutan tareas sometidas a riesgos, por ello se recomienda la implementación de un plan de seguridad y salud ocupacional.
- Se sugiere la socialización de este proyecto de investigación con el Gremio de Mecánicos del que forma parte la empresa Muebles de Acero Viteri, a fin de implementar estudios ingenieriles con técnicas científicas que mejoren los procesos empíricos empleados en las industrias, para garantizar mayor eficiencia y eficacia en sus áreas productivas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arenas, J. (2000). *Control de los tiempos y productividad*. 1ra ed., Vol. 1. Madrid: Paraninfo Thomson Learning.
- Barrios, E. & García, J. (2009). *Formulario y tablas de productividad para el curso de Estadística II*. México D.F: Instituto Tecnológico Autónomo de México.
- Bonilla, S. (2016). *Propuesta de mejoramiento del proceso productivo del tónico de la tuna mediante el estudio de métodos y medición del trabajo en la empresa Vita Tuna del cantón Guano* (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Calvachi, B. & González, F. (2013). *Teoría de las restricciones (TOC): Modelo de Gestión Gerencial para el Crecimiento Productivo de las Pymes en Colombia* (Tesis). Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario, Colombia.
- Camisión, C. (2006). *Gestión de la Calidad*. Madrid: Pearson Educación.
- Cuatrecasas, L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. 1 ed., Vol. 1. Madrid: Díaz de Santos.
- García, R. (2005). *Estudio del Trabajo*. 2da ed. México: Mc GrawHill.
- Goldratt, E. & Cox, J. (2005). *La Meta*. 3 ed. España: Díaz de Santos.
- Herrera, I. (2003). *Gestión Moderna de Producción Aplicando la Teoría de Restricciones*. Colombia: Tizán.
- Izurieta, P. (2014). *Optimización del área de producción de paneles de la empresa Chaide & Chaide conforme a la teoría de las restricciones* (Tesis de Maestría). Escuela Superior Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Krajewski, L. Ritzman, L. & Maholtra, M. (2008). *Administración de operaciones*. 8va. ed. México: Pearson.
- Kume, H. (2008). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Norma.

- Lapore, D., & Cohen, O. (2002). *Deming y Goldratt: La teoría de restricciones y el sistema de conocimiento profundo*. Barcelona: MacGraw.
- Niebel, B. & Freivalds, A. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebels*. 13va ed. México: Graw Hill.
- Reyes, J. (2011). *Aplicación de la Teoría de Restricciones para diagnóstico y propuesta de mejora en los procesos de una PyME* (Tesis). Universidad Autónoma de México, México.
- Rivera, R. (2016). *Mejoramiento la Gestión de la Cadena de Abastecimiento de la empresa "Productos Loján" mediante la aplicación de la Teoría de Restricciones* (Tesis). Universidad de las Américas, Ecuador.
- Ortega, J. (2008). *Sistema de Producción*. Tesis. (Universidad Carlos III de Madrid), Madrid: España.
- Yunus, C. (2007). *Transferencia de calor y masa*. 3ra ed. México: McGraw - Hill.
- Yunus, C. & Michael, B. (2012). *Termodinámica*. 7ma ed. México: McGraw - Hill.
- Adverson, P. (2017, 21 de enero). *Definición de Mejora Continua*. Recuperado de: <http://www.eoi.es/blogs/mariavictoriaflores/definicion-de-mejora-continua/>
- Aiteco, C. (2017, 22 de enero). *Alteco Consultores*. Recuperado de: <https://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo/>
- Álvarez, P. (2012, 27 de enero). *Estrategia Focalizada*. Recuperado de: <http://estrategiafocalizada.com/enfoque/INTRODUCCION%20TOC.pdf>
- Carro, R. & González, D. (2010). *Diseño y selección de procesos*. Universidad Nacional del Mar del Plata, Recuperado de: [http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08\\_diseño\\_procesos.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseño_procesos.pdf)
- Casas, N. (2013). *Teoría de las restricciones o los cuellos de botella*". *Panorama*. Recuperado de: <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev49/administracion.pdf>Castillo
- Espinoza, F. (2009). *Apunte sobre métodos y tiempos*. Recuperado de: [http://www.academia.edu/download/32565290/Apuntes\\_sobre\\_metodos\\_y\\_tiempos\\_BUENO.pdf](http://www.academia.edu/download/32565290/Apuntes_sobre_metodos_y_tiempos_BUENO.pdf)
- Banco Central de Ecuador. (2017). *Indicadores financieros*. Recuperado de: [https://contenido.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=pasiva](https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=pasiva)
- Fundación, C. (2017). *Extracto del Curso de Gestión de la Tecnología y la Innovación*. Recuperado de: <http://pic.itccanarias.org>

