



# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA  
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA  
AMERICAN MECANIC MOTORS E.I.R.L, 2020”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Autores:

Edward Remo Falero Alvino

Gabriel Tafur Mego

Asesor:

Mg. Carlos Pedro Saavedra López

Lima - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este estudio a nuestras familias y a las personas que nos aconsejó siempre a seguir a delante hasta conseguir nuestras metas, a cada uno de ellos muchas gracias por contribuir, estamos muy agradecido por todo su apoyo, consejos y alientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, a nuestro asesor por ayudarnos y motivarnos a terminar nuestro estudio, a la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL que permitió el desarrollo de este proyecto de mejora.

## TABLA DE CONTENIDOS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>DEDICATORIA .....</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>                   | <b>4</b>  |
| <b>INDICE DE TABLAS .....</b>                      | <b>7</b>  |
| <b>INDICE DE FIGURAS .....</b>                     | <b>8</b>  |
| <b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>                  | <b>10</b> |
| <b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>                     | <b>11</b> |
| <b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>               | <b>12</b> |
| <b>1.1 Descripción de la empresa.....</b>          | <b>12</b> |
| <b>1.2. Formulación del Problema .....</b>         | <b>17</b> |
| <b>1.3. Justificación.....</b>                     | <b>18</b> |
| <b>1.4. Objetivos.....</b>                         | <b>20</b> |
| <b>1.4.1 Objetivo General .....</b>                | <b>20</b> |
| <b>1.4.2. Objetivos Específicos.....</b>           | <b>20</b> |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>             | <b>21</b> |
| <b>2.1. Antecedentes de la investigación .....</b> | <b>21</b> |
| <b>2.1.1. Antecedentes Internacionales .....</b>   | <b>21</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.1.2 Antecedentes Nacionales.....                         | 22        |
| 2.2. Marco Conceptual .....                                | 24        |
| 2.2.1. Six Sigma.....                                      | 24        |
| <b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>   | <b>34</b> |
| <b>3.1. Introducción .....</b>                             | <b>34</b> |
| 3.2. El proceso productivo de la empresa .....             | 34        |
| <b>3.4 Diagnóstico de los procesos de la planta.....</b>   | <b>39</b> |
| 3.4.1. Análisis de la situación problemática.....          | 39        |
| 3.4.2. Definición de las necesidades de los clientes.....  | 41        |
| 3.4.3 Identificación de los procesos claves .....          | 41        |
| 3.4.4. Estrategias de solución .....                       | 42        |
| <b>3.5 ETAPAS DE APLICACIÓN DEL MÉTODO SIX SIGMA .....</b> | <b>43</b> |
| 3.5.1. Desarrollo de la fase DEFINIR .....                 | 43        |
| 3.5.2 Desarrollo de la fase MEDIR.....                     | 46        |
| 3.5.3 Desarrollo de la fase ANALIZAR .....                 | 48        |
| 3.5.4. Desarrollo de la fase MEJORAR .....                 | 55        |
| 3.5.5 Desarrollo de la fase CONTROLAR .....                | 66        |
| <b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>                        | <b>73</b> |
| <b>Resultado general.....</b>                              | <b>76</b> |
| <b>Resultado específico 3: .....</b>                       | <b>78</b> |
| <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>    | <b>79</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                                  | <b>79</b> |

