



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria



# Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

**División de Estudios de Posgrado e Investigación**

## **TESIS**

### **METODOLOGÍA DMAIC PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA EN PROCESO DE MANUFACTURA DE PERSIANAS**

presentada por

**Lic. Mayra Janeth Montoya Cepeda**

como requisito para la obtención del grado de  
**Maestra en Ingeniería Industrial**

Directora de tesis

**Dra. Adriana Mexicano Santoyo**

Codirector de tesis

**Dr. Jesús Carlos Carmona Frausto**

Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Septiembre de 2020.





“2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria”

**AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS**

Ciudad Victoria, Tam., a **05/agosto/2020**

**C. MAYRA JANETH MONTOYA CEPEDA**  
**CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRO EN**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**No. de control: G-18380958**  
**PRESENTE.**

Conforme a los numerales 2.15.4 y 2.15.5 de los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado en el TecNM (ver. 2018) y por recomendación del H. Comité Tutorial, ésta división le **AUTORIZA** imprimir y reproducir digitalmente la Tesis: **“METODOLOGÍA DMAIC PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA EN PROCESO DE MANUFACTURA DE PERSIANAS”**, que tuvo a bien desarrollar en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de éste instituto.

Ruego a Usted dar puntual seguimiento al formato en vigor que, para tal caso, indica las características de diseño que deberá contener tan importante documento.

**A T E N T A M E N T E**  
*Excelencia en Educación Tecnológica®*  
**VERDAD, HONESTIDAD Y SERVICIO**

**DR. AUSENCIO AZUARA DOMÍNGUEZ**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS**  
**DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE CD. VICTORIA  
DEPARTAMENTO DE  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



c.c.p. Expediente





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

**ACEPTACIÓN DEL DOCUMENTO DE TESIS**

Ciudad Victoria, Tam., a **03 de agosto de 2020**

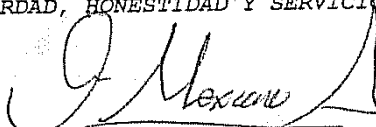
**DR. AUSENCIO AZUARA DOMÍNGUEZ**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS**  
**DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**  
**PRESENTE.**

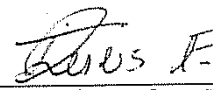
**AT'N: DR. RICARDO DANIEL LÓPEZ GARCÍA**  
**PRESIDENTE DEL CONSEJO DE POSGRADO**

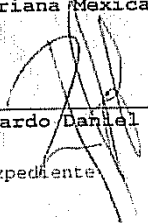
Los numerales 2.15.4 y 2.15.5 de los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado en el TecNM (2018), establecen los requisitos para la obtención del examen de grado de Maestro con Orientación Profesional. En tal sentido, el H. Comité Tutorial de la C. **Mayra Janeth Montoya Cepeda**, estudiante del programa de Maestría en Ingeniería Industrial, con No. de control **G-18380958**, después de haber realizado la revisión del contenido y formato de la tesis: **"METODOLOGÍA DMAIC PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA EN PROCESO DE MANUFACTURA DE PERSIANAS"**, tiene a bien emitir su **APROBACIÓN** a fin de continuar el proceso de obtención del grado académico correspondiente.

Por ese motivo se le pide a Usted, autorizar a la C. **Mayra Janeth Montoya Cepeda** la impresión y reproducción electrónica de la tesis *in comento*.

**A T E N T A M E N T E**  
*Excelencia en Educación Tecnológica@*  
**VERDAD, HONESTIDAD Y SERVICIO**

  
Dra. Adriana Mexicano Santoyo

  
M.C. Jesús Carlos Carmona Frausto

  
Dr. Ricardo Daniel López García  
c. c. p. Expediente





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

En Cd. Victoria, Tamaulipas, a 26 de agosto de 2020, la que suscribe, Mayra Janeth Montoya Cepeda, estudiante del programa de Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, con número de control G-18380958. Como autor de la tesis titulada "Metodología DMAIC para disminuir pérdidas de materia prima en proceso de manufactura de persianas", la cual fue dirigida por la Dra. Adriana Mexicano Santoyo y codirigida por el Dr. Jesús Carlos Carmona Frausto.

Declaro que la tesis es una obra original, que es de mi autoría y que toda la información y materiales extraídos de otras fuentes han sido debidamente referenciados. Que la obra no ha sido previamente publicada y que en caso de violación de derechos de autor, me hago responsable y exonero de toda responsabilidad al Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

ATENTAMENTE

  
MAYRA JANETH MONTOYA CEPEDA





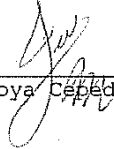
"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

**CARTA DE CESION DE DERECHOS**

En Cd. Victoria, Tamaulipas, a 26 de agosto de 2020, el que suscribe, **Mayra Janeth Montoya Cepeda**, estudiante del programa de Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, con número de control **G-18380958**, manifiesto que soy autor intelectual de la presente tesis, la cual fue dirigida por la Doctora **Adriana Mexicano Santoyo** y codirigida por el Dr. Jesús Carlos Carmona Frausto y cedo íntegramente los derechos del trabajo de tesis titulado "**Metodología DMAIC para disminuir pérdidas de materia prima en proceso de manufactura de persianas**", al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cd. Victoria para su uso con fines académicos y de investigación.

Los usuarios pueden consultar y reproducir el contenido para todos los usos que tengan finalidad académica siempre y cuando sea citada la fuente de información.

ATENTAMENTE

  
\_\_\_\_\_  
Mayra Janeth Montoya Cepeda



# DEDICATORIA

A mi abuela Consuelo, quien me impulsó a iniciar  
y ahora desde su descanso me verá terminar.

A mis padres Velia y Sabino que con su infinito  
apoyo en los días cansados me dieron el soporte  
para continuar.

A mi abuelo Manuel, que no deja de ponerme en  
sus oraciones día con día.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, por la oportunidad de seguir mejorando mi carrera profesional y darme las herramientas necesarias y así mismo a CONACYT por otorgar el recurso para mantener este logro y permitir realizar todo el proyecto.

A mi directora de tesis: Dra. Adriana Mexicano, por su apoyo en el proceso y sus enseñanzas, por su paciencia y disciplina y por darme confianza ante este nuevo reto. A mi codirector de tesis: Dr. Jesús Carmona, por su enfoque y dedicación en la revisión y dirección correcta de la tesis y al Dr. Ricardo López por su apoyo en la revisión y asesoría del proyecto desde el inicio de la carrera como miembro de mi comité tutorial.

A Mario González, mi asesor externo, por su confianza, los conocimientos que me brindó y su disposición para ayudarme siempre que lo requería.

Al equipo de ingenieros que me apoyó durante toda mi estancia en la empresa: Amisaddaí de la Vega, Karla García, Alberto García y Marcos Acuña.

.



## RESUMEN

El incremento de uso de materia prima para manufacturar una determinada cantidad de producto terminado, es un problema que afecta la productividad de muchas empresas manufactureras ya que esto implica pérdidas en la ganancia del negocio. Al estar en un mercado lleno de competencia en el que se deben mejorar las ventas o disminuir costos, la administración correcta de material se vuelve una meta necesaria. De tal forma que, en esta tesis se presenta la manera en que a través del uso de la metodología *Six Sigma DMAIC (Define–Measure–Analyse–Improve–Control)* se logró exitosamente disminuir la pérdida de materia prima que representaba el mayor porcentaje de material perdido en el proceso de manufactura de una empresa productora de persianas. Además, se muestra cómo el control de dicho material contribuyó en disminuir en 16% el exceso del gasto de material permitido en la fábrica. La disminución del exceso del presupuesto se logró a través del entrenamiento estandarizado de los coordinadores que tienen mayor decisión administrativa sobre el requerimiento y uso de materia prima de más alto costo. Para ello se realizó el análisis detallado de las diferentes fases del proceso de producción mediante un diagrama de flujo y posteriormente, se implementaron los manuales de procedimiento y se realizaron entrevistas con los usuarios del proceso. Al identificar las áreas del proceso que más impacto tenían en la administración de *WIP (Waste In Process)* por sus siglas en inglés) se creó una matriz de competencias, en base a la descripción del puesto y con enfoque al cuidado de material. Posteriormente, se inició un plan de entrenamiento para que los coordinadores utilizaran las herramientas de administración de material correctamente y se llevó a cabo evaluación periódica del progreso de dominio de competencias. El proyecto permitió observar que conforme el dominio en las competencias de cada coordinador aumenta, sus decisiones y control tienen un impacto positivo con relación al cuidado y administración de los materiales utilizados en su proceso de producción.

## **ABSTRACT**

The increase in the use of raw materials in producing the same quantity of a finished product is a problem that affects the productivity of many manufacturing companies since this implies losses in the profit of the business. Being in a competitive market where sales must be increased and/or costs reduced, an adequate material management becomes an essential goal. This article presents a way in which through the use of the Six Sigma DMAIC methodology (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) the loss of raw material was successfully reduced in the making process of a blinds manufacturer company. In addition, it is shown how the control over this material helped to decrease the excess over the materials budget allowed by the company by 16%. The reduction over the budget was achieved through a standardized training for the business coordinators who have the higher administrative decision on the use and requirement of the most expensive raw materials. For this purpose a detailed analysis of the different phases of the manufacturing process has been performed, firstly using a flowchart and later implementing the procedure manuals and conducting interviews with the users involved in the process. By identifying the areas of the process with the highest impact on the management of WIP (Waste In Process), a competency matrix was created, based on the employers job description and focused on the material handling. Subsequently, a training plan was performed to allow coordinators the proper use of management tools related to the material; a periodic evaluation to review the progress on the mastery of competencies was also carried out. This project allowed to observe that as the mastery of competencies of the coordinators increases, their control and decisions have a positive impact in relation to the handling and management of the materials used in the production process.

# TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 HIPÓTESIS.....	3
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5 PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	5
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	6
1.6.1 Alcances.....	6
1.6.2 Limitaciones.....	6
1.7 ORGANIZACIÓN EL DOCUMENTO.....	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	9
2.1.1 Conceptos relacionados con almacén.....	9
2.1.2 Conceptos relacionados con manufactura e industria.....	9
2.1.3 Conceptos de uso en el área de trabajo.....	11
2.1.4 Conceptos relacionados con <i>six sigma</i> .....	11
2.2 TRABAJOS RELACIONADOS.....	12
2.2.1 Tabla comparativa de trabajos relacionados.....	21
CAPÍTULO 3. DMAIC PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA.....	23
3.1 CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN.....	23
3.2 FASE DE DEFINICIÓN ( <i>DEFINE</i> ).....	24
3.2. FASE DE MEDICIÓN ( <i>MEASURE</i> ).....	27
3.2.1 Medición de WIP a través de los años 2017 a 2019.....	27
3.2.2 Elaboración de diagrama de Causa-Raíz.....	29
3.3 FASE DE ANÁLISIS ( <i>ANALYSIS</i> ).....	31
3.3.1 Análisis de las actividades en el diagrama de flujo inicial.....	31
3.3.2 Análisis de los 5 ¿Por qué?.....	32
3.3.3 Análisis de estrategias generadas.....	33
3.3.4 Análisis del material de mayor impacto en WIP.....	34
3.3.5 Elaboración del diagrama de flujo de las áreas con más impacto en WIP.....	36
3.4 FASE DE MEJORA ( <i>IMPROVE</i> ).....	38

3.4.1 Elaboración de matriz de competencias y entrenamiento de coordinadores.....	38
3.5 FASE DE CONTROL (CONTROL) .....	43
3.5.1 Control de dominio de competencias y <i>check list</i> en proceso.....	43
CAPÍTULO 4. RESULTADOS OBTENIDOS AL IMPLEMENTAR DMAIC .....	46
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN EMPRESA DE MANUFACTURA .....	46
4.1.1 Dominio de matriz de competencias.....	47
4.1.2 Revisión y monitoreo de hojas de material y ordenes de trabajo.....	48
4.1.3 Disminución de WIP .....	50
4.1.4 Aplicación de 5'S .....	52
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	55
5.1 CONCLUSIONES.....	55
5.2 TRABAJOS FUTUROS .....	58
5.3 PRODUCTOS ACADEMICOS DESARROLLADOS .....	58
REFERENCIAS.....	59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tabla comparativa de trabajos relacionados .....	21
Tabla 2: Análisis de los 5 ¿Por qué? .....	32
Tabla 3: 5 Por qué del gasto de aluminio .....	35

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Descripción del problema .....	3
Figura 3.1: Presupuesto de WIP .....	24
Figura 3.2: Gasto en USD de WIP .....	25
Figura 3.3: Diagrama de flujo inicial de proceso de manufactura de persianas .....	26
Figura 3.4: Diagrama SIPOC .....	27
Figura 3.5: Monitoreo de WIP años 2017 y 2018 .....	28
Figura 3.6: Diagrama de Causa-Raíz .....	30
Figura 3.7: Diagrama de flujo identificado por actividades que más influye en WIP .....	31
Figura 3.8: Matriz Impacto-Esfuerzo .....	34
Figura 3.9: Porcentaje de impacto de material en WIP .....	35
Figura 3.10: Diagrama de flujo de corte de rieles .....	37
Figura 3.11: Diagrama de flujo de corte de tablillas .....	37
Figura 3.12: Formato de matriz de competencias .....	40
Figura 3.13: Ejemplo de primera página de un método .....	41
Figura 3.14: Interfaz de base de datos de materiales .....	41
Figura 3.15: Check list de revisión de hoja de material .....	42
Figura 3.16: Ejemplo de tríptico de 5´s .....	43
Figura 3.17: Ejemplo de formato de monitoreo de reentrenamientos .....	44
Figura 3.18: Ejemplo de formato de control de hojas de materiales .....	45
Figura 4.1: Dominio inicial y final de competencias de coordinadores .....	47
Figura 4.2: Monitoreo de hoja de material antes y después del entrenamiento .....	48
Figura 4.3: Gasto de WIP en aluminio .....	49
Figura 4.4: Gasto de aluminio en WIP 2017 a 2019 .....	50
Figura 4.5: Monitoreo de WIP en años 2019 .....	51
Figura 4.6: Excedente de WIP en el año 2019 a 2020 .....	51
Figura 4.7: Antes y después del etiquetado de tolvas y localizaciones de material .....	53
Figura 4.8: Antes y después de la aplicación de 5´s en limpieza y organización de material .....	53
Figura 4.9: Antes y después del reacomodo de rieles a una área separada .....	54

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

---

De manera general, las empresas manufactureras se dedican a la transformación de materia prima en un producto terminado mediante un proceso de producción industrial. En esta transformación no existe un ideal en el que toda la materia prima que entra al proceso sea la misma que es aprovechada para el resultado final. Por diferentes causas durante el trabajo de manufactura suelen existir pérdidas del material que van añadidos al costo de producción [1]. En la actualidad, las empresas industriales se ven retadas a buscar mejoras organizacionales y de producción para competir en un mercado global [2]. La identificación y reducción de costos es una buena forma de aumentar la rentabilidad de las empresas [3]. La gestión de materiales puede permitir disminuir el gasto o desperdicio de materia prima ya que es un problema prioritario en la industria [4]. *Six Sigma* es una metodología de resolución de problemas que permite la correcta gestión de materiales y es ampliamente utilizada en la industria [5]. Dicha metodología, también conocida como DMAIC [6] consta de 5 fases *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control) y tiene como principal enfoque la satisfacción del cliente; para ello, logra un compromiso entre los ingresos, costos y utilización de los recursos [7].

La aplicación de la metodología DMAIC permite crear un mapa para el continuo mejoramiento y monitoreo de los procesos [8] y su efectividad ha sido demostrada en la resolución de una gran variedad de necesidades de negocios.

En particular, en esta tesis se muestra cómo la aplicación de la metodología DMAIC en una empresa dedicada a la fabricación de persianas logró disminuir el gasto de materia prima en el proceso de manufactura en 16%, el interés particular en la reducción del gasto de materia prima se debe a que se mostró un incremento del 43% en los costos producidos por la pérdida de material en el proceso (LIP), por lo que fue necesario identificar las fugas de material y aplicar estrategias que ayudaran a su disminución o erradicación. Por lo tanto, en esta tesis se trabajó con una mejora en el flujo y administración de material durante el proceso de producción de persianas horizontales mediante la elaboración de entrenamiento estandarizado sobre cuidado y administración de material, basándose en la metodología DMAIC.

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa en la que se trabajó ofrece una gama de productos muy amplia, sin embargo, el hecho de contar con tan variadas opciones de materia prima dificulta el control del proceso y la administración de la materia prima. La empresa en los años 2017 y 2018 mostró un excedente de gastos en el presupuesto permitido para *scrap* y gastos de proceso (WIP) en la producción de cada persiana, los cuales representan el concepto llamado LIP (*Lost In Process*).

La Figura 1.1 representa la descripción del problema abordado, donde se observa que en el proceso de manufactura existe un problema en cuanto al costo de producción, ya que el 18% de ese costo es formado por el excedente del presupuesto permitido de WIP lo que indica que no existe un correcto uso de la materia prima en el proceso.

El límite máximo disponible para el departamento de manufactura es de \$0.37 USD en *scrap* y de \$0.51 dólares en WIP por persiana fabricada. Sin embargo, desde el 2018 la pérdida de WIP se ha incrementado hasta \$0.63 USD (23% más)



y el *scrap* hasta \$0.88 USD por persiana construida. Lo que corresponde al *WIP* representa una problemática muy fuerte ya que es material que a diferencia del *scrap*, no puede ser identificado físicamente por lo que no se puede remover antes de continuar el proceso de manufactura, por lo que en automático pasa a ser *WIP*. Sin embargo, el *WIP* en 2017 provocó pérdidas de \$595,607 USD y para 2018 de \$575,746 USD. Lo anterior representa un impacto directo en los presupuestos mensuales incumplidos que en el caso de *WIP* excedía 18% el presupuesto permitido del departamento de manufactura en septiembre 2018.