- Fundación Universitaria Iberoamericana. (2017). *Análisis: Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión. La Aplicación de VAN, TIR y TRK*. Recuperado de: <http://blogs.funiber.org/blog-proyectos/2014/01/08/analisis-evaluacion-financiera-de-proyectos-de-inversion-la-aplicacion-de-van-tir-y-trk>
- Garcés, L. (2016). *Mejoramiento de la productividad de la línea de extrusión de la empresa Cedal, empleando la metodología Six Sigma*. (Tesis). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16888/1/CD-7467.pdf>
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Recuperado de: <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>
- López, W. N. (2007). *La Teoría de Restricciones y la Función de Comercialización*. Academia. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/16859>
- Meyers, F. (2017). *Estudio de tiempos y Movimientos*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/49747904/Meyers-Estudio-de-Tiempos-y-Movimientos-para-la-Manufactura-Agil-2-ed>
- MTM Ingenieros. (2017). *Cronometraje industrial*. Recuperado de: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-el-cronometraje-industrial/>
- Ochoa, N. (2017). *Departamento de ingeniería: Diagramas para el estudio del trabajo*. Recuperado de: <https://ingenieriayeducacion.wordpress.com/2013/05/29/diagramas-para-el-estudio-del-trabajo/>
- Penagos, J., Acuña, M. & Galviz, L. (2012). *Teoría de Restricciones Aplicada a Empresas Manufactureras y de Servicios*. *Ingeniare*. Recuperado de: <http://www.unilibrebaq.edu.co/ojsinvestigacion/index.php/ingeniare/article/view/360>
- QAEC. Asociación Española para la Calidad. *Conocimiento de análisis del valor*. (2017). Recuperado de: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/analisis-del-valor>
- Ramírez, A. (2014). *Metodología de la Investigación Científica*. Recuperado de: <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/ALBERTORAMIREZMETODOLOGIAD ELAINVESTIGACIONCIENTIFICA.pdf>
- Revuelta, C. (2015). *Aplicación de la Metodología de Análisis del Valor para el Diseño de un Nuevo Producto*. (Tesis). Universidad de Sevilla, España. Recuperado de:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90196/fichero/PROYECTO+FIN+DE+GRADO+FINAL.pdf>

Salazar, B. (2017). *Ingeniería Industrial Online.com*. Recuperado de: <https://www.ingenieria-industrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