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>RECOMENDACIONES .....</b> | <b>81</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>      | <b>82</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>           | <b>85</b> |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Implementación de la filosofía Six Sigma a la empresa<br>metalmecánica. ....  | 45 |
| Tabla 2. el diagrama 5W/1H .....   | 48 |
| Tabla 3. Criterios y cuantificación de las fallas en producción.....   | 50 |
| Tabla 4. Matriz de determinación de la jerarquía en criticidad en las<br>operaciones de producción de la planta en estudio. .... | 51 |
| Tabla 5. Jerarquía de procesos críticos.....   | 51 |
| Tabla 6. Tabulación de los problemas que influyen en la baja productividad.  | 55 |
| Tabla 7. Proceso de planificación de la producción.....  | 63 |
| Tabla 8. Temas desarrollados en la capacitación del personal. ....   | 65 |
| Tabla 9. base de datos del valor medido de la productividad antes de la<br>implementación .....                                  | 73 |
| Tabla 10. base de datos de sobrecosto antes de la implementación .....   | 74 |
| Tabla 11. base de datos de materiales defectuosos antes de la implementación<br>.....  | 75 |
| Tabla 12. base de datos del valor medido de la productividad después de la<br>implementación .....                               | 76 |
| Tabla 13. base de datos de ahorro por trabajo realizado después de la<br>implementación .....                                    | 77 |
| Tabla 14. base de datos de materiales defectuosos despues de la<br>implementación .....  | 78 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Organigrama de la Empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL .....  | 13 |
| Figura 2. Vigas conformadas .....   | 14 |
| Figura 3. Columnas.....   | 14 |
| Figura 4. Naves industriales .....  | 15 |
| Figura 5. Etapas del Six Sigma .....  | 27 |
| Figura 6. Formula de la productividad. ....   | 29 |
| Figura 7. Proceso de armado. ....   | 37 |
| Figura 8. Proceso de soldadura. ....  | 38 |
| Figura 9. Proceso de pintura. ....  | 39 |
| Figura 10. Diagrama de Ishikawa .....   | 40 |
| Figura 11. <i>Diagrama del proceso productivo</i> .....   | 45 |
| Figura 12. Diagrama de Ishikawa para el proceso de soldadura. ....  | 52 |
| Figura 13. Diagrama de Ishikawa para el proceso de habilitado de materiales..                                 | 53 |
| Figura 14. Diagrama de Ishikawa para el proceso de armado. ....   | 53 |
| Figura 15. Diagrama de Ishikawa para el proceso de recubrimiento.....   | 54 |
| Figura 16. Distribución de planta antes de implementar Six Sigma.....   | 57 |
| <i>Figura 17. Distribución de planta con metodología Six Sigma</i> .....                                      | 58 |
| <i>Figura 18. Planta con mejor distribución.</i> .....  | 59 |
| Figura 19. Estructuras con mejor calidad de soldadura. ....   | 60 |
| <u>Figura 20. Formato de Instructivo de aplicación de procedimientos etapa Habilitado de materiales</u> ..... | 62 |
| <i>Figura 21. Capacitación al personal sobre la metodología.</i> .....  | 66 |
| Figura 22. Formato de Instructivo de aplicación de procedimientos de pintura.                                 | 69 |

*Figura 23.* Programación de actividades vs periodo de aplicación ..... 72

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 1. productividad del proceso ..... | 29 |
| Ecuación 2. Eficiencia del proceso .....    | 30 |
| Ecuación 3. Eficacia del proceso .....      | 30 |

## RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo de modalidad suficiencia profesional. La cual se realizó la implementación de la metodología six sigma para mejorar la productividad de la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, se implementó planeamiento de trabajo y formatos y registro de control de procesos en la fabricación, como también se distribuyó de una forma adecuada las áreas de trabajo respetando el flujo de producción y se brindó capacitación a los trabajadores tanto para mejorar la productividad como la calidad de las estructuras. Esto nos permitió incrementar la calidad y reducir el tiempo de entrega de los trabajos y reducir costos con el reproceso, la metodología Six Sigma, que incide favorablemente en la productividad de la organización. Inicialmente se observó que las áreas de trabajos requerían de un plan de trabajo, ya que no se habían estandarizados los procedimientos, ni se había implementados control y registro de los trabajos y ausencia de capacitaciones para realizar los trabajos de manera correcta; esto originaba reprocesos y baja calidad en la fabricación de estructuras, también se le sumaba incumplimientos y retrasos. Para lo cual, se usó técnicas y herramientas de mejora (Diagrama de Ishikawa, tabulación de problemas), la cual nos permitieron poder identificar las causas el origen de los problemas que afectaban la baja productividad en la empresa. El plan de mejora del proceso que se implanto en la organización incluyó el desarrollo de la metodología, Asimismo, una vez implementada el Six Sigma, se disolvió el equipo que formo parte de este proyecto que tuvo como objetivo principal mejorar la productividad de la empresa.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción de la empresa

AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL fundada el 1996, es una empresa metal mecánica que se dedica a la fabricación de naves industriales y estructuras metálicas livianas, pesadas, la empresa se ubica en Jr Rio Majes Mza. H Lote. 01 Co. Mrcal. Luzuriaga, San Juan de Lurigancho. AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL presta sus servicios a sus clientes del sector Minero, Construcción, Industria y comercio, ofreciéndoles un buen servicio.