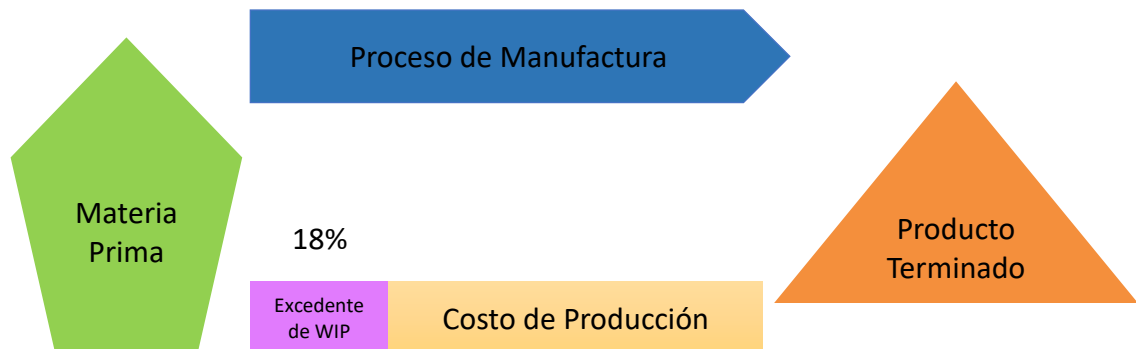


Figura 1.1: Descripción del problema

## 1.2 HIPÓTESIS

Asegurar las competencias de coordinadores conlleva a un mejor control del proceso de manufactura, lo que impacta en una disminución de *WIP* en al menos 10%.

## 1.3 OBJETIVO GENERAL

Disminuir al menos un 10% las pérdidas de materia prima en proceso de manufactura de persianas horizontales, mediante el entrenamiento de los coordinadores.

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para poder alcanzar el objetivo general, fue necesario la creación y cumplimiento de objetivos específicos los cuales se muestran a continuación:

- Elaborar y analizar el diagrama de flujo del estado actual del proceso de

producción de persianas horizontales.

- Recabar la información estadística del proceso de producción de persianas horizontales actual.
- Identificar y disminuir las actividades que generan gasto en el proceso de manufactura fuera del presupuesto permitido en la construcción de persianas horizontales.
- Elaborar un manual de entrenamiento para coordinadores con enfoque en el cuidado de materia prima.
- Entrenar a todos los coordinadores de producción de la fábrica para mejorar su administración frente a los desperdicios de material.
- Comparar el presupuesto de LIP, *scrap* y WIP después de la aplicación de estrategias contra los datos obtenidos al principio de la observación.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

La detección, prevención y eliminación de desperdicios para la reducción de costos basados en el enfoque de *Kaizen* (filosofía de mejora continua), permite tomar conciencia del beneficio monetario de detectar y erradicar los diferentes desperdicios que generan gastos extra en la organización a través de un correcto seguimiento del material en el proceso con la finalidad de no exceder los costos presupuestados de *scrap* y WIP.

El seguimiento correcto del material en el proceso permite conocer todas las fuentes de desperdicio en el proceso de producción para así mejorar las estrategias al usar material y administrarlo eficientemente, permitiendo la reducción del costo de producción.

Con la aplicación de un entrenamiento a coordinadores se contribuye a que el empleado tenga métodos estandarizados de la forma en que debe realizar su trabajo y no sólo aprenda sobre la experiencia de empleados con más antigüedad, además de apoyar la iniciativa de una cultura de cuidado del material en la planta.

## 1.5 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En este proyecto se trabajó con una mejora en el flujo y administración de material durante el proceso de producción de persianas horizontales y en elaborar un entrenamiento estandarizado sobre cuidado y administración de material. Las actividades contempladas para la solución del problema están basadas en la metodología DMAIC y se especifican a continuación:

1. Identificar el estado actual del proceso de producción a través del seguimiento de la metodología DMAIC.
2. Recabar la información contable y presupuestal actual referente a estado del presupuesto de WIP, costo de producción de persianas, volumen de producción de persianas diarias, confiabilidad del inventario y conteo físico.
3. Identificar las áreas de oportunidad en el proceso que están produciendo gasto o pérdida de material extra mediante observación directa y análisis del proceso de producción.
4. Hacer lluvia de ideas que genere estrategias específicas para eliminar o disminuir desperdicio.
5. Elegir las mejores estrategias para realizar un programa de entrenamiento a los coordinadores a través de parámetros de medición para determinar si el gasto es justificable, parámetros de control como *check list* y gestión por competencias para conocer las áreas de oportunidad de los coordinadores.
6. Aplicar el entrenamiento con las mejoras de administración de material a los coordinadores por medio de grupos focales.
7. Aplicar el entrenamiento a los operadores que administran y trabajan con la materia prima de más alto costo.
8. Elaborar comparativas de los resultados contables recabados al inicio de la observación contra la información contable después de la aplicación de mejoras.
9. Analizar los resultados mediante una comparativa del estado actual y el estado después de aplicar las estrategias de mejora.

10. Aplicar las estrategias en los otros procesos de producción como lo son: persianas de vinil, persianas de tela y persianas verticales en caso de ser satisfactorio por medio de los métodos estandarizados.

## **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

A continuación se presentan los alcances y las limitaciones enfrentadas a lo largo de la aplicación del proyecto.

### **1.6.1 Alcances**

- Desarrollo de un manual de entrenamiento y curso de capacitación a coordinadores en cuanto a cuidado de materia prima y reducción de desperdicio en el área de producción de persianas horizontales.
- Reducción del gasto en proceso (WIP) de al menos un 10% enfocándose en el ahorro de la materia prima de más alto costo y mejora del conteo cíclico mensual.
- Diseño del diagrama de flujo actualizado con hincapié en los procesos en dónde se pierde la mayor parte de la materia prima.
- Entrega de reporte donde se muestren las fuentes de variación que provocan el incremento de WIP en el proceso.

### **1.6.2 Limitaciones**

- La rotación del personal presenta una limitación debido a que suelen renunciar continuamente y esto evita que el entrenamiento pueda ser comparado continuamente por un periodo largo de tiempo en la misma persona.
- Los paros de producción por la baja de requerimiento de producto por los clientes y vacaciones retrasan el periodo de observación ya que hay días sin labor.
- La falta de un sistema de certificación de personal evita que se tenga confianza en el método de trabajo que emplean los operadores.

- No existen historiales del registro de control de material que entra a cada parte del proceso.
- La resistencia al cambio es una limitante que se presenta en la actitud de operadores y coordinadores pues se encuentran acostumbrados a su forma de trabajar y no desean cambiar.

## **1.7 ORGANIZACIÓN EL DOCUMENTO**

El resto del documento se encuentra estructurado de la siguiente forma: El Capítulo 1, muestra la introducción, la descripción del problema, hipótesis, objetivo general, objetivos específicos, justificación, propuesta de mejora, alcances y limitaciones. El Capítulo 2, presenta el marco teórico, marco conceptual y los trabajos relacionados. El Capítulo 3, muestra de manera detallada cada una de las fases de la metodología DMAIC que se llevaron a cabo para la realización del proyecto. El Capítulo 4, explica los resultados generados por la implementación de la mejora en el entrenamiento de los coordinadores y su dominio de competencias. Finalmente, el Capítulo 5, contiene las conclusiones del proyecto, los trabajos futuros y las evidencias académicas realizadas.

# Capítulo 2

## MARCO TEÓRICO

---

Six Sigma es una metodología de resolución de problemas que permite la correcta gestión de materiales y es ampliamente utilizada en la industria [5]. Dicha metodología, también conocida como DMAIC [6] consta de 5 fases *Define, Measure, Analyze, Improve, y Control*, tiene como principal enfoque la satisfacción del cliente, para ello, logra un compromiso entre los ingresos, costos y utilización de los recursos [7]. La aplicación de la metodología DMAIC permite crear un mapa para el continuo mejoramiento y monitoreo de los procesos. La efectividad de la metodología DMAIC ha sido demostrada en la resolución de una gran variedad de necesidades de negocios [8].

En este capítulo se presenta en la Sección 2.1 el marco conceptual, abordando los conceptos relacionados con el almacén, la industria manufacturera y también los conceptos relacionados a *Six Sigma*. La Sección 2.2 presenta los trabajos relacionados y un cuadro comparativo de ellos.

## 2.1 MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se muestra los conceptos relacionados al almacén de la empresa, la industria manufacturera y conceptos abordados en la metodología *Six Sigma* y sus fases de DMAIC.

### 2.1.1 Conceptos relacionados con almacén

**Conteo cíclico:** Este consiste en contar sistemáticamente subconjuntos del inventario en forma frecuente [9].

**Requisición de material:** Formato utilizado internamente en la empresa para requerir material de almacén al proceso de manufactura [10].

### 2.1.2 Conceptos relacionados con manufactura e industria

**5 ¿Por qué?:** Es una técnica creada por Sakichi Toyoda para el fabricante de vehículos japoneses "Toyota" como una herramienta para sus metodologías de producción masiva. La que consiste en la exploración de un problema por medio de la causa-efecto repitiendo 5 veces la sencilla pregunta ¿Por qué? [11].

**Cuello de botella:** La operación que tiene la capacidad efectiva más baja entre todas las de la instalación y que, por lo tanto, limita la salida de productos del sistema [12].

**Desperdicio:** Todo lo que sea distinto de los recursos mínimos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto [13].

**Diagrama causa-efecto:** Representación gráfica, conocida como diagrama de espinas de pescado o diagrama de Ishikawa, que se enfoca en encontrar las causas de un problema enfocándose al estudio de mano de obra, material, método, máquina, medida y medio ambiente [12].

**Diagrama SIPOC:** Herramienta usada para poder mapear un proceso a partir de la identificación de puntos clave y su nombre surge de las siglas en inglés:

*Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers* (proveedores, entradas, proceso, salidas, clientes) [14].

**Matriz impacto-esfuerzo:** Matriz que permite el evaluar la lista de acciones correctivas generadas para poder brindar un valor de acuerdo al esfuerzo o costo y al impacto o resultado que brindará [14].

**Kaizen:** Es una metodología y una filosofía que se debe aplicar de forma continua para motivar y retar a todos los miembros de la organización para que utilicen la creatividad con la finalidad de mejorar su trabajo diario [15].

**Lean Manufacturing:** Manufactura esbelta, es “una filosofía /sistema de gestión sobre cómo operar un negocio”. Enfocando esta filosofía/sistema de herramientas en la eliminación de todos los desperdicios, permitiendo reducir el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando la calidad y reduciendo los costos [1].

**Muda:** Es utilizar recursos superiores a los mínimos requeridos (Tiempo, Materiales, Mano de obra, etc.) [13].

**Poka-yoke:** Es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960’s, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de cometer. La finalidad del poka-yoke es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible [16].

**Reproceso:** Cuando un elemento es devuelto a las operaciones anteriores para corregir el defecto [12].

**Scrap:** En el contexto industrial, *scrap* refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial [17].



### 2.1.3 Conceptos de uso en el área de trabajo

**Área de corte de tablillas:** Área del proceso en que se encuentra la máquina dedicada al corte de aluminio para formar tablillas que componen una persiana de aluminio.

**Área de corte de rieles:** Área del proceso en que se encuentra la máquina de corte de rieles cuya función es el corte de los rieles superiores e inferiores que componen una persiana.

**Tablilla(s):** Parte central de la persiana, es un conjunto de piezas que al agruparse ofrecen la protección solar y permiten graduar la intensidad de luz solar que debe entrar a la vivienda [18].

**Riel(es):** Estructura superior e inferior que sostiene a la persiana como tal, puede llamarse también cajón de la persiana [18].

### 2.1.4 Conceptos relacionados con *six sigma*

**Metodología *Six Sigma*:** La metodología *Six Sigma* DMAIC está orientada a proyectos asociados a la gestión de la calidad basándose principalmente en el uso de herramientas estadísticas para mejorar el nivel de desempeño de un proceso asertivamente, permitiendo que la empresa comprenda las necesidades de sus clientes [19]. *Six Sigma* mantiene un enfoque en la eliminación de desperdicios y reducción de costos, mediante la completa transformación (no solo en la mejora) de los procesos, fomentando el crecimiento de beneficios operativos más que el crecimiento de ingresos y enfocándose principalmente en lo que es importante para el cliente.

*Six sigma* es visto como una herramienta, pero más importante, es un proceso que consta de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar [6]. El acrónimo del moedlo viene dado por el nombre de sus siglas en inglés (*Define, Measure, Analyze, Improve y Control*), estas 5 fases sistematizadas ayudan a cualquier organización a resolver problemas [20][21]:

Fase de definición. Define el objetivo del equipo, los requerimientos del cliente y expectativas, se evalúan los proyectos por parte de la dirección y se identifica el objetivo a lograr [22].

Fase de medición. Ejecuta el plan de recopilación de información que fue diseñado en la fase anterior [23] utilizando herramientas como la gráfica de Pareto que permita ver las variables que se deben controlar [24].

Fase de análisis. El objetivo de esta fase es identificar las causas que pueden conformar la raíz del problema e identificar la relación causa-efecto [25][26].

Fase de mejora. Se refiere a la mejora y optimización de un sistema ya existente [27] identifica, evalúa y selecciona las soluciones de mejora y su objetivo es reducir las variaciones del proceso [28].

Fase de control. Se diseñan y documentan controles para asegurar los mecanismos que permitan sostener los resultados alcanzados e introducirlos al proceso [29], cuando una misión se da por finalizada, el equipo informa a la dirección los resultados [30].

## **2.2 TRABAJOS RELACIONADOS**

A continuación en esta sección se presentan los trabajos relacionados al presente proyecto y después se muestra una tabla comparativa de los trabajos.

Egas, [31] utilizó la metodología DMAIC para la disminución de desperdicios en una fábrica de telas recubiertas, para ello identificó las diferentes etapas del proceso y analiza en cuál de ellas ocurre el mayor desperdicio de materia prima, algo importante por mencionar, es que se centra en la parte del proceso que crea más desperdicios y busca mejoras para la máquina utilizada y en el método de trabajo que utiliza la persona que la opera, aplicando una mejora en el control del uso y forma de llevar a cabo el manejo de la máquina.

Gupta, [32] utilizó la metodología DMAIC en una empresa de neumáticos y mejoró el índice de capacidad de empalme de cuentas, proporcionando una capacitación a los trabajadores para el uso de un nuevo proceso de medición.

Ayala, [33] menciona que es importante concluir con el papel esencial que juega el Mapeo de Cadena de Valor (VSM) como herramienta de la metodología de Manufactura Esbelta, ya que ayuda a mostrar las fuentes de desperdicio en la cadena de valor, provee un lenguaje común para que éste sea entendible para los involucrados, forma la base de un plan de acción para mejora (*Kaizen*), forma el enlace entre el flujo de información y el flujo de material y uno de los aspectos más importantes, describe a detalle cómo está operando la cadena de valor y cómo debería operar en el futuro.

Loja, [34] en cuanto a la aplicación la técnica de gestión de 5's, por las palabras en japonés *Seiri* (eliminar), *Seiton* (ordenar), *Seiso* (limpiar), *Seiketsu* (estandarizar) y *Shitsuke* (disciplina), menciona en su tesis que con autodisciplina, el personal puede cumplir las 5's y conseguir crear una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa, cambiar hábitos erróneos, seguir los estándares establecidos, incrementar la moral del personal de trabajo y hacer atractivo el lugar donde se trabaja. Además, encontró que clasificar el material en el método ABC facilita la reducción de existencias y mejora su flujo, evita gastos ocasionados por el levantamiento anual de inventario siempre y cuando todos los supervisores encargados de los operadores que trabajan con los materiales que tengan disposición para capacitarse y mejorar estrategias del cuidado de material.

Aranibar et al. [16] proponen un modelo de producción esbelta conformado por un conjunto de mejoras que impactaron en la eliminación de desperdicios y reducción del tiempo destinado a la elaboración de cada unidad, lo cual implicó nivelar el flujo de producción y desaparecer el cuello de botella identificado mediante un análisis de causa-raíz.

Por medio del análisis de causa-efecto con el diagrama de Ishikawa [12] se encontraron como causas los puntos mencionados a continuación

- Operarios sin entrenamiento dentro de las líneas de producción
- Mano de obra ociosa
- Procedimientos de ejecución de tareas no estandarizados
- Procesos no se realizan en línea
- Materia Prima/insumos/envases incumplen con especificaciones
- Escases de materia prima, insumos, semielaborados, empaques, semi-terminados, envases en plena línea de producción
- Reprocesos
- Acumulación de productos semi-terminados en almacén temporal

Un problema con el desperdicio o muda de inventario es que estaba íntimamente relacionado a los costos que generaba la empresa tanto por mantener producto semi-terminado en almacén como por la aglomeración de envases sin surtir y sin forrar en la sección de encajado. Respecto al producto semi-terminado, éste se convertía en excedente debido a que el ritmo que ejercía la sección de encajado dentro del flujo de producción era menor al de las etapas anteriores. Asimismo, en lo que a la aglomeración de envases se refiere, éstos se acumulaban sin ser surtidos ni forrados debido a que la máquina forradora no contaba con la capacidad suficiente para soportar el flujo que proviene de las fases previas. El desperdicio anual en inventario correspondía a \$2,243.22 USD por tanto se planteó la aplicación de las siguientes dos propuestas de solución a este problema:

- *Poka yoke*, para evitar la aparición de errores o defectos que generen inventario a lo largo del proceso [16].
- Estandarización del proceso de encajado a través de prácticas homogéneas que permitan obtener productos de alta calidad, impecable presentación y bajos costos, logrando atender el 100% de pedidos entrantes.

Pellegero, [35] se centró en conocer la causa raíz de un problema de desprendimiento de pintura a los componentes que conforman el sistema

hidráulico de un automóvil. En el análisis se concluyó que el 37% de las reclamaciones emitidas por el departamento de calidad de proveedores, son debidas a defectos de elasticidad de la pintura. Al aplicar la metodología DMAIC se encontró como causa raíz del problema una deficiente ejecución durante la etapa de planificación y desarrollo del producto, siendo requerido un programa de lecciones aprendidas.