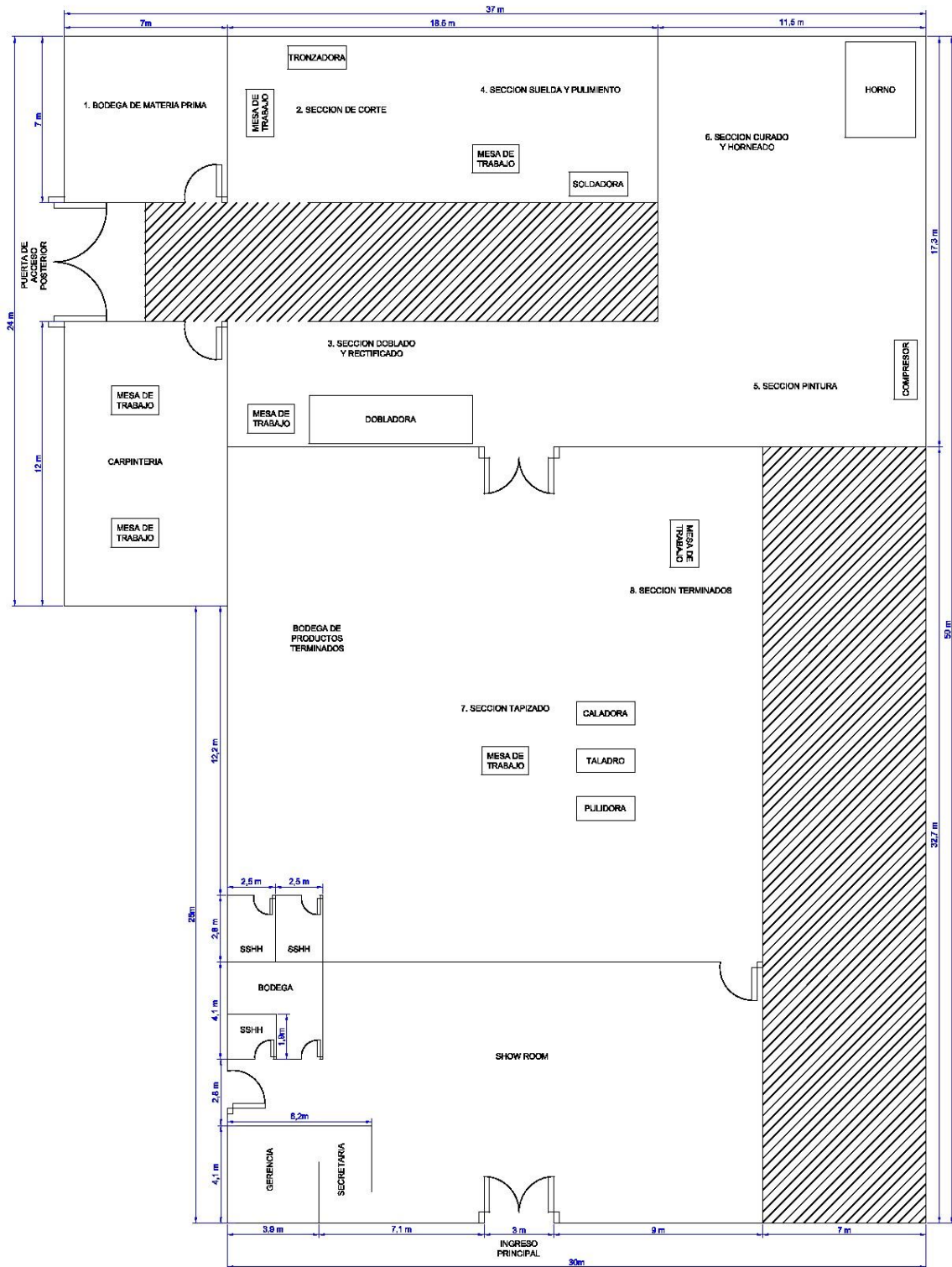
Teocé, C. (2017). *Aplicación a producción (DBR) de Teoría de Limitaciones y sus Sinergías con los Sistemas de Mejora Continua*. Recuperado de: [http://www.teoce.com/rsc\\_prod/070201\\_dbr\\_smc.pdf](http://www.teoce.com/rsc_prod/070201_dbr_smc.pdf)

Terlevich, J. *Gestión de la Producción*. (2000). (Tesis). Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Recuperado de: [https://industrial.frba.utn.edu.ar/MATERIAS/proyecto\\_final/archivos/gestion\\_terlevich.pdf](https://industrial.frba.utn.edu.ar/MATERIAS/proyecto_final/archivos/gestion_terlevich.pdf)

Villagómez, G. (2012). *Teoría de restricciones para procesos de manufactura*". *Enfoque*. Recuperado de: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/7>