#### **Visión**

Alcanzar en los próximos 5 años ser uno de los principales fabricantes de estructuras metálicas en el rubro de la metalmecánica, ofreciendo productos de calidad.

#### **Misión**

“Brindar los mejores y más confiables servicios de fabricación de construcciones metálicas para todos nuestros clientes, centrando nuestro liderazgo en la calidad de atención, la innovación, la excelencia operativa y el cumplimiento de los compromisos adquiridos con todos los grupos de interés”.

#### **Los valores de la empresa**

Los valores de la empresa están conformados por: Solidaridad, Respeto, honestidad, liderazgo, Compromiso, Lealtad.

### Organigrama de AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL

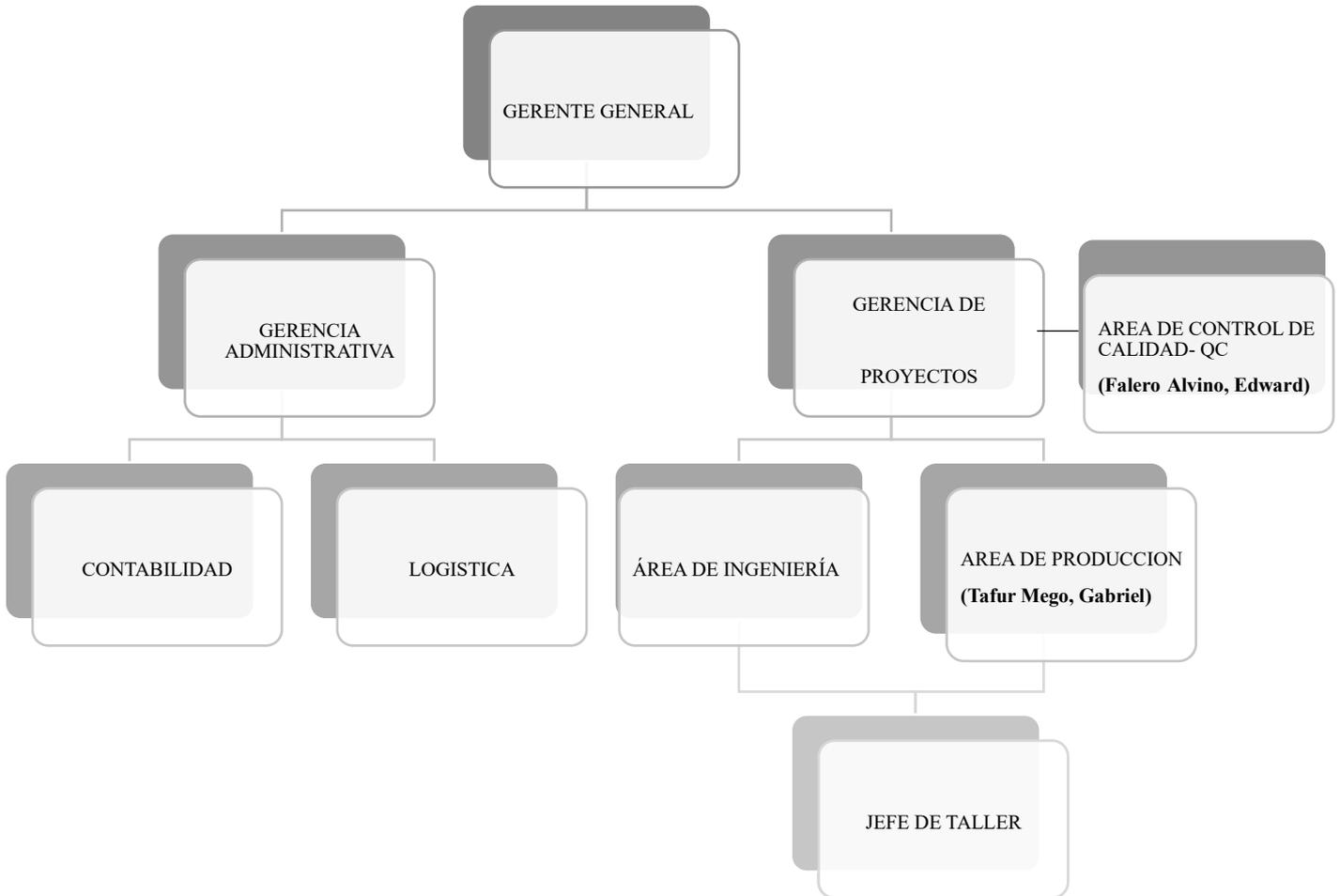
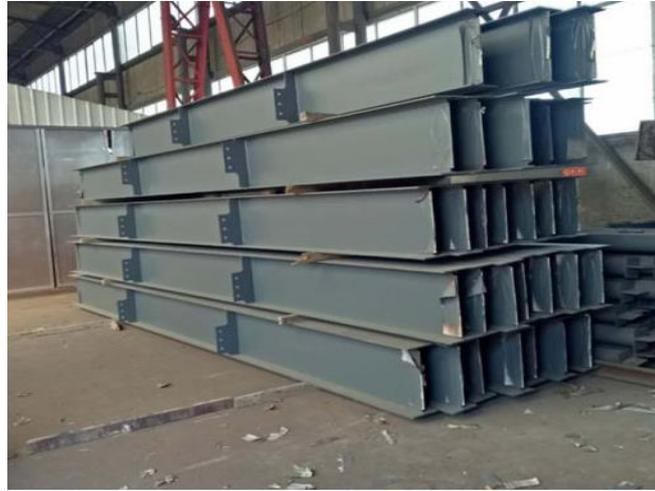