Baldemar, [36] menciona que el producto pasa por procesos que modifican la materia prima. La manufactura implica desde el montaje de la materia prima en las prensas de formado, el paso a las líneas de ensamble para crear sub ensambles y el paso al proceso de pintado y empaçado para finalmente obtener un producto terminado. El objeto de estudio se centró en la aplicación de pintura en polvo sobre las carcasas, en busca de optimizar las operaciones de la planta se decidió mejorar y controlar el proceso de pintura en las carcasas metálicas ya que representan el 97% del proceso total. Con el análisis DMAIC se logró reducir el consumo de pintura en polvo para carcasas metálicas en un 32% por pieza, lo cual equivale a la reducción de cerca de \$45,000 USD de reducción de gastos anualmente.

En [37] Desai et al. muestran el problema de una empresa procesadora de alimentos que requería disminuir las variaciones en el peso de bolsas de leche de 1 Kg, dicha necesidad fue atendida mediante la realización de un análisis efectivo de las raíces del problema con el uso de la metodología DMAIC, lo que permitió reducir la tasa de rechazos al 50%, obteniendo beneficios financieros de \$113,000 USD aproximadamente.

Sharma, [38] utilizó la metodología DMAIC para mejorar los niveles de capacidad del proceso de taladro en el proceso de fabricación de cigüeñales; por medio del análisis de varianza se identificaron las causas de los defectos, determinando que gran cantidad de los defectos se generaban debido al desgaste de herramientas o a una calibración mal ejecutada. Zhan et al. [6] Mencionan que muchas empresas y organizaciones que han aplicado la metodología DMAIC, han informado haber

obtenido influencias positivas en relación al crecimiento de ventas, ingresos operativos, ganancias, empleados, rotación, satisfacción de los empleados y satisfacción del cliente.

Singh y Singh, [39] con el análisis de Causa-Raíz de la metodología DMAIC, en una empresa manufacturera de cigüeñales, consideraron mejorar el proceso del producto que mayor impacto tiene en los defectos, con lo que determinaron que el defecto más común era la orientación y centrado de la pelota. Para dicho trabajo se realizó una mejora en la mano de obra cambiando la manera en que el operador limpia la máquina y usa los medidores especiales.

Gijo y Scaria [40] desarrollaron en una empresa de fabricación de piezas automotrices, usando la metodología DMAIC dando como resultado la reducción de problemas relacionados con el rechazo de piezas en el proceso de mecanizado del émbolo, mejorando el rendimiento de un 94.86% a un 99.48% y probando un impacto financiero de \$87,000 USD por año.

Ferreira et al. [41] presentaron los resultados obtenidos por un fabricante de equipos domésticos de calentamiento de agua, en donde la metodología DMAIC ayudó a mejorar uno de los procesos logísticos internos (la reposición en líneas de producción). La aplicación de la metodología DMAIC permitió reducir la duración de aquellas rutas que tardaban más de 30 minutos a tan solo 25 minutos. De igual forma, el tiempo de la ruta principal se redujo de 31 minutos a 24, sin ningún efecto negativo en el proceso de reposición y logrando un ahorro de 100 mil euros al año, aproximadamente.

Ismail et al. [42] presentan en una industria farmacéutica la metodología DMAIC que fue utilizada para determinar el desperdicio y reducir el tiempo del ciclo de producción en una operación biofarmacéutica mapeando procesos funcionales y de análisis de valor. Entre otras mejoras generadas en dicho trabajo, se cambió la forma de traslado de producto, se mejoró la maquinaria de las instalaciones y se reacomodó el área de trabajo para mejorar la eficiencia del proceso.

Martínez [43] menciona que en una empresa manufacturera de Nuevo León se tenían problemas de recepción de material al no contar con métodos o instrucciones estandarizadas en el área de embarques, por lo cual buscó un mejoramiento integral para dicha área, el cual se logró debido a que se cambió la cultura del operador para mejorar la eficiencia de las operaciones, además de iniciar con juntas de seguimiento de los controles establecidos del proyecto a través del mantenimiento autónomo. Con la metodología DMAIC se mejoró la toma de decisiones para disminuir la variabilidad del proceso. Con DMAIC los supervisores se centraron en las capacidades de los operadores y se buscó la mejora de su cultura, lo cual siempre ha sido un tema difícil de raíz como el sistema de mantenimiento deficiente y la falta de existencia de un sistema de inspección de materia prima, que propiciaban los defectos en un proceso. Por otra parte también se desarrollaron las soluciones e implementación de la mejora y por último la forma de estandarizar el proceso y controlarlo para que no vuelvan a surgir dichas causas del problema.

Moreno y Mora [44] presentan un caso en el que se hizo un correcto análisis para evaluar si es factible el implementar una estrategia de Manufactura Esbelta, con el objetivo de minimizar el costo de producción que propusieron con una mejora de la distribución de planta, en su investigación se visualiza que el tener una distribución de planta correcta no asegura un funcionamiento eficiente del proceso productivo, debido a que un *lay-out* eficiente puede mejorar el manejo de materiales y la eficiencia en el tiempo de ciclo, pero no garantiza la eliminación del inventario en proceso y la reducción de costos, debido a que su estrategia está basada más en una distribución que en una metodología de trabajo y un balance de cargas de trabajo con el fin de tener una línea de producción continua. Por ello se concluye que algunas estrategias pueden impactar en alguna mejora, pero no por ello en el problema principal y debe buscarse otra herramienta que sea útil.

Arrieta et al. [45], con base en las herramientas de *Lean Manufacturing* realizaron una investigación de los diferentes resultados que se obtienen al aplicar cada una de las herramientas Lean. En este caso, se observó que la relación que existe

entre las herramientas de *Lean Manufacturing* es muy estrecha, haciendo casi imposible la implementación de una de ellas sin usar las demás. Un ejemplo es que para la implementación de 5S's en el taller automotriz Casa Mecánica LTDA, se debió implementar indirectamente Fabrica Visual para ayudar en el control visual de toda la planta y permitir la implantación de 5S's en todos sus pasos. Por ello se concluye que al aplicar una herramienta, seguramente irá a la par con otra y en conjunto se tendrá un mejor resultado. No obstante es recomendado evaluar la factibilidad de la implementación de cualquier herramienta, ya que algunas requieren ciertos niveles de inversión (por ejemplo, capacitación a personal o cambios en las instalaciones), y puede ocurrir que el beneficio obtenido al final del plan de implementación no justifique la inversión realizada.

Varas, [46] realizó un trabajo donde menciona que en una fábrica de chocolates, alcanzaron cerca de \$905,000 USD en pérdidas y el 25% se concentró en la etapa de fabricación de chocolates. Se propuso la implementación de la metodología DMAIC para reducir las pérdidas y mejorar los procesos se optó por crear un equipo multidisciplinario de trabajo. En la etapa de Medición, se identificaron las causas potenciales de pérdidas en cada etapa del proceso de fabricación, se priorizaron y se asignaron responsables para su implementación. Previo a la implementación DMAIC, se midió la capacidad del proceso mediante el uso de herramientas estadísticas. Adicionalmente, se crearon planillas para mantener bajo control las mejoras implementadas. Con el uso de la metodología DMAIC implementada, las pérdidas disminuyeron en el proceso de 207. kg, a 137.3 kg por día en promedio, esto significó un ahorro de \$ 22 millones de pesos anuales.

Peña [47] planteó aplicar 11 pasos del círculo *kaizen*: 1. Definir el problema, 2. Identificar áreas a mejorar, 3. Generar ideas, 4. Evaluar ideas, 5. Diseñar medición, 6. Plantear la implantación, 7. Decidir la acción, 8. Actuar, 9. Nuevo Estándar, 10. Medir y 11. Analizar resultados.

De esta manera se buscó mejorar los niveles de productividad de la organización Materiales y Revestimientos Santa Clara C.A, basándose en la evaluación preliminar de la utilización de la materia prima en el proceso de fabricación,



logrando con ello una reducción de costos de fabricación, reflejándose directamente en el mejoramiento del funcionamiento de la organización, en términos de productividad y competitividad. Finalmente, se logró una reducción del nivel de desperdicio de 33.86% a 16,91%, lo que representa una reducción por encima del 100% en términos de desperdicio, en términos de costo se redujo de \$2,149.63 USD a \$1,353.52 USD, lo que representa una reducción del 37,03%.

Ballesteros, [48] mencionó que es muy importante hacer retroalimentación oportuna de los esfuerzos por convertir el desperdicio en valor, algo que no se ve enfatizado en otros autores mencionados. Recalca que esta es una forma de mejorar el pensamiento estratégico. Explica que para implementar un sistema de mejora continua no basta con buenas intenciones de los trabajadores, sino que debe haber un gran compromiso con la gerencia y supervisores. Este punto de vista es difícil de aplicar ya que muchas veces los operadores no hacen un cambio debido a que los dirigentes no están comprometidos con éste.

Hughes et al. [49] presentan los resultados de un estudio realizado en Estados Unidos en donde se reporta cómo a través del uso de la metodología DMAIC se logró aumentar las tasas de reciclaje y se ahorraron 5 millones de dólares por año al incrementar un 1% el reciclado de aluminio con mejoras de punto de recolección en lugares públicos.

Tong et al. [50] realizaron un trabajo de mejora del proceso de soldadura para establecer el nivel de pasta de soldadura a utilizar, ya que fue considerado como una de las características críticas de la calidad; a través del uso de la metodología DMAIC se logró realizar un análisis de varianza para establecer la viscosidad de la pasta de soldadura.

Corona, [51] menciona que la administración correcta y eficiente de inventarios es una responsabilidad clave de operaciones debido a que afecta seriamente los requerimientos de capital, los costos y el servicio al cliente. Para la mayoría de las empresas, la inversión en el inventario representa una suma importante. Como esta inversión es tan grande, las prácticas administrativas que den como resultado

ahorros en un pequeño porcentaje de los valores del inventario total, representan grandes ahorros en dinero. Sin embargo, reducir el nivel de trabajo en proceso sin mejorar los métodos de manufactura tradicionales, ocasionará una pérdida en la eficiencia de la planta y no habrá efecto benéfico.

Ramos, [52] explica que dentro del *kaizen* el primer paso a revisar comprende el TPM (*Total Preventive Maintenance*), cuyo principio es que cada máquina encierra siempre un nivel de cumplimiento, el cual implica lograr que la producción nunca sea interrumpida. Mediante la limpieza general, inspecciona problemas de fugas, cables sueltos, coberturas excesivas, etc., a través de los 5 ¿Por qué? que consiste en la exploración de un problema por medio de la sencilla pregunta ¿Por qué? Hasta llegar a la causa raíz y que brinda una acción correctiva concreta. Desarrolla procedimientos de limpieza e inspección y los implementa, realiza un análisis nuevamente con los 5 ¿Por qué? y corrige la causa raíz del problema. Por tanto, Ramos recomienda que se deben procurar dos aspectos básicos en la actualidad en cualquier industria para efecto de reducir sus gastos operativos y poder responder a las exigencias del mercado, los cuales son:

1. Reducción de los niveles de inventario.- Se tiene un alto costo por manejo de inventarios, ya sea por obsolescencia, material dañado, gastos administrativos, costo de oportunidad, etc. Dadas las características de operación de una línea de producción, se tiene que las corridas son muy grandes y por lo tanto, cuando en la línea de producción se van a manufacturar una diversidad de productos, es necesario manejar niveles para amortiguar la demanda de estos artículos en cualquier momento.
2. Flexibilidad del sistema de producción.- Cada vez son más altos los requerimientos de flexibilidad en el sistema productivo, para poder tener un menor tiempo de respuesta a las cambiantes necesidades del mercado. Esta flexibilidad en el sistema de producción va a depender de la tecnología implementada, así como del grado de integración que se dé entre los diferentes departamentos involucrados con el proceso productivo y administrativo de una industria en general.

### 2.2.1 Tabla comparativa de trabajos relacionados

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los trabajos relacionados mencionados en la Sección 2.2 para tener una mejor comparación entre los diferentes autores. En la primera columna se encuentran los autores y el título de su trabajo y en las siguientes seis columnas se encuentran las metodologías y se marca con “X” los trabajos que las utilizaron:

Tabla 1: Tabla comparativa de trabajos relacionados

Trabajo		Metodologías aplicadas					
		DMAIC	Lean	Kaizen	Value Stream Mapping	Segmentación ABC	TPM
Gupta, 2017	Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company	X					
Egas, 2017	Disminución de desperdicios en el proceso productivo de las maquinas generadoras en la planta Proquinal	X					
Ayala, 2016	Mapeo De La Cadena De Valor (VSM) Como Estrategia De Reducción De Costos Caso Springs Window Fashions De Victoria				X		
Loja, 2015	Propuesta de un sistema de gestión de inventarios para la empresa FEMARPE					X	
Pérez et al., 2015	Propuesta de aplicación del pensamiento lean		X				
Pellegero, 2015	Tesis Aplicación de la Metodología DMAIC en la resolución de problema de calidad	X					
Baldemar, 2015	Reducción y control de costos en empresa de manufactura con Six Sigma	X					
Desai et al., 2014	Curbing variations in packaging process through Six Sigma way in a large-scale food-processing industry	X					
Sharma y Srinivasa, 2014	A DMAIC approach for process capability improvement an engine crankshaft manufacturing process	X					
Singh y Singh, 2014	Performance Enhancement of Manufacturing Unit Using Six Sigma DMAIC Approach: A Case Study	X					
Gijo y Scaria, 2013	Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company	X					
Ferreira et al., 2013	Using the Six Sigma DMAIC Methodology to Improve an Internal Logistic Process	X					
Ghani et al., 2013	Application of Lean Six Sigma Tools for Cycle Time Reduction in Manufacturing: Case Study in Biopharmaceutical Industry	X					

Martínez, 2013	Reducción de costos asociados a los desperdicios de un producto perteneciente a una empresa manufacturera	X					
Moreno y Mora, 2012	Elementos que Afectan el Nivel de Inventario en Proceso (WIP)		X				
Arrieta et al., 2011	Aplicación Lean Manufacturing en la industria colombiana		X				
Varas, 2010	Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas	X					
Peña, 2009	Plan de reducción de desperdicios de materia prima para mejorar la productividad de una empresa fabricante de revestimientos			X			
Ballesteros, 2008	Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta		X				
Hughes et al., 2006	Improving Aluminium Can Recycling Rates: A Six Sigma Study in Kentucky	X					
Tong et al., 2004	A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement	X					
Corona, 2002	Análisis, administración y control de inventarios en empresas manufactureras		X				
Ramos, 2001	Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio						

De acuerdo con la Tabla 1, los trabajos relacionados se basan en la metodología DMAIC para buscar la causa raíz del problema y analizarlo. Sin embargo en este trabajo de tesis, se logró, además de encontrar el problema, trabajar en las mejoras y el control del proyecto para poder brindar un seguimiento. Otro punto importante es que la mayoría de los trabajos se enfocan en el *scrap* o desperdicios de logística y tiempos de producción y el presente trabajo se enfoca en la correcta administración del material que se encuentra en proceso para lograr una mejor productividad y evitar pérdidas monetarias. Otra diferencia es que aunque algunos trabajos se enfocan en el entrenamiento del personal, no promueven el control y monitoreo de los avances del entrenamiento y en este trabajo se opta por la utilización de una matriz de competencias de los coordinadores que permitió un mejor control de su crecimiento en la organización respecto a sus competencias relacionadas directamente con la correcta administración del material.

# Capítulo 3

## **DMAIC PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA**

---

Durante el desarrollo de este proyecto se optó por la aplicación del proceso DMAIC de la metodología *Six Sigma*, ya que como se pudo observar en la sección de trabajos relacionados, es muy útil para la detección, análisis y mejora de problemas en las organizaciones.

El capítulo está estructurado de la siguiente forma: la Sección 3.1 muestra el contexto de la organización, la Sección 3.2 presenta la fase de Definición de la metodología DMAIC, la Sección 3.3 presenta la fase de Medición, la Sección 3.4 explica la fase de Análisis del problema, la Sección 3.5 presenta la fase de Mejora y por último, la Sección 3.6 presenta la fase de Control de la metodología DMAIC.

### **3.1 CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN**

En este trabajo se aborda la problemática de una empresa dedicada a la manufactura de persianas donde se ha detectado un excedente de gastos en el presupuesto permitido para *scrap* y gastos de proceso (WIP) en la producción de cada persiana. La empresa cuenta con 10 años de labor en la capital Tamaulipeca, y cuenta con 700 empleados aproximadamente, ofrece cerca de 7

productos base diferentes y más de 1,000 combinaciones de colores, materiales y figuras de persiana con cerca de 500 empleados trabajando directamente en el proceso de manufactura. Su producto principal, la persiana horizontal de aluminio, cuenta con 4 procesos principales: Corte de rieles, corte de tablillas, ensamble y empaque.

### 3.2 FASE DE DEFINICIÓN (*DEFINE*)

Durante la fase de definición se identificó que existía un presupuesto de WIP que se encontraba arriba de lo permitido en promedio para cada unidad producida (ver Figura 3.1). La fila de CPU WIP (Costo Por Unidad de WIP) refleja el costo equivalente a una persiana (unidad) promedio de WIP y la fila de presupuesto mantiene un promedio de \$0.51 USD.