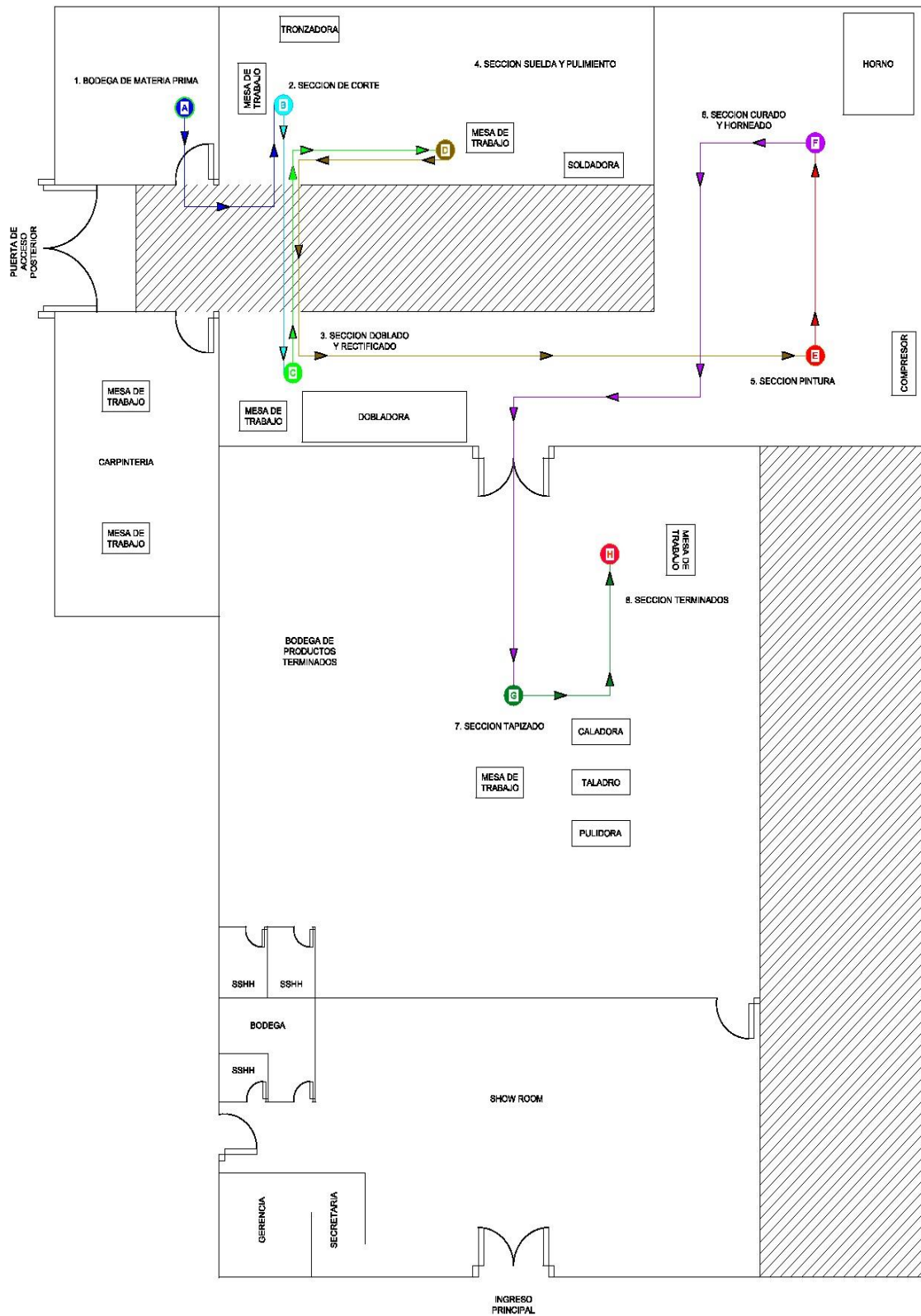
# ANEXOS

## Anexo A. Layout de la Empresa Muebles de Acero Viteri.





## Anexo B. Diagrama de recorrido



**Anexo C. Silla de acero tapizada**



MAV MUEBLES