Figura 1. Organigrama de la Empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL

La empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, actualmente realiza servicios y productos como:

**Servicios:** Servicios de mecanizado, soldadura, rectificado y granallado.

**Productos:** fabricación de estructuras metálicas, vigas, columnas y naves industriales.



*Figura 2. Vigas conformadas*



*Figura 3. Columnas*



*Figura 4. Naves industriales*

### **El problema.**

Se le realizó una evaluación en la producción de la planta, se ha evidenciado que algunos de los factores que impiden o influyen la mejora en el proceso de fabricación de las estructuras metálicas e incide en la baja productividad de la empresa, son los siguientes elementos:

No existe un control y seguimiento sistemático a las órdenes de trabajo, no tienen definido un flujo de producción, no hay un control en cada área de trabajo: En la recepción de materiales es deficiente el control que se realiza, igual sucede en el área de habilitado de material, se presentan problemas de dimensionado, además el área de habilitado no cuenta con una movilidad exclusiva para el traslado los materiales siendo que la mesa de corte computarizada de corte que se encuentra distante del área., perdiéndose mucho tiempo.

Los trabajadores en gran parte de ellos no califican y no son capacitados, presentan problemas en la lectura de planos de fabricación.

En el área de soldadura son muy frecuentes las observaciones en los cordones de soldadura y las reparaciones retrasan el proceso de producción.

A todo ello se suma la falta de coordinación en la entrega de los suministros, equipos fuera de funcionamiento en el área de trabajo, fallas en los procesos de producción, esto ocasiona incumplimiento en la entrega de la producción, lo que hace que los costos en la producción sean elevados por lo que la empresa requiere un estudio para aumentar su productividad.