Periodo	Año 2017	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año 2018
Unidades Equivalentes	1,049,860	79,206	74,300	71,803	101,058	86,953	89,040	105,275	87,187	69,175	763,997
CPU Scrap	0.74	0.86	0.83	0.84	0.74	0.83	0.78	0.88	0.82	0.75	0.80
Presupuesto	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Variación	0.37	0.49	0.46	0.47	0.37	0.46	0.41	0.51	0.45	0.38	0.43
CPU WIP	0.61	0.78	0.53	0.55	0.61	0.52	0.58	0.63	0.61	0.53	0.59
Presupuesto	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Variación	0.10	0.27	0.02	0.04	0.10	0.01	0.07	0.12	0.10	0.02	0.08
CPU LIP	1.35	1.64	1.36	1.39	1.35	1.35	1.36	1.51	1.43	1.28	1.40

Figura 3.1: Presupuesto de WIP en \$ USD

También se observó que la pérdida en dólares (ver Figura 3.2) en el año 2017, por concepto de WIP, había sido de \$595,607 USD y en el periodo de enero a septiembre de 2018 se tenía un acumulado de \$ 454,791 USD.

CAPÍTULO 3: DMAIC PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA

Año	Mes	Unidades Equivalentes	SCRAP	WIP
<b>2017</b>	Jan	89,034	47,561	47,044
	Feb	76,985	47,713	70,223
	Mar	82,319	45,515	43,302
	Apr	103,222	60,666	53,165
	May	83,621	60,415	46,259
	Jun	91,761	69,418	47,614
	Jul	111,502	79,385	93,385
	Aug	87,353	80,279	47,225
	Sep	85,488	69,681	54,561
	Oct	99,049	86,590	55,310
	Nov	72,098	62,626	46,255
	Dec	67,428	57,926	38,830
<b>Total 2017</b>		<b>1,049,860</b>	<b>767,774</b>	<b>595,607</b>
<b>2018</b>	Jan	79,206	68,484	61,427
	Feb	74,300	61,936	39,209
	Mar	71,803	59,972	39,164
	Apr	101,058	74,644	61,303
	May	86,953	72,129	45,624
	Jun	89,040	69,096	52,001
	Jul	105,275	92,634	66,345
	Aug	87,187	71,072	53,221
	Sep	69,175	51,683	36,498
<b>Total 2018</b>		<b>763,997</b>	<b>767,774</b>	<b>454,791</b>

Figura 3.2: Gasto en \$ USD de WIP

La utilidad de la empresa se estaba viendo mermada y uno de los conceptos era el excedente sobre el presupuesto permitido en el concepto de WIP, por lo que se debía encontrar una mejor manera de administrar y optimizar el material en el proceso para lograr alcanzar el estándar establecido.

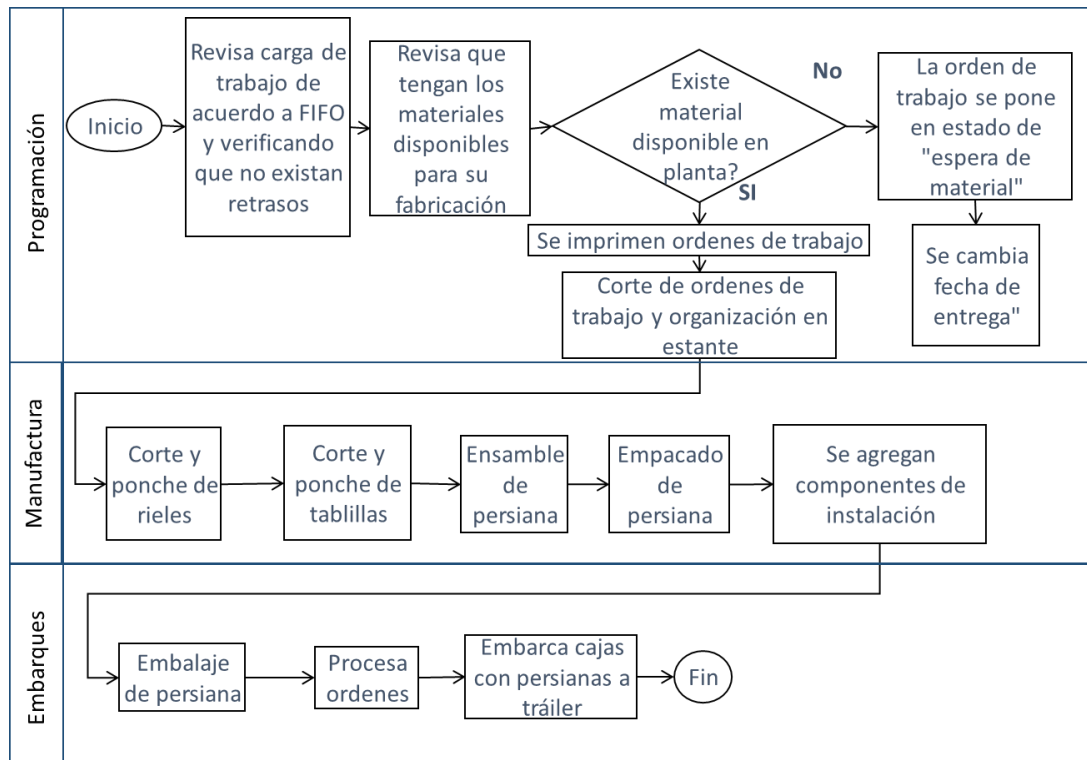


Figura 3.3: Diagrama de flujo inicial de proceso de manufactura de persianas

Se identificó el estado actual inicial del proceso de manufactura mediante la elaboración de un diagrama de flujo (ver Figura 3.3) para observar el proceso desde el inicio en la programación de materiales y cargas de trabajo hasta el momento del embarque de la persiana y se realizó un conteo de los coordinadores de producción involucrados en el área, dando un total de 8 coordinadores de proceso. A la vez, se elaboró el diagrama de definición de proceso (ver Figura 3.4), en el que se muestra a los usuarios del proceso, las entradas al proceso y sus salidas, que en este caso, es una persiana de forma horizontal, las actividades que se realizan y los sistemas de información utilizados. Ambas herramientas forman parte de la Definición del problema de la fase 1 de DMAIC.



DEFINICIÓN DE PROCESO		
Proceso/Process: Proceso de Manufactura de persianas de forma horizontal		Fecha de Creación/Creation Date: 20/Enero/19
Dueño de Proceso/Process Owner: Manufactura		Fecha de Revisión/Revision Date: 2019
Entradas/Inputs	Tareas de Proceso/ Process Task	Salidas/Outputs
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ordenes de trabajo</li> <li>-Requisiciones de material</li> <li>-Materia Prima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Impresión y corte de tickets</li> <li>-Requisición de material a almacén</li> <li>-Recepción de material de almacén</li> <li>-Corte y ponchado de rieles de acero</li> <li>-Corte y ponchado de tablillas de aluminio</li> <li>-Preparación de hilos y accesorios de persianas</li> <li>-Ensamble de accesorios y componentes de la persiana</li> <li>-Empaque de persianas</li> <li>-Agregado de accesorios de instalación de persianas</li> <li>-Embalaje de persianas</li> <li>-Embarque del producto en camión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Persiana de forma horizontal</li> </ul>
Proveedores/ Suppliers	Information Systems/ Sistemas de información	Customers/ Clientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Almacén</li> <li>-Servicio a cliente</li> <li>-Programación de control de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-iSchedule, Frontier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Almacenes</li> <li>-Tiendas</li> <li>-Contratistas</li> </ul>

Figura 3.4: Diagrama SIPOC

### 3.2. FASE DE MEDICIÓN (*MEASURE*)

La segunda fase de la metodología es la de Medición, para ello se requirió de diversa información de la empresa, la cual se presenta a continuación:

#### 3.2.1 Medición de WIP a través de los años 2017 a 2019

Durante la fase de medición se elaboró un gráfico histórico trimestral y anual del comportamiento de WIP (Figura 3.5) para el año 2017 y hasta el tercer trimestre de 2018.

En la Figura 3.5 se puede observar, de manera trimestral, el porcentaje de excedente de WIP sobre el presupuesto aprobado durante los años 2017 y 2018, siendo posible observar que, en promedio, el excedente sobre el presupuesto permitido se encontraba en un 18%.

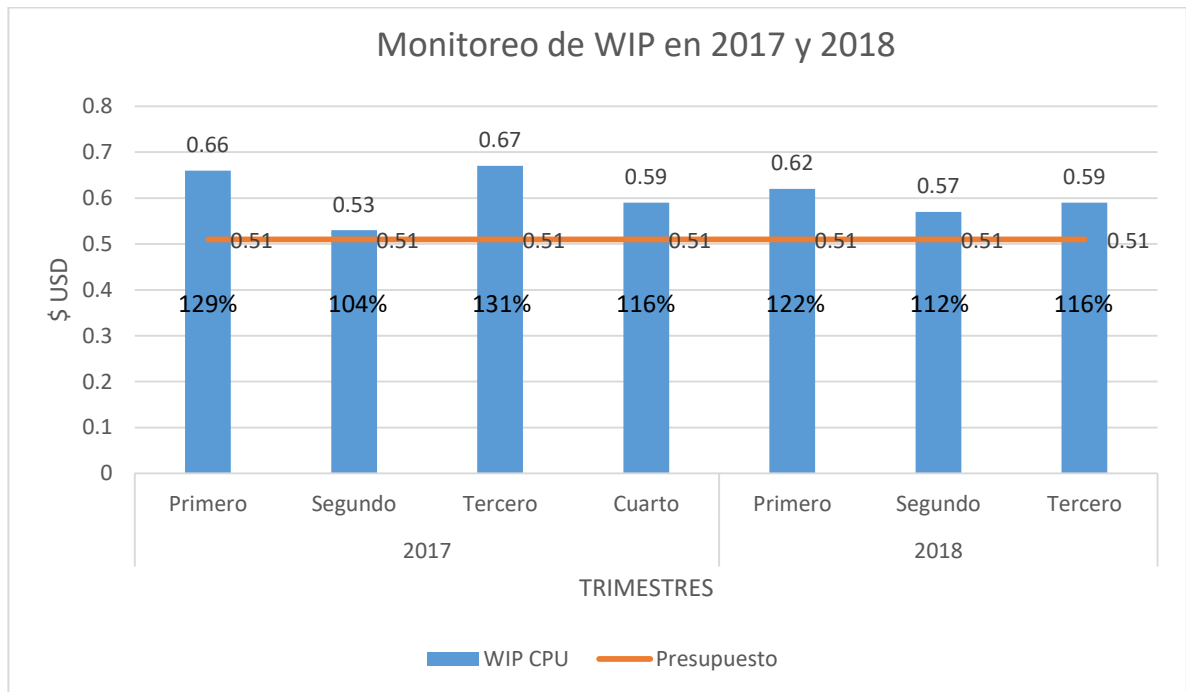


Figura 3.5: Monitoreo de WIP años 2017 y 2018

El cálculo del valor del WIP fue obtenido utilizando la Ecuación 1:

$$WIP_{mensual} = MRP - MWT - Scrap - MIP \quad (1)$$

donde  $WIP_{mensual}$  representa el gasto mensual perdido en el proceso,  $MRP$  el material requerido en proceso,  $MWT$  es el material indicado en el código de barras de la orden de trabajo de la persiana,  $Scrap$  hace referencia a la cantidad de *scrap* reportada y  $MIP$  es el material en proceso. Si la diferencia del cálculo de WIP mensual es positiva, significa que se excedió la cantidad de material perdido y no identificado. En caso de que la diferencia del cálculo de WIP mensual sea negativa, indica que se utilizó material sobrante de otras requisiciones lo que significa mayor productividad.

Para calcular el WIP por unidad mensual ( $WIP_u$ ) y conocer el promedio que se está teniendo por cada pieza construida, se divide el total del gasto mensual entre las unidades equivalentes fabricadas en el mes, como se muestra en la Ecuación 2:

$$WIP_u = \frac{WIP}{EUM} \quad (2)$$

donde:  $EUM$  indica la cantidad de unidades equivalentes fabricadas y  $WIP_u$  es el  $WIP$  por unidad mensual.

Los excedentes mensuales de  $WIP$  por cada unidad construida son calculados mediante la substracción del presupuesto mensual de  $WIP$  por unidad, al resultado mensual por unidad de  $WIP$  como se observa en la Ecuación 3 considerando 0.51 USD el 100%.

$$ExmWIP = WIP_u - PmWIP_u \quad (3)$$

donde  $ExmWIP$  representa el excedente mensual de  $WIP$ ,  $WIP_u$  es el  $WIP$  por unidad mensual y  $PmWIP_u$  es el presupuesto mensual de  $WIP$  por unidad.

Para calcular el excedente de  $WIP$  mensual en porcentaje se utiliza la Ecuación 4 en la que el excedente mensual de  $WIP$  es multiplicado por el valor de 100 y después dividido entre el presupuesto mensual de  $WIP$  por unidad:

$$ExmWIP\% = \frac{ExmWIP * 100}{PmWIP_u} \quad (4)$$

donde  $ExmWIP\%$  representa el excedente mensual de  $WIP$  en porcentaje,  $ExmWIP$  es el excedente mensual de  $WIP$  y  $PmWIP_u$  es el presupuesto mensual de  $WIP$  por unidad.

### 3.2.2 Elaboración de diagrama de Causa-Raíz

Posterior al gráfico del excedente de  $WIP$  se elaboró el diagrama de Causa-Raíz con la ayuda del equipo multidisciplinario de ingenieros de procesos, manufactura, entrenamiento, calidad, fianzas, materiales y programadores como se muestra en la Figura 3.6.

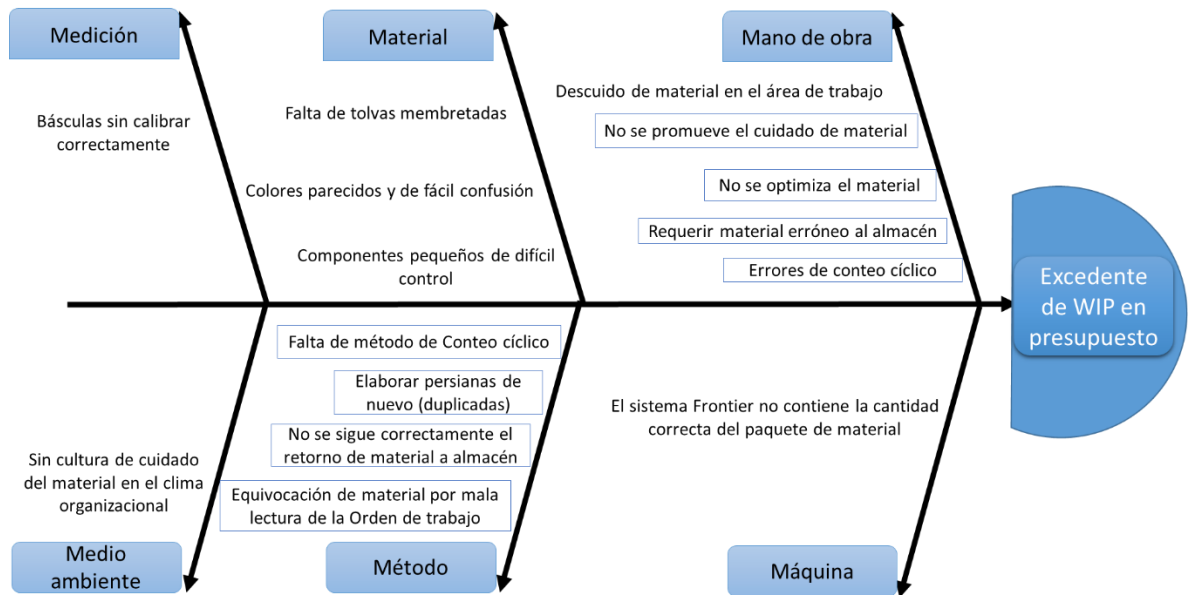


Figura 3.6: Diagrama de Causa-Raíz

Mediante el análisis de Causa Raíz se identificaron los problemas que existían en el proceso (ver Figura 3.4). Las causas fueron ponderadas mediante el método  $N/3$  que se representa en la Ecuación 5:

$$NP = \frac{NC}{3} \quad (5)$$

donde:  $NP$  denota el número de participaciones permitidas por participante del equipo y  $NC$  denota el número de causas encontradas. Para este caso,  $N$  tiene un valor de 15, por las 15 causas encontradas en el diagrama de la Figura 3.6 y  $NP=15/3=5$ , muestra que cada participante del equipo puede votar 5 veces por alguna de las causas del diagrama de Causa-Raíz.

Mediante esta votación se identificaron las causas de más peso y se observó que en el diagrama de Causa-Raíz, en la sección de Método de la Figura 3.6, no se contaba con indicaciones documentadas para trabajar el aspecto de administración de material y WIP. En cuanto a mano de obra, se pudo observar que muchas de las decisiones que toman los coordinadores, impactan en el incremento de WIP, lo que va ligado a los métodos faltantes e implica que, si los coordinadores no conocen el proceso que administran, no pueden tomar

decisiones que repercutan en disminuir el gasto y administrar su material, esto será explicado con detalle en la fase de “análisis” de la Sección 3.3.

### 3.3 FASE DE ANÁLISIS (ANALYSIS)

En la fase de análisis se inició la interpretación de toda la información obtenida. Las actividades comprendidas en esta fase se describen en las secciones 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 y 3.3.4.

#### 3.3.1 Análisis de las actividades en el diagrama de flujo inicial

En la fase de análisis se realizó una reunión de lluvia de ideas con un equipo compuesto de ingenieros de proceso, mantenimiento, entrenamiento y control de producción donde se identificaron las partes del proceso que interactúan más con la administración del material en el diagrama de flujo, dichas áreas son: área de corte de rieles y área de corte de tablillas de aluminio de la persiana. En la Figura 3.7 se muestra el ejemplo de las actividades identificadas directamente con el cuidado de material y administración del mismo.

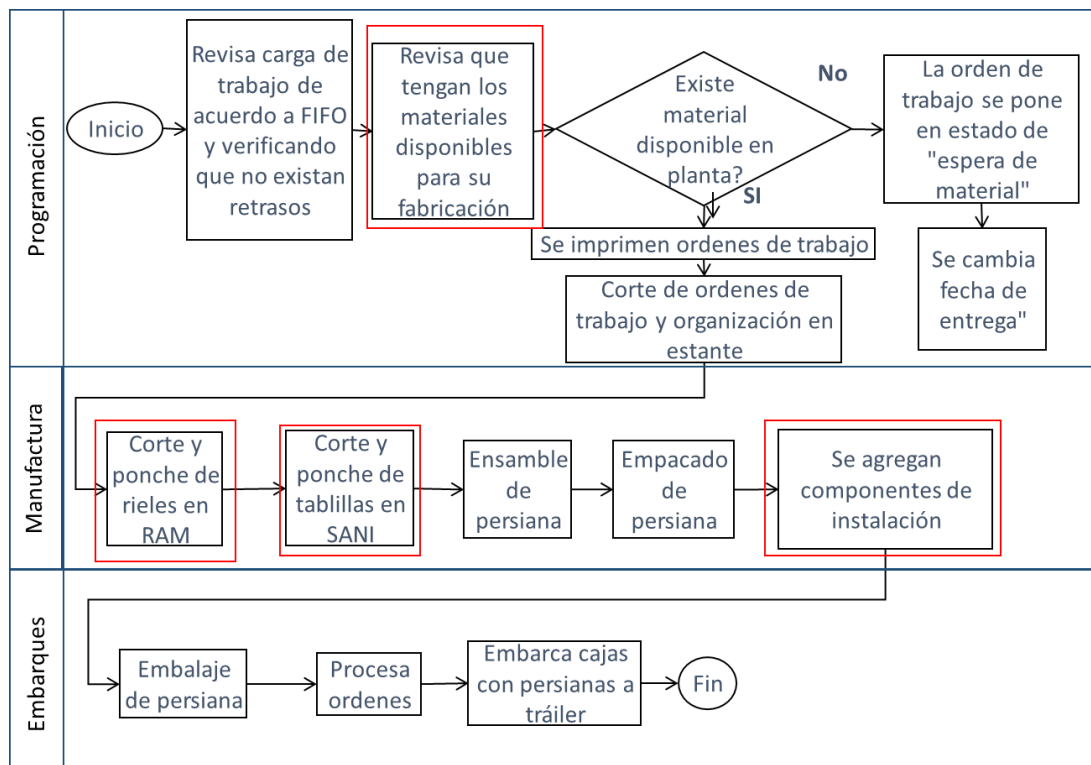


Figura 3.7: Diagrama de flujo identificado por actividades que más influye en WIP

### 3.3.2 Análisis de los 5 ¿Por qué?

Después de contar con el diagrama de Ishikawa o Causa-Raíz elaborado en la Sección 3.2.2 se realizó el análisis de 5 ¿Por qué? (ver Tabla 2) que fue alineando a la causa de que no se contaba con coordinadores capacitados en su totalidad debido a la falta de un entrenamiento estandarizado y que no dominaban por completo sus competencias de gestión del proceso.

Tabla 2: Análisis de los 5 ¿Por qué?

Ofensor	1. ¿Por qué?	2. ¿Por qué?	3. ¿Por qué?	4. ¿Por qué?	5. ¿Por qué?
Material desperdiciado (en el piso del área de producción)	Por mal manejo de material durante el surtido individual	Por las características del material (tamaño pequeño y grandes cantidades)	Por las características de compra al mayoreo		
No se optimiza material	El coordinador no sabe cómo optimizar	No conoce las características del material	No fue entrenado	No se cuenta con el plan de entrenamiento y herramientas estandarizadas	
Se requiere material incorrecto al almacén	El coordinador confunde los materiales	No se cuenta con la hoja de material	La hoja de material se pierde en el proceso	Los operadores no cuidan que la hoja de material esté en el carro de kanban	No conocen el impacto e importancia de la hoja de material
Errores en el conteo cíclico de material	No se identifica el material correctamente	Cada persona cuenta el material a su manera	No se cuenta con un método de conteo cíclico	No se ha elaborado	
Duplicar persianas en el proceso	Se pide una reimpresión de la orden de trabajo	Se pierde la orden de trabajo original	Ninguno de los coordinadores revisa que cada carro de kanban cuente con la orden de trabajo	Los operadores la pierden o esconden	No se ha enseñado la importancia de la orden de trabajo y el impacto de una persiana duplicada
No se sigue correctamente el retorno de material a almacén	No se conoce el proceso correcto	No fueron entrenados	No se cuenta con métodos establecidos		

Equivocación de material por mala lectura de la Orden de trabajo	No dominan las características de una orden de trabajo	No cuentan con métodos visibles	Se aprende de manera empírica	No existe un plan de entrenamiento y herramientas estandarizadas	
--	--	---------------------------------	-------------------------------	--	--

### 3.3.3 Análisis de estrategias generadas

Al tener información del diagrama de flujo y del diagrama de Causa-Raíz, el grupo multidisciplinario generó un listado de acciones correctivas para las causas raíces encontradas:

1. Crear métodos sobre la administración de WIP.
2. Elaborar matriz de competencias para los coordinadores.
3. Identificar el material que genera mayor impacto en WIP.
4. Crear controles de seguimiento para el material de mayor impacto.
5. Hacer un plan de entrenamiento para los coordinadores.
6. Aplicar y revisar 5's en el área.
7. Entrenar a los coordinadores sobre retornos a almacén.
8. Crear un sistema electrónico de elaboración de requisiciones de material.
9. Identificar con etiquetas de nombres y números de parte los materiales
10. Crear base de datos de materiales.
11. Crear un sistema que identifique el máximo de material que debe estar en proceso.
12. Crear un código de barras para identificar la persiana y evitar duplicarlas
13. Entrenamiento de lectura de órdenes de trabajo.
14. Mejorar el sistema de la empresa para que optimice el material de las órdenes de trabajo.
15. Cada coordinador registra las órdenes de trabajo que procesa
16. Mejorar el método de requisición de materiales.
17. Auditar cada número de parte cargado en el sistema para revisar que esté correcta la cantidad por paquete.

Este listado de acciones presentado fue medido a través de la matriz de Impacto-Esfuerzo (ver Figura 3.8) en donde se obtuvo como resultado que las acciones correctivas factibles eran: crear métodos sobre la administración de WIP, elaborar

matriz de competencias para los coordinadores, identificar el material que genera mayor impacto en WIP, crear controles de seguimiento para el material de mayor impacto, aplicar y revisar 5's en el área, entrenar a los coordinadores sobre retornos a almacén e identificar con etiquetas de nombres y números de parte los materiales.

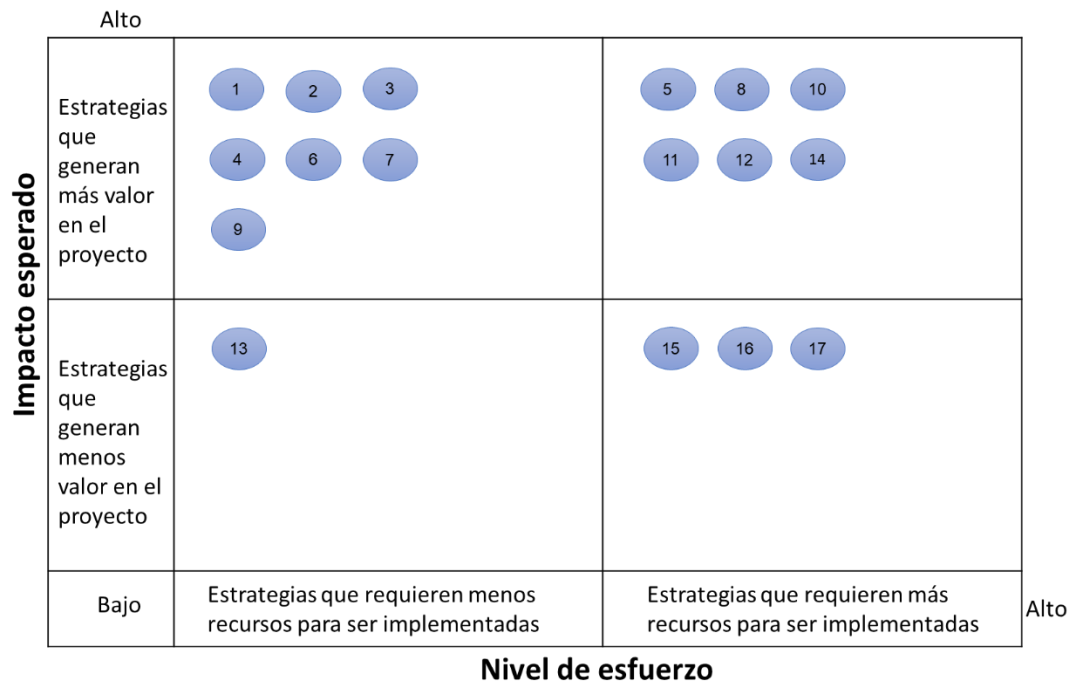


Figura 3.8: Matriz Impacto-Esfuerzo

### 3.3.4 Análisis del material de mayor impacto en WIP

Como parte de las acciones correctivas se buscó el gasto de WIP de cada tipo de material utilizado en el proceso mediante el sistema *ProClarity* [53], dicho sistema es una plataforma de inteligencia empresarial que contiene los datos de la empresa en el periodo del 2017 al 2018.

En la Figura 3.9 se puede observar que el material de mayor impacto es el aluminio generado en el área de corte de tablillas.

En el periodo del año 2017 a 2018, el presupuesto disponible en la empresa para la manufactura de cada persiana fue de \$ 0.54 USD en *scrap* y de \$ 0.51 USD en WIP. Sin embargo, desde el 2018 la pérdida de WIP se ha incrementado hasta \$



0.63 USD y la pérdida por *scrap* incrementó hasta \$ 0.88 USD, por persiana construida. La cantidad correspondiente al *WIP* representa una problemática muy fuerte ya que es material que a diferencia del *scrap*, no puede ser identificado físicamente y se infiere que continúa en el proceso de manufactura, pero al no ser identificado pasa en automático a ser *WIP*. En 2017 el *WIP* provocó pérdidas de \$ 595,607 USD y para septiembre 2018 de \$ 454,791 USD, lo que representa un impacto directo en los presupuestos mensuales incumplidos, que para efecto de *WIP* se encuentran en 18% sobre el presupuesto permitido.

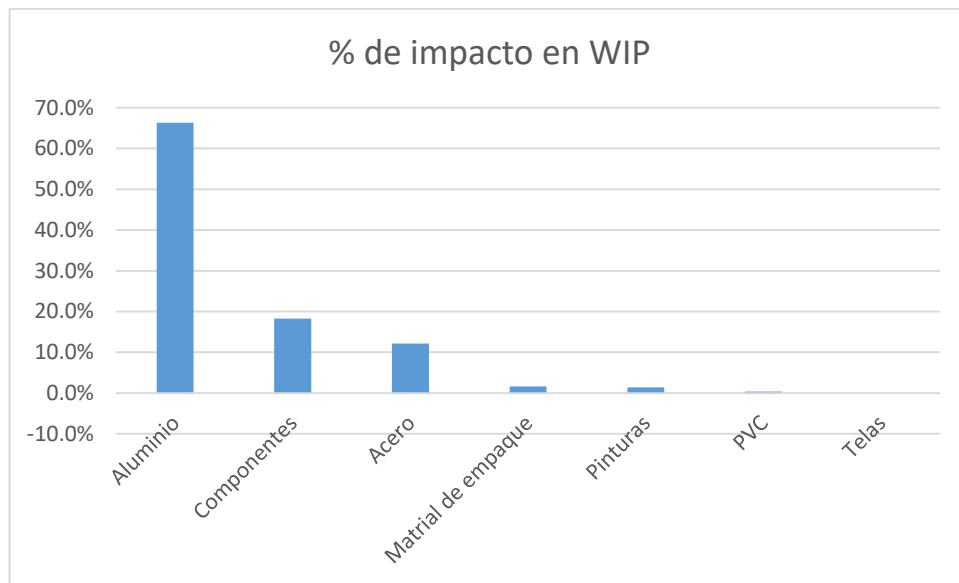


Figura 3.9: Porcentaje de impacto de material en WIP

Al identificar que el aluminio es el material de mayor gasto e impacto en el *WIP*, se generó de nuevo la tabla de 5 ¿Por qué? para analizar el problema (Tabla 3).

Tabla 3: 5 Por qué del gasto de aluminio

Ofensor	1. ¿Por qué?	2. ¿Por qué?	3. ¿Por qué?	4. ¿Por qué?	5. ¿Por qué?
¿Por qué existe exceso de aluminio en el proceso?	Por el excedente de material en cada orden	El coordinador y asociados suelen pedir material de más para evitar que sea insuficiente	No tienen el dato exacto de cuánto material requerir	La hoja de materiales suele perderse en el proceso	Porque desconocen el impacto

¿Por qué existe exceso de aluminio en el proceso?	El asociado se equivoca de color y no lo retorna a almacén	No conoce el procedimiento de retornos ni de optimización	No ha sido entrenado		
¿Por qué existe exceso de aluminio en el proceso?	Porque no se miden las entradas al proceso				

Como se muestra en la Tabla 3, es importante que el coordinador asegure que de su proceso de corte de rieles al proceso de corte de tablillas se confirme que la hoja de materiales no sea extraviada, pues así asegura que el siguiente proceso requiera el material en cantidades correctas.

### 3.3.5 Elaboración del diagrama de flujo de las áreas con más impacto en WIP

Se elaboró un diagrama de flujo de las áreas en las que se procesa el aluminio que fue el material de mayor impacto en la Sección 3.3.4 para identificar las actividades que debe realizar en el área de trabajo cada coordinador, durante el proceso que administra. La Figura 3.10 muestra el diagrama de flujo que corresponde al coordinador del área de corte de rieles, el cual describe el proceso de corte de rieles de acero de las persianas. La Figura 3.11 muestra el diagrama de flujo que corresponde a las actividades que se coordinan en el área de corte de tablillas, donde se cortan las tablillas de aluminio de las persianas. En ambas figuras se identificaron con color rojo las actividades de cada proceso donde existe la posibilidad de encontrar un riesgo de mala administración de material que pueda incrementar el WIP. Una vez documentados los procesos, se encontró que la hoja de materiales, que incluye la orden de trabajo es extraviada por los operadores de las máquinas de corte de riel durante el proceso de corte de rieles. Lo anterior ocurre ya que los operadores, toman la orden de trabajo y no se cercioran de que la hoja de material continúa anexada al pasar la orden y material al siguiente proceso. Además, el coordinador no exige que se cuiden las ordenes de trabajo, aun cuando son muy importantes para todos los procesos, lo cual

provoca que el siguiente proceso (corte de tablillas) haga la requisición de material de acuerdo a la experiencia empírica de uso del material y no a la exacta, lo cual incrementa el material requerido a almacén y por consecuente el WIP.

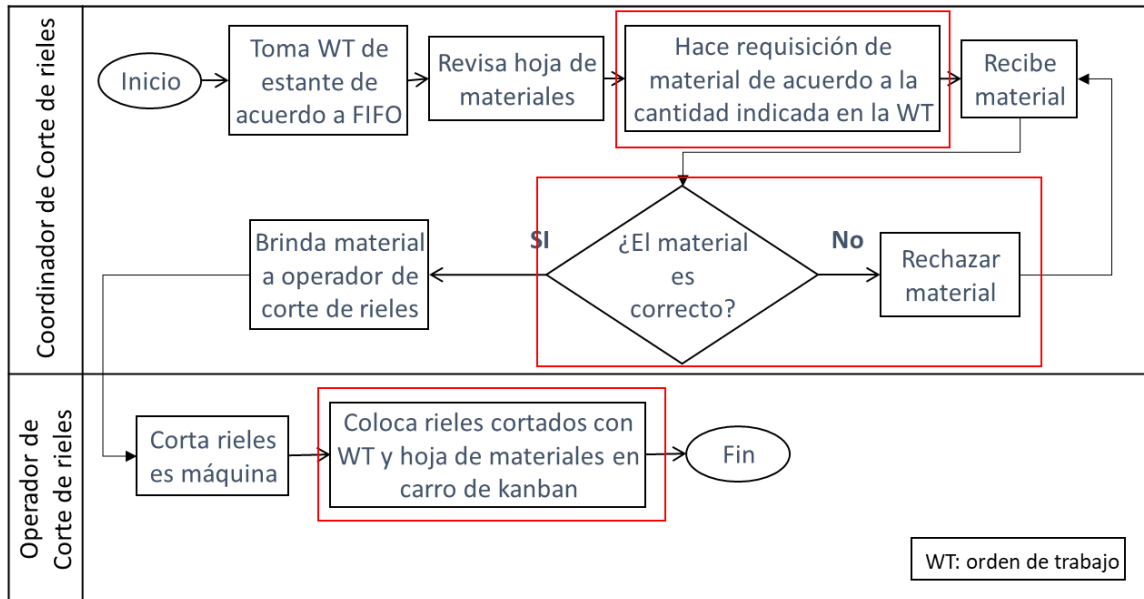


Figura 3.10: Diagrama de flujo de corte de rieles

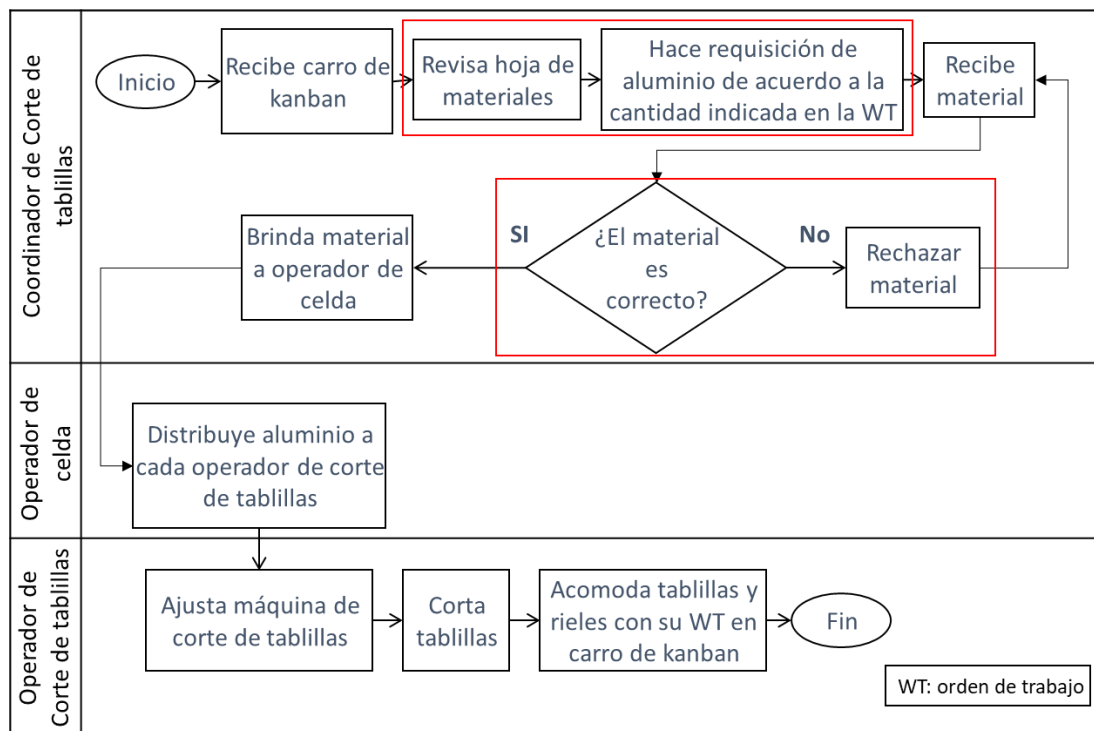


Figura 3.11: Diagrama de flujo de corte de tablillas

Tanto en la Figura 3.10 como en la Figura 3.11 se identificaron, dentro de un rectángulo rojo, las actividades donde se requiere mayor atención para administrar de una mejor manera el material y poner atención en los pasos que son ignorados y que impactan directamente en el cuidado del WIP. Por ejemplo, la correcta requisición de material o su rechazo en caso de no ser correcta, es clave al momento de no permitir que exista material que no se va a procesar en ese momento y que de llegar a quedarse en proceso se puede perder o mal administrar.

En el proceso de corte de tablillas, se presenta como importante la revisión de hoja de materiales, oportunidad que también se presentó en el análisis de los 5 ¿Por qué? de la Tabla 3, ya que si no se interpreta correctamente la cantidad o llega a faltar la hoja, ocasionará que la requisición de materia no sea correcta. Lo que provoca un aumento del WIP ya que los operadores realizarán requisiciones por conocimiento empírico y no por cantidades exactas. También el no saber realizar rechazos de material correctamente puede incrementar la cantidad de material en proceso que no será procesado.

### **3.4 FASE DE MEJORA (*IMPROVE*)**

La fase de mejora o fase número 4 presenta todas las mejoras que se realizaron durante el proyecto para lograr el objetivo de disminución de WIP y se muestran en la Sección 3.4.1. Las mejoras comprenden las acciones correctivas expuestas en la Sección 3.3, donde el enfoque fue crear un entrenamiento enfocado al cuidado de material, entrenar a los coordinadores y después monitorear su desempeño en base al desarrollo de matrices de competencias.

#### **3.4.1 Elaboración de matriz de competencias y entrenamiento de coordinadores**

Se propuso la creación de un plan de entrenamiento y su seguimiento de progreso en matriz de competencias para los coordinadores de corte de rieles y corte de tablillas del proceso de manufactura de persianas que en su totalidad son 4

coordinadores distribuidos en dos turnos de trabajo, las actividades para realizarlo fueron las siguientes:

***A. Identificar las competencias de los coordinadores***

En base a los diagramas de flujo (Figuras 3.10 y 3.11) creados en la Sección 3.3.5 se identificaron las competencias que los coordinadores deben dominar en cuanto al cuidado y administración de material en su proceso, el listado es el siguiente:

- Respetar FIFO y conocer el flujo de la empresa
- Interpretar hoja de materiales correctamente
- Elaborar requisiciones de material correctamente
- Recibir y rechazar material de almacén de acuerdo al proceso
- Retornar material correctamente de acuerdo a proceso
- Verificar que el operador no pierda la orden de trabajo
- Revisar que cada carro de kanban generado contenga la hoja de materiales

***B. Crear formato de la matriz de competencias***

Se elaboró el formato de la matriz de competencias para los coordinadores en una hoja de cálculo. La Figura 3.12 muestra un ejemplo del formato utilizado, donde se observa en la columna competencias aquellas competencias que son evaluadas por los coordinadores, las columnas de los meses muestran aquellos meses que son evaluados y donde se colocan los porcentajes de dominio con los valores 1, 2 y 3. La puntuación 3 significa que tiene muy buena capacidad y puede enseñar a los demás trabajadores. Si la puntuación es 2 se llevan a cabo las actividades de forma independiente. La puntuación es 1 si actualmente está aprendiendo. Se evaluará el estado actual (inicial), el nivel después del entrenamiento (actual), comparado con el nivel objetivo, mientras que en la columna GAP se observa la diferencia entre el nivel deseado y el nivel en que se encuentra.

En la Figura 3.12 se puede observar que en la competencia número 1, en el mes de abril, el coordinador se encontró en el nivel 1, posteriormente en el mes de noviembre, el coordinador logró la puntuación objetivo, lo que significa que es

capaz de realizar el proceso de manera independiente y enseñar a otros el proceso.

COMPETENCIAS		Coordinadores RAM											
		Truno 1E											
		Horizontales											
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Objetivo	GAP
1	Respeto FIFO y conoce el flujo de la empresa	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	0
2	Interpreta hoja de materiales correctamente	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
3	Elabora requisiciones de material correctamente	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
4	Recibe y rechaza material de almacén de acuerdo al proceso	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	0
5	Retorna material correctamente de acuerdo a proceso	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0
6	Verifica que el operador no pierda la Orden de trabajo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1
7	Revisa que cada carro de kanban generado contenga la hoja de materiales	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1
Totales		11	12	14	15	15	17	17	18	19	19	21	2
		52%	57%	67%	71%	71%	81%	81%	86%	90%	90%	100%	10%

Figura 3.12: Formato de matriz de competencias

### C. Crear herramientas para entrenamiento de coordinadores

Las herramientas creadas para mejorar el entrenamiento de los coordinadores fueron: Métodos de trabajo para los procesos que aún no estaban bien definidos, una base de datos de los materiales utilizados en el proceso de manufactura, un *check list* para revisar la hoja de material en las órdenes de trabajo y un tríptico con información de 5's para mejorar la percepción de los coordinadores.

#### a) Desarrollo de Métodos de trabajo

Se crearon métodos de trabajo en cuanto al manejo de WIP y su administración: Análisis mensual del resumen de gastos de fabricación, Monitoreo del reporte de control de WIP, Revisión de LIP (*Lost In Process*) y Conteo cíclico de almacén.

Cada método contiene información relacionada con las personas que los elaboraron, revisores, alcances y definiciones (ver Figura 3.13).

Operación:	Area:	No. Instrucción de Trabajo	Revisión:
REVISIÓN DE LIP (WIP, Scrap)			0
		Elaborado por:	Fecha de Elaboración:
			1/17/2019
		Aprobado por:	Fecha de Revisión:
			1/17/2019

Figura 3.13: Ejemplo de primera página de un método

**b) Desarrollo de base de datos de números de parte**

Durante esta fase se creó una base de datos con el número de parte, nombre y fotografía de todos los materiales que se utilizan en el proceso de manufactura. La finalidad fue que los coordinadores tengan a su alcance los números de parte, nombres del material, fotografía y puedan identificar rápidamente el componente y su área de uso. En la Figura 3.14 se puede ver el ejemplo de la interfaz de la base de datos creada.

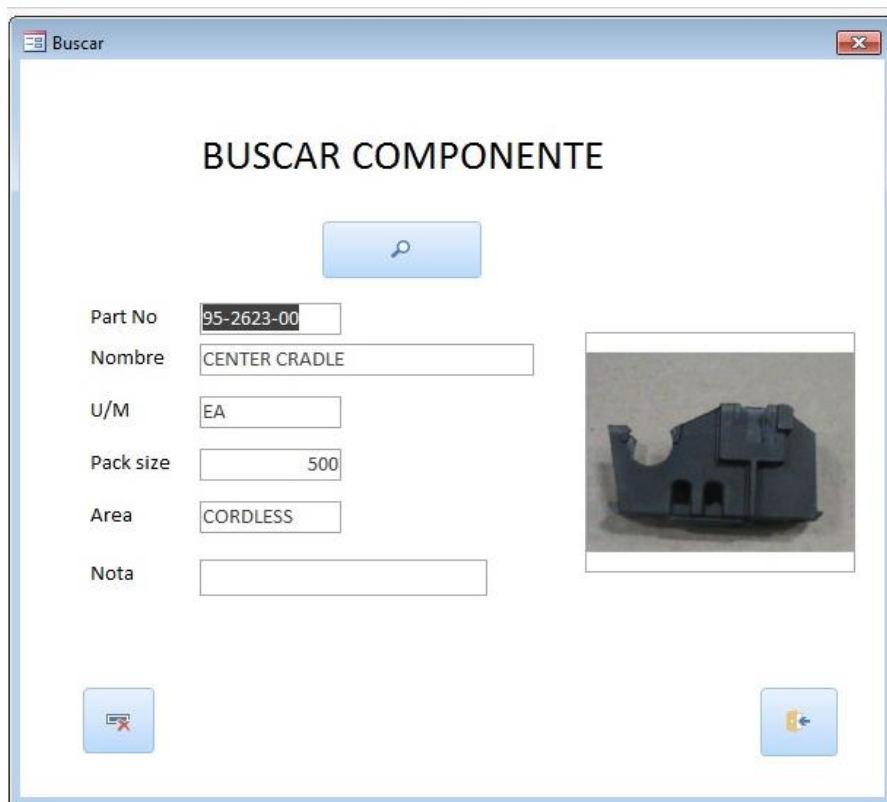


Figura 3.14: Interfaz de base de datos de materiales

**c) Check list de hojas de material para los procesos**

En esta fase se creó un *check list* de control de hojas de material (ver Figura 3.15) para asegurar que cada coordinador promueva y administre correctamente las hojas de material de las órdenes de trabajo. Así, se evitará que los operadores del siguiente proceso cometan errores al no contar con la hoja de material.

<b>Instrucción:</b> Poner el numero "1" si cumple con lo requisitado y un "0" si no cumple		<b>Descripción del Proceso:</b> _____ <b>Corte de riel</b> <b>Semana #</b> _____				
		<b>Nombre del Producto:</b> _____ <b>Turno:</b> _____				
		<b>Departamento #</b> _____				
<b>Audidores:</b> Coordinadores, entrenadores, Facilitador de Equipos						
<b>Orden:</b>	<b>No Asociado:</b>		<b>No Asociado:</b>		<b>No Asociado:</b>	
	<b>M #1</b>		<b>M #2</b>		<b>M #3</b>	
	<b>WorkTag</b>	<b>Hoja de Material</b>	<b>WorkTag</b>	<b>Hoja de Material</b>	<b>WorkTag</b>	<b>Hoja de Material</b>
<b>1</b>						

Figura 3.15: *Check list* de revisión de hoja de material

**d) Elaboración de tríptico de cuidado de material y aplicación de 5's en el área de trabajo**

En esta fase se elaboró un tríptico (ver Figura 3.16) para compartir con el personal empleado en la organización.



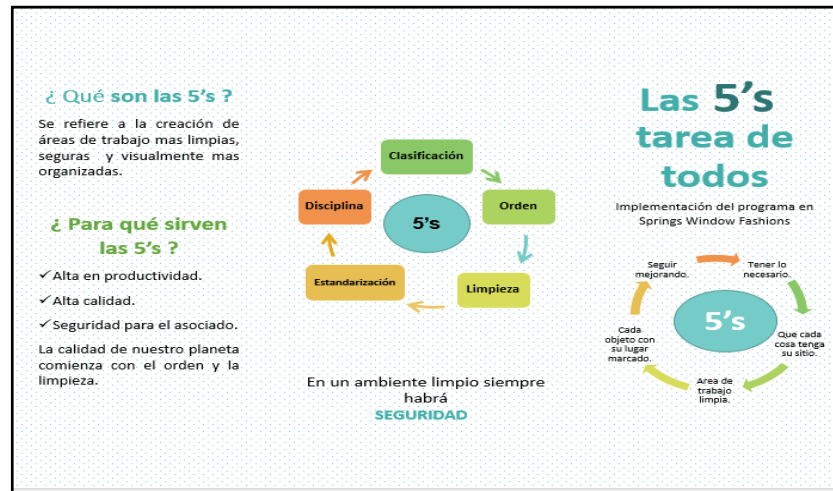


Figura 3.16: Ejemplo de tríptico de 5's

#### ***D. Inicio del entrenamiento y evaluación de competencias de los coordinadores***

El equipo del departamento de entrenamiento y capacitación y los ingenieros de procesos iniciaron con el entrenamiento para los coordinadores asignando dos horas por semana dedicadas a utilizar los sistemas y reportes elaborados con el fin de un mejor control del material. En total se dedicaron veinte horas en un periodo de 10 semanas, para evaluar mensualmente el progreso en las competencias a dominar y dudas de cómo trabajar.

### **3.5 FASE DE CONTROL (CONTROL)**

Por último, se trabajó en la fase final de la metodología DMAIC, la fase de control en la Sección 3.5.1 donde se presentó el plan de control del proyecto para asegurar su cumplimiento posterior a la aplicación del entrenamiento y mejoras.

#### **3.5.1 Control de dominio de competencias y *check list* en proceso**

Dado que la matriz de competencias es un documento que requiere actualización por entrenamiento o rotación de personal, también es considerada como un método de control de las competencias de los coordinadores. No obstante, también se realizó un plan de auditorías de reentrenamientos (ver Figura 3.17) que

utiliza el departamento de entrenamiento y capacitación cada 6 meses para dar seguimiento a todos los coordinadores que ya cuentan con el entrenamiento inicial del manejo adecuado de material y administración correcta de éste. En el plan de auditorías se coloca el nombre del coordinador y se muestra un cronograma donde se pueden agendar los reentrenamientos de sus competencias o su entrenamiento inicial, en caso de ser personal de nuevo ingreso. El color gris representa un entrenamiento agendado, el color verde un entrenamiento completado y el color anaranjado un entrenamiento que no se cumplió, se pospuso o queda pendiente de llevarse a cabo.

Plan de reentrenamientos de manejo y administración de WIP		Ingreso	Turno	% Avance	Año 2020		Aprobación	Año 2021		Aprobación
					Junio	Diciembre		Junio	Diciembre	
No asociado	Nombre de asociado			0%	11-jun					
				0%	11-jun					

Figura 3.17: Ejemplo de formato de monitoreo de reentrenamientos

Otro formato de control que se utiliza es el Formato de control de hojas de material, el cual es utilizado diariamente en las juntas de inicio de turno para monitorear y dar a conocer la cantidad de órdenes de trabajo (WT) que contiene la hoja de material (ver Figura 3.18). El formato de control de hojas de material permite a los coordinadores comunicar a los operadores del proceso si se encuentran dentro del objetivo. En el formato se encuentran las órdenes de trabajo que ingresan al proceso durante el día, las órdenes de trabajo que llevan la hoja de materiales necesarios, se encuentra el 10% permitido de órdenes que no cuenten con la hoja de materiales y después se calcula el porcentaje real de ordenes sin hoja de material. En el ejemplo de la Figura 3.18 se puede observar que aunque dos días de la semana se encontraron fuera de presupuesto, la semana 12 se encontró en un 9% dentro de lo permitido.

### Monitoreo de hojas de material

	Semana 12					Total semana 12
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	
<b>WT ingresadas a proceso</b>	138	157	164	172	168	799
<b>WT con hoja de material</b>	127	139	153	161	144	724
<b>Presupuesto</b>	10%	10%	10%	10%	10%	10%
<b>Porcentaje sin HM</b>	8%	11%	7%	6%	14%	9%
<b>Varianza</b>	-2%	1%	-3%	-4%	4%	-1%

Figura 3.18: Ejemplo de formato de control de hojas de materiales

# Capítulo 4

## **RESULTADOS OBTENIDOS AL IMPLEMENTAR DMAIC**

---

La metodología DMAIC ha permitido una resolución de problemas eficiente en diversas empresas manufactureras como se puede observar en la sección de trabajos relacionados, esto brinda la confianza de que es una metodología funcional para el análisis, mejora y control de problemas de desperdicios y de mejora de productividad en la industria y en cualquier tipo de negocio en general [5].

Este capítulo está estructurado de la siguiente forma: La Sección 4.1 muestra los resultados de la metodología DMAIC, aplicada en el proceso de manufactura de persianas. La Sección 4.1.1 muestra el resultado del entrenamiento y monitoreo de competencias a los coordinadores. La Sección 4.1.2 los resultados de la revisión y monitoreo de hojas de material en las ordenes de trabajo. Finalmente, la Sección 4.1.3 muestra el resultado del presupuesto de WIP en los meses en que se implementó el entrenamiento a los coordinadores.

### **4.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN EMPRESA DE MANUFACTURA**

En esta sección se presentan los resultados obtenidos después de la aplicación de la metodología DMAIC, específicamente después de aplicar los cambios y

estrategias de entrenamiento, monitoreo de matriz de competencias y formatos de revisión que se implementaron en la etapa de “mejora” de DMAIC. La sección se encuentra dividida en los resultados del monitoreo de competencias, monitoreo de la hoja de material de las ordenes de trabajo, el monitoreo del gasto de WIP en aluminio y la disminución del gasto de WIP desde el periodo en que se inició el entrenamiento hasta su terminación.

#### 4.1.1 Dominio de matriz de competencias

La Figura 4.1 muestra que en promedio el dominio de competencias inicial de los coordinadores fue de un 44% y al finalizar el entrenamiento se logró un promedio de dominio de 93% es decir, un incremento de casi 50 puntos porcentuales en el dominio de competencias.

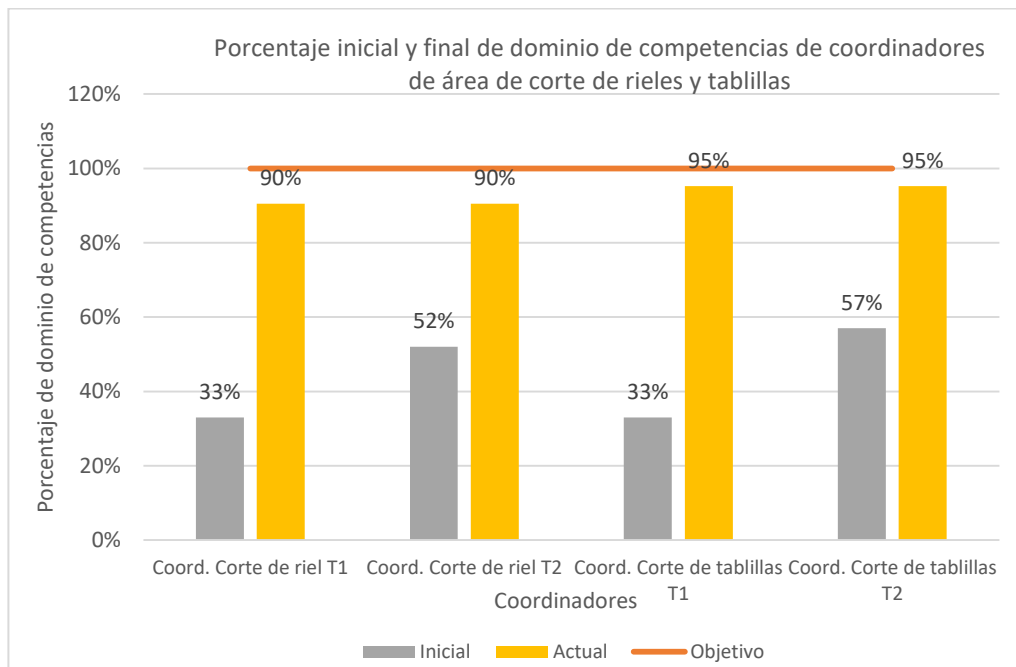


Figura 4.1: Dominio inicial y final de competencias de coordinadores

El dominio de competencias por parte de los coordinadores permite una mejora en las capacidades de la administración que llevan los coordinadores en su proceso y existe una confianza de que cada coordinador conoce su proceso, sus funciones y sabe utilizar las herramientas de trabajo para realizar sus actividades

eficientemente, mejorando la calidad y productividad de la empresa y el producto terminado.

#### 4.1.2 Revisión y monitoreo de hojas de material y ordenes de trabajo

En el incremento de dominio de competencias se observó un incremento en el control que los coordinadores tenían sobre el cuidado de la hoja de material y así se evitó que los operadores del siguiente proceso cometieran errores al no contar con la hoja de material.

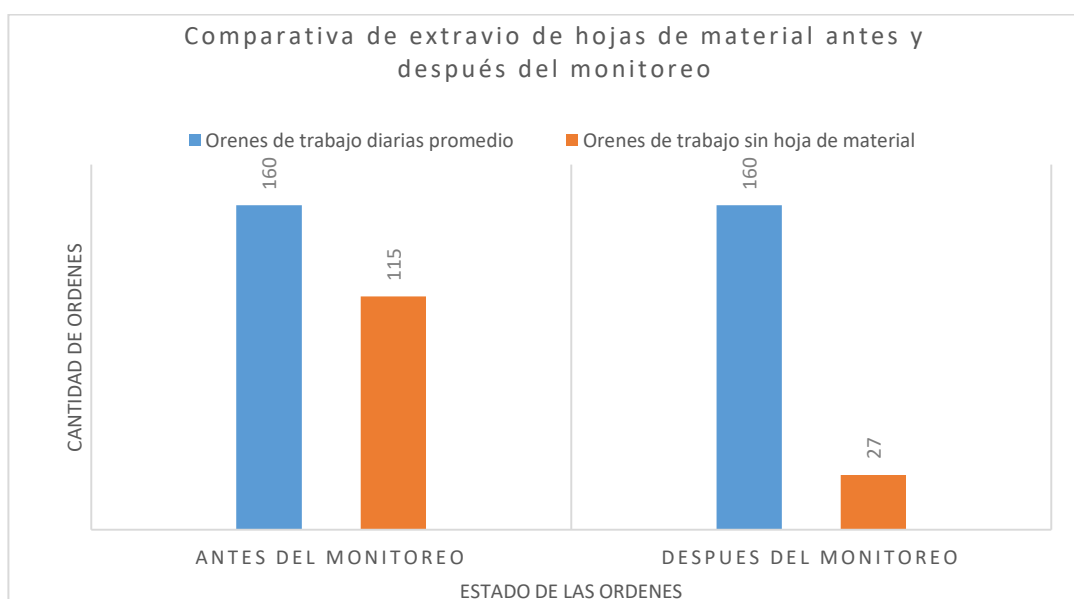


Figura 4.2: Monitoreo de hoja de material antes y después del entrenamiento

En la Figura 4.2 se puede observar que se logró un incremento de órdenes de trabajo que contenían su hoja de material de un 28% a un 83%, pasando de 43 órdenes con hoja de material diarias en promedio a 133 órdenes diarias que cuentan con su hoja de material esto permitió elaborar requisiciones de aluminio más exactas a la cantidad que en verdad se requiere y eliminar en su mayoría que se hagan requisiciones sólo por conocimiento empírico que provocaban pedir material de más que después se desperdiciaba. Al hacer requisiciones de material más exactas se logró una disminución en el gasto de WIP en el material de aluminio que era el que más problemas presentaba (ver Figura 4.3) ya que en el

mes de abril de 2019, mes en que se iniciaban los entrenamientos, mantenía un gasto de \$23,330 USD en WIP y para enero de 2020 se encontró en \$9,922 USD, permitiendo a la empresa un ahorro de casi \$13,000 USD solamente por el concepto de WIP en el producto de aluminio.

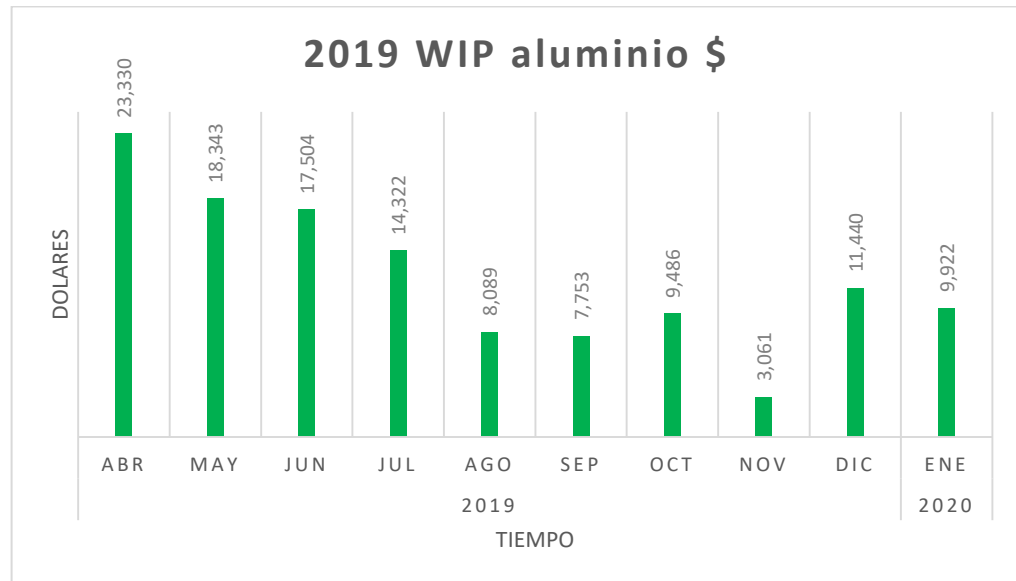


Figura 4.3: Gasto de WIP en aluminio

En la Figura 4.4 se muestra que el año 2019 en que se inició el entrenamiento por competencias con los coordinadores, es el año en que el gasto de WIP en aluminio es el más bajo, comparándolo contra los años 2017 y 2018 en donde se observa que existía mayor gasto, tan solo refiriéndose a aluminio.

Al lograr un mejor control en el aluminio utilizado en el proceso de manufactura, se logró disminuir también el exceso de WIP que tenía ya años presentando un excedente sobre lo permitido.

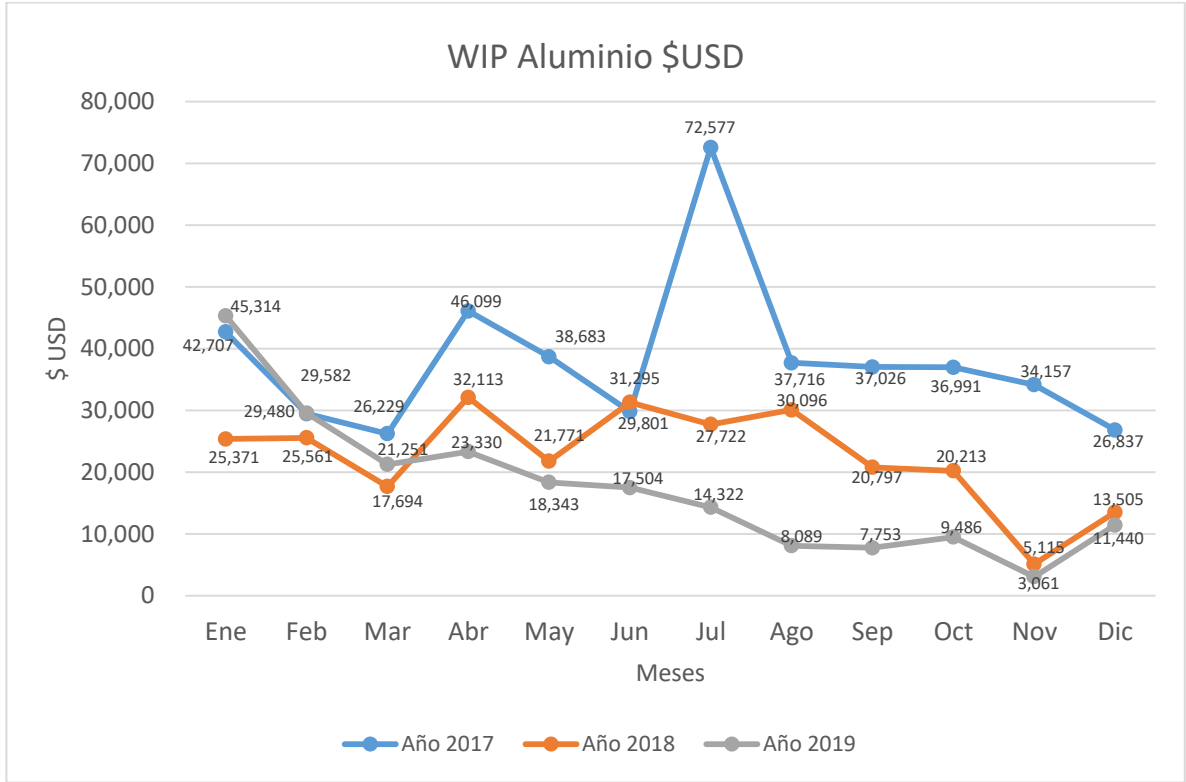


Figura 4.4: Gasto de aluminio en WIP 2017 a 2019

### 4.1.3 Disminución de WIP

La Figura 4.5 muestra cómo se logró que el presupuesto de WIP se encontrara dentro de objetivo en el tercer y cuarto trimestre del año 2019, logrando disminuir cerca de 27 puntos porcentuales del primer trimestre al cuarto trimestre.

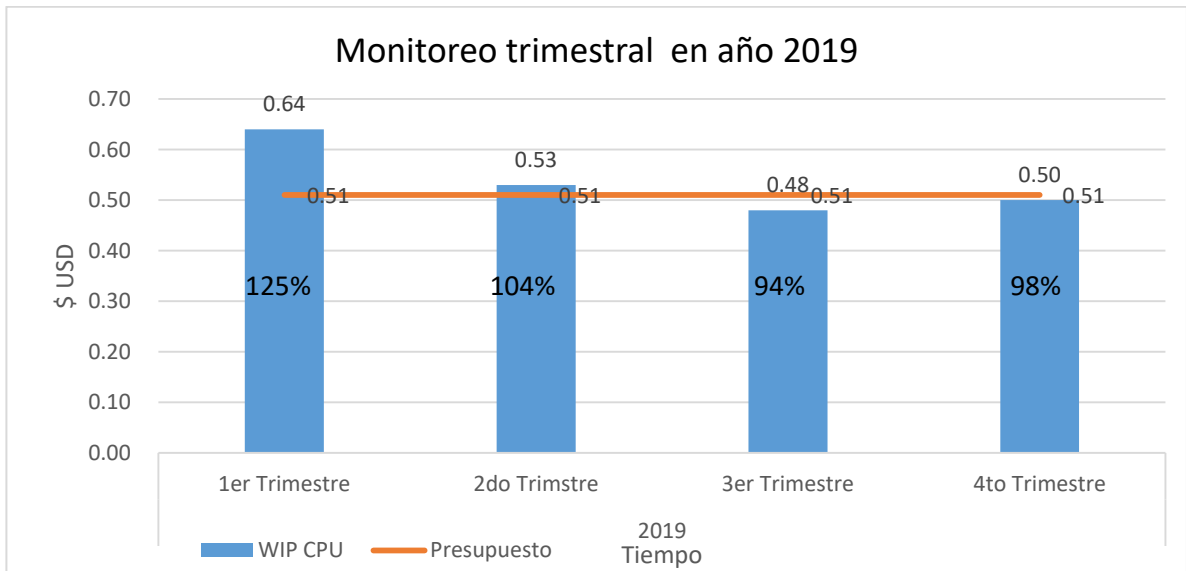




Figura 4. 5: Monitoreo de WIP en años 2019

El resultado es una disminución total en el año 2019 de un 16% pasando de un promedio de \$ 0.64 USD por unidad producida a un promedio de \$ 0.50 USD en el cuarto trimestre por unidad producida, permitiendo que la empresa se encuentre dentro del objetivo permitido para concepto de WIP.

La Figura 4.6 muestra que en el año 2019, en el primer trimestre, se tenía un excedente del 25% sobre el presupuesto permitido en el primer trimestres del año 2019 comprendiendo los meses de enero a marzo y para el cuarto trimestre se logró bajar hasta -2%, lo que indica que se disminuyó un total de 27 puntos porcentuales al mismo tiempo que incrementaba el porcentaje de dominio de competencias de los coordinadores, pasando de un 44% a un 93%.

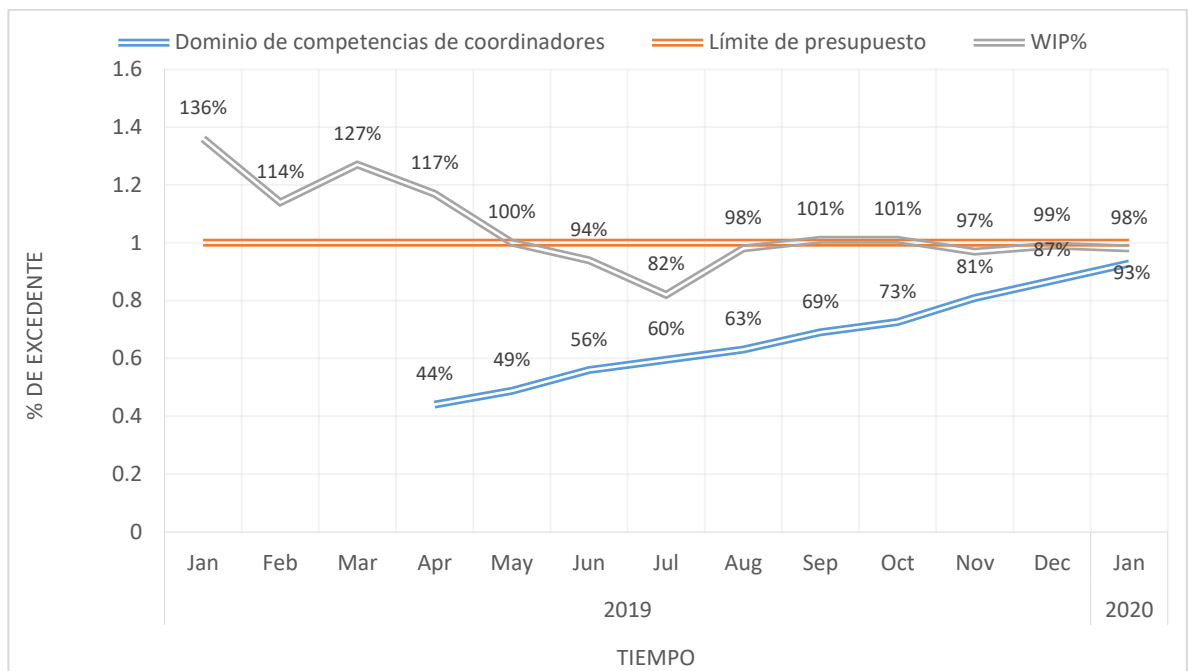


Figura 4.6: Excedente de WIP en el año 2019 a 2020

De acuerdo a la Figura 4.6 en el mes de julio se pudo observar una gran baja del porcentaje de WIP, dado que los coordinadores aun se encontraban al 60% de su dominio de competencias. Lo anterior fue debido a que en su mayoría las actividades correctivas se implementaron a finales del mes de junio. De hecho, la

actividad correctiva que consistió en modificar el *lay out* del área de corte de rieles (Sección 4.1.4) permitió al coordinador monitorear, desde una sola área, los rieles tomados por cada operador y fomentar el uso de los sobrantes o rieles incompletos. Asimismo, con la ayuda de las hojas de material de las ordenes de trabajo se monitoreó el uso completo del aluminio para evitar requerimientos en exceso de dicho material. De tal forma que el incremento del dominio de competencias de los coordinadores y el decremento del excedente de WIP durante el periodo de la aplicación del proyecto permitió a la organización mantenerse dentro del estándar permitido en cuanto a presupuesto de WIP que deben cumplir. Permitiendo mantenerse dentro del presupuesto permitido para la organización y mejorando la calidad del proceso y su optimización en cuanto a uso de materia prima para poder obtener un margen mayor en la ganancia del producto terminado. Con lo anterior se comprueba que la hipótesis presentada de disminuir en al menos un 10% el excedente de WIP con el entrenamiento de los coordinadores es aceptada.

#### **4.1.4 Aplicación de 5'S**

Al asesorar a los empleados en la aplicación de la metodología 5's se lograron mejoras perceptibles en cuanto a la limpieza y organización del material que se puede observar en los siguientes ejemplos:

a) Se membretó cada espacio donde se localiza material, cada tolva fue membretada y se verifica que el material de la etiqueta sea el que se encuentra físicamente (ver Figura 4.7).



Antes

Después

Figura 4.7: Antes y después del etiquetado de tolvas y localizaciones de material

b) Actualmente las áreas se encuentran más limpias y organizadas, se reubicaron los sobrantes de material para acceder fácilmente y seguir usándolos en el proceso ( ver Figura 4.8).



Antes

Después

Figura 4.8: Antes y después de la aplicación de 5's en limpieza y organización de material

c) Se hizo un reacomodo del *lay out* del kanban para el área de corte de rieles. Al inicio del proyecto, cada máquina de corte contaba con un espacio designado para colocar diferentes colores de rieles que el operador podía utilizar en su jornada. Después del acomodo se quitó ese espacio individual y se colocaron todos los rieles en una sola área, lo que permitió un mejor control y administración de uso de sobrantes por parte del coordinador (ver Figura 4.9).



Figura 4.9: Antes y después del reacomodo de rieles a una área separada

# Capítulo 5

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

---

La metodología DMAIC viene a ser una herramienta capaz de ayudar a la solución y mejora de problemas en cualquier tipo de compañía, brinda un proceso ordenado para poder definir el problema real, los antecedentes y causas del problema, brindando una etapa para su mejora y control [8].

A continuación, la Sección 5.1 se presenta las conclusiones a las que se llegó después de la aplicación de la metodología DMAIC para disminución de gasto de materia prima en el proceso de manufactura de persianas a través del implemento de evaluación de competencias de coordinadores de proceso, la Sección 5.2 presenta los trabajos futuros que pueden ser iniciados a partir de este trabajo y la Sección 5.3 muestra los trabajos académicos que se realizaron durante el periodo de maestría.

### 5.1 CONCLUSIONES

El presente trabajo se realizó en una empresa manufacturera de persianas que mantenía un excedente en el presupuesto permitido de gasto de material en proceso de un 18% sobre presupuesto, este excedente en los años 2017 y 2018 había provocado una pérdida de aproximadamente \$1,000,000 USD en los dos

años. Para el primer trimestre del año 2019 el presupuesto se mantenía fuera de objetivo con un 25%.

Con la aplicación de DMAIC se pudo observar que mientras más capacitados se encuentren los coordinadores, estos toman mejores decisiones que repercuten en la disminución de gasto de WIP. A mayor conocimiento tenga un coordinador sobre su proceso de trabajo y conozca las consecuencias de determinadas decisiones, puede crear mejores estrategias y planes de acción en su administración. Además, se observó que conforme el coordinador del área de corte de rieles comenzó a controlar la hoja de material de las órdenes de trabajo, la requisición de aluminio en el proceso posterior fue disminuyendo la cantidad de material requerida, por lo que el desperdicio o material perdido en proceso fue menor. También se mostró la importancia de desarrollar una capacitación en base a los objetivos del negocio y el plan que tenía la organización. Basados en esta idea, el entrenamiento se enfocó en que cada coordinador al dominar sus competencias, fuese capaz de proponer mejoras de control en su propia área que al final tuviesen como objetivo la mejor administración del material requerido a proceso para disminuir el WIP.

Dado que existe un gran impacto de mejora al contar con métodos que pueden ayudar a estandarizar un proceso y mejorar la logística de material, se inició la creación de métodos y formatos de control para las actividades de mayor impacto en el incremento de WIP. En este trabajo se optó por priorizar el material que tenía mayor gasto e impacto en el WIP, por ello se optó por enfocar los objetivos de disminución y administración de material en las áreas que procesan el aluminio, de tal forma que al disminuir el WIP de aluminio se logró disminuir el presupuesto de WIP mensual. Al disminuir el mayor contribuyente de WIP, que en este caso es el aluminio usado en las tablillas de las persianas, se logró una disminución del presupuesto por unidad de WIP lo que permitió disminuir desde un promedio de \$ 0.64 USD sobre el presupuesto de \$0.51 USD por persiana construida en el primer trimestre de 2019 hasta un promedio de \$ 0.50 USD en el cuarto trimestre de 2019 por persiana construida. Al existir una disminución de 16% en el excedente de

WIP se pudo aceptar la hipótesis de esta tesis que menciona que con el entrenamiento de los coordinadores disminuye en al menos un 10% el excedente de WIP que representa un ahorro aproximado de \$100,000 USD en un año.

Además, en este trabajo se propuso un entrenamiento completo enfocado principalmente al cuidado de material y las decisiones de administración que toma cada coordinador. Se crearon herramientas de control como *check list* de hoja de material, base de datos de los materiales utilizados, una matriz de competencias para controlar el avance que cada coordinador lleva en su dominio del proceso que lidera, se enfocó a que cada operador mantenga su área limpia y cuide su material de trabajo para evitar desperdicio y se logró que los coordinadores sean capaces de analizar y evaluar su propio gasto de WIP y reconocer que área es la que más pérdida de material tiene.

Por último, se corroboró que la capacitación continua en el trabajo es de suma importancia, ya que incrementa la calidad del trabajo que repercute en la mejor productividad. Al acostumbrar a un empleado a la constante capacitación se logra romper el paradigma de realizar siempre una misma metodología de trabajo y mantenerlos abiertos a cambios y mejoras constantes ya que pensarán críticamente que siempre existirá una mejor forma de realizar un proceso y formar así una mentalidad de mejora continua y compromiso con el negocio. Además, se obtienen beneficios como disminuir la necesidad de supervisión exhaustiva, mejorar la flexibilidad de la organización, mejora la pertenencia del empleado a la empresa, incrementa la confianza del empleado en la dirección de la empresa, forja líderes, se mejora la toma de decisiones y mejora la rentabilidad de la empresa, entre otros.

## 5.2 TRABAJOS FUTUROS

A continuación se mencionan algunos de los trabajos que se podrían realizar para dar continuidad al presente proyecto.

A partir del entrenamiento de los coordinadores y la estandarización de sus competencias en el proceso de manufactura, se puede crear un entrenamiento para los demás productos fabricados como lo son las persianas verticales, y las persianas motorizadas.

Utilizar la estrategia del control de aluminio con las hojas de material de las órdenes de trabajo para disminuir también, el presupuesto de *scrap*.

Crear un programa de cuidado de material y limpiezas de las áreas de trabajo para que la aplicación de 5´s sea ampliado a toda la organización.

## 5.3 PRODUCTOS ACADEMICOS DESARROLLADOS

En esta sección se presentan los trabajos académicos que fueron realizados durante el periodo de la maestría:

- a) Ponencia: “Metodología DMAIC Para Disminuir Pérdidas De Materia Prima En Proceso De Manufactura De Persianas”, XXXI Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México, Altamira, Tamaulipas, mayo 2019.
- b) Artículo: “Uso de sobrante de bobinas de aluminio para disminución de *scrap* en la fabricación de persianas de aluminio”, para congreso Academia Journals 2020”.
- c) Artículo: “DMAIC methodology to reduce the loss of raw materials in the making process of a blinds manufacturer company” para revista. En proceso de evaluación.



## REFERENCIAS

---

- [1] "Lean Solutions," 2017. [Online]. Available: <http://www.leansolutions.co/conceptos/desperdicios/>. [Accessed 2 diciembre 2018].
- [2] J. C. Hernández Matías and A. Vizán Idoipe, *Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación*, Primer ed., Madrid: EOI, 2013.
- [3] F. Vohel, J. H. Harrington, C. Mignosa and R. Charron, *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook*, Boca Raton, Florida: CRC Press, 2014.
- [4] S. Sachin, "Study of Material Management Techniques on Constructon Project," *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, vol. 13, no. 4, pp. 12-17, 2016.
- [5] T. T. Allen, *Introduction to Engineering Statistics and Lean Six Sigma*, Third ed., Columbus OH: Springer, 2010.
- [6] W. Zhan and X. Ding, *Lean Six Sigma and StatisticalTools for Engineers and Engineering Managers*, First ed., Chennai: Momentum Press, 2016.
- [7] R. Garza Ríos, E. Rodríguez González, C. González Sánchez and C. Hernández Asco, "Aplicación de la metodología DMAIC en Seis Sigma con simulación discreta y técnicas de multicriterio," *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, vol. 22, pp. 19-35, 2016.
- [8] R. A. Munro, G. Ramu and D. J. Zrymiak, *The Certified Six Sigma Green Belt Hand Book*, Second ed., Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- [9] R. Torres Rabello, "Negocios Globales; Logística, transporte y distribución," *EMB*, noviembre 2015. [Online]. Available: <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=2396&edi=117&xit=conteo-ciclico-ese-gran-desconocido>. [Accessed 18 noviembre 2018].
- [10] "Naturaleza de los costos," Google Sites, [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/naturalezadeloscostos/4-requisicion-de-materiales>. [Accessed 17 febrero 2020].
- [11] J. I. Morales Ramírez, "5Consultores," 2013. [Online]. Available: <http://www.5consultores.com/wp-content/uploads/2014/06/WP-T%C3%A9cnicas-Resoluci%C3%B3n-de-Problemas-5-Por-Qu%C3%A9.pdf>. [Accessed 2 diciembre 2018].
- [12] L. Krajewski and L. Ritzman, *Administración de operaciones: Estrategia y análisis*, quinta ed., México: PEARSON, 2000.
- [13] L. Solutions, "Lean Solutions," 2017. [Online]. Available: <http://www.leansolutions.co/conceptos/desperdicios/>. [Accessed 18 noviembre 2018].
- [14] G. Academy, "Gemba Academy," Gemba Academy, 2020. [Online]. Available: <https://lms.gembaacademy.com/pages/catalog/learningpathoptioncatalog.aspx?subject=-1>. [Accessed 6 marzo 2020].
- [15] M. Graban and J. Swartz, *Healthcare Kaizen*, CRC, 2112.
- [16] H. Aranibar Pérez, N. Flores Delgado and C. Luján Hurtado, "Propuesta de aplicación del pensamiento lean," *Sinergia e Innovación*, vol. 10, pp. 42-80, 2015.
- [17] CeroScrap, "CeroScrap," 15 marzo 2014. [Online]. Available: <http://www.recicladoindustrial.com/2014/03/15/que-significa-scrap-industrial/>. [Accessed 18 noviembre 2018].
- [18] "TroopTube," Iceable, 2019. [Online]. Available: <https://www.trooptube.tv/conoce-todo-acerca-de-las-persianas/>. [Accessed 25 noviembre 2019].
- [19] R. J. Herrera Acosta and T. J. Fontalvo Herrera, *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*, México: EUMED, 2011.

- [20] J. Garza Reyes, P. Jirasukprasert, V. Kumar and M. Lim, "A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 5, no. 1, pp. 2-21, 2014.
- [21] J. Varela Loyola, E. Flores Avila and J. Tolamatl Michocol, "Disminución de variación de un proceso de producción de muebles con Seis Sigma," *Conciencia Tecnológica*, no. 40, pp. 35-41, 2010.
- [22] E. Gijo, J. Scaria and A. Jiju, "Application of six sigma methodology to reduce defects of a grinding process," *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 27, no. 8, pp. 1221-1234, 2011.
- [23] P. Garrido Vega, M. Sacristan Díaz and L. M. Magaña Ramirez, "Six Sigma in SMES with low production volumes. A Successful experience in aeronautics," *Universia Business Review*, pp. 52-71, 2016.
- [24] J. Tolamatl, D. Gallardo García, J. Varela Loyola and E. Flores ávila, "Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz," *Conciencia Tecnológica*, no. 4, pp. 11-18, 2011.
- [25] L. Ferreira and C. Silva, "Using the Six Sigma DMAIC Methodology to Improve an Internal Logistic Process," 2013.
- [26] F. Tinoco Angeles, "Six sigma en logística: aplicación en el almacén de una unidad minera," *Industrial Data*, vol. 16, no. 2, pp. 67-74, 2013.
- [27] P. Kamble and A. Kumar, "Application of DMAIC Six Sigma Methodology: Case Study," *International Journal of Research in Advent Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 6-10, 2017.
- [28] D. Arango Martinez and B. E. Ángel Álvarez, "Implementation plan of Six Sigma in the admission process in a higher education institution," *Prospectiva, Una nueva visión para la ingeniería*, vol. 10, no. 2, pp. 13-21, 2012.
- [29] E. Gijo and J. Scaria, "Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company," *Manuf Technol*, vol. 71, pp. 717-730, 2013.
- [30] E. Pérez Lopez and M. García Cerdas, "Implementation of the methodology DMAIC Six Sigma in packaging of liquor in Fanal," *Tecnología en Marcha*, vol. 27, no. 3, pp. 88-106, 2014.
- [31] D. A. Egas Argoti, "DISMINUCIÓN DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS MAQUINAS GENERADORAS EN LA PLANTA PROQUINAL," 2017. [Online]. Available: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6494/1/EgasArgotiDanielAlejandro2017.pdf>. [Accessed 19 mayo 2019].
- [32] V. Gupta, M. L. Meena and G. S. Dangayach, "Six-sigma application in tire-manufacturing company: a case study," *Springer*, vol. 14, pp. 511-520, 2017.
- [33] C. Ayala Rubio, MAPEO DE LA CADENA DE VALOR (VSM) COMO ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE COSTOS CASO SPRINGS WINDOW FASHIONS DE VICTORIA, Victoria, 2016.
- [34] J. C. Loja Guarango, Propuesta de un sistema de gestión de inventarios para la empresa FEMARPE, Ecuador, 2015.
- [35] X. Pellegrero Ponsa, "Tesis Apliación de la Metodología DMAIC en la resolución de problema de calidad," Escuela Politécnica Superior, Barcelona, 2015.
- [36] J. Baldemar and R. Abrego, "Reducción y control de costos en empresa de manufactura con Six Sigma," UANL, Mexico, 2015.
- [37] D. Desai, P. Kotadiya, N. Makawana and S. Patel, "Curbing variations in packaging process through Six Sigma way in a large-scale food-processing industry," *Springer*, vol. 11, pp. 119-129, 2014.
- [38] G. Sharma and P. Srinivasa, "A DMAIC approach for process capability improvement an engine crankshaft manufacturing process," *Springer*, pp. 64-76, 2014.
- [39] J. Singh and H. Singh, "Performance Enhancement of Manufacturing Unit Using Six Sigma DMAIC Approach: A Case Study," *Springer*, pp. 563-571, 2014.
- [40] E. V. Gijo and J. Scaria, "Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case

- study of manufacturing company," *Springer*, vol. 71, pp. 717-730, 2013.
- [41] L. M. D. F. Ferreira, C. Silva and C. Mesquita, "Using the Six Sigma DMAIC Methodology to Improve an Internal Logistic Process," *Springer*, pp. 1461-1473, 2013.
- [42] A. Ismail, J. A. Ghani, M. Nizam, B. Deros and C. H. Che Haron, "Application of Lean Six Sigma Tools for Cycle Time Reduction in Manufacturing: Case Study in Biopharmaceutical Industry," *Springer*, vol. 39, pp. 1449-1463, 2013.
- [43] M. Martínez Quezadas, "Reducción de costos asociados a los desperdicios de unproducto perteneciente a una empresa manufacturera," UANL, Mexico, 2013.
- [44] P. Moreno Vazquez and J. Mora Ruiz, "Elementos que Afectan el Nivel de Inventario en Proceso (WIP)," *Conciencia Tecnológica*, no. 43, pp. 36-41, 2012.
- [45] J. G. Arrieta, J. D. Muñoz Dominguez, A. Salcedo Echeverri and S. Sossa Gutiérrez, "Aplicación Lean Manufacturing en la industria colombiana," 3 Agosto 2011. [Online]. Available: [http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/RefereedPapers/PE298\\_Arrieta.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/RefereedPapers/PE298_Arrieta.pdf). [Accessed 24 noviembre 2018].
- [46] A. Varas, "Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas," Universidad de Chile, Chile, 2010.
- [47] W. Peña, "Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology," junio 2009. [Online]. Available: <http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p124.pdf>. [Accessed 18 noviembre 2018].
- [48] P. P. Ballesteros Silva, "ALGUNAS REFLEXIONES PARA APLICAR LA MANUFACTURA ESBELTA," *Revistas UTP*, vol. 1, no. 38, pp. 223-228, 2008.
- [49] S. K. Das and M. Hughes, "Improving Aluminum Can Recycling Rates: A Six Sigma Study in Kentucky," *Springer*, pp. 27-31, 2006.
- [50] J. Tong, F. Tsung and B. Yen, "A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement," *Springer*, vol. 23, pp. 523-531, 2004.
- [51] E. Corona Medina, Análisis, administración y control de inventarios en empresas manufactureras, San Nicolás de los Garza, 2002.
- [52] J. Ramos G., Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio, Monterrey N.L., 2001.
- [53] A. H. Tiedrich, ProClarity Analytics Platform Business Intelligence (BI), Gartner, 2003.