En términos generales se puede decir que la productividad de la empresa requiere de un plan de mejoras a la producción consistente en una buena gestión de calidad, implementando la metodología Six Sigma a la organización.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿En qué medida influirá la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de la empresa **AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020?**

### **1.2.2 Problemas específicos**

#### **1.2.2.1 Problemas específicos 1**

¿En qué medida influirá la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar el control y seguimiento sistemático a las órdenes de trabajo en el proceso de fabricación de la empresa **AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020?**

#### **1.2.2.2 Problemas específicos 2**

¿En qué medida influirá la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar el flujo de producción, en cada área de trabajo en el proceso de fabricación de la empresa **AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020?**

#### **1.2.2.3 Problemas específicos 3**

¿En qué medida influirá la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar la recepción y control de materiales en el proceso de fabricación de la empresa **AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020?**

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Justificación teórica**

Respecto a la justificación teórica, la Ingeniería Industrial cumple un papel importante para la elaboración de proyectos donde se aprecian todos los análisis, control y estandarizaciones, por lo que es importante para la gestión de mejora continua. Por lo tanto, se toma en cuenta teorías relacionada a las mejoras de procesos y la aplicación de herramientas de gestión de la calidad, con la finalidad de aumentar la productividad de la empresa metal mecánica, la cual permitirá obtener mayor eficiencia y optimizar los recursos. De esta manera se considera modelos teóricos en la elaboración de la investigación tales como:

- herramientas de la Ingeniería de Métodos la cual estandarizara los tiempos y obtener procesos y resultados con mayor eficiencia.
- Se realizará estrategias de mejora, la cual nos permitirá reducir los espacios de la planta, y optimizar los recorridos excesivos que hay en la actualidad en la empresa

### **1.3.2. Justificación practica**

El presente proyecto permitirá mejoras en la empresa **AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL** con el objetivo de mejorar la productividad, disminuyendo los niveles de desperdicio de materiales y tiempo, permite eliminar fallas o errores en el proceso. Además de proporcionar a la empresa herramientas de documentación que no posee en la actualidad, asimismo, se capacitara al personal mejorando la calidad de los trabajos en cada área de trabajo. De esta manera mejorara la productividad a través de la calidad y optimización del tiempo en el proceso.

### **1.3.3. Justificación económica**

Respecto a la justificación económica, se puede afirmar que este estudio ofrece a la empresa nuevas oportunidades para propiciar u aplicar la filosofía de mejora continua con miras a incrementar su producción a través del mejoramiento de los procesos, eficiencia de la mano de obra, optimización del uso de la maquinaria, reducción de costos de materia prima, lo cual permitirá a la empresa obtener mayores ganancias, creando un ambiente adecuado para satisfacer las exigencias de los clientes, logrando destacar en el mercado competitivo.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Implementar la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

#### **1.4.2.1 objetivo específico 1**

Implementar la metodología **Six Sigma** para mejorar el control y seguimiento sistemático a las órdenes de trabajo en el proceso de fabricación de la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020

#### **1.4.2.2 objetivo específico 2**

Implementar la metodología Six Sigma para mejorar el flujo de producción, en cada área de trabajo en el proceso de fabricación de la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020

#### **1.4.2.3 objetivo específico 3**

Implementar la metodología Six Sigma para mejorar la recepción y control de materiales en el proceso de fabricación de la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, 2020

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ruiz, Renan (2017). En su investigación que tiene como objetivo la reducción total del tiempo durante el reproceso, ya que se necesita acortar los tiempos en los sub procesos y diferentes actividades que se elaboran, mediante la metodología Six Sigma, la cual realiza mediciones con la ayuda de herramientas estadísticas en las actividades en la cual se debe poner mayor importancia durante los procesos, con la finalidad de reducir los errores según la metodología Six Sigma, ya que es un proceso de una mejora progresiva, donde se llega a minimizar los errores así como lo exige el Six Sigma. aportando rentabilidad para permitir optimizar tiempos en el proceso, ahorro económico y aumento de ingresos.

Suárez, Daiana y Puerto, Oisleydis (2017). El objetivo de este estudio es indagar, identificar y minimizar y/o eliminar defectos así también como errores en los procesos de la cadena de suministro inversa, para reducir costos y así mejorar en calidad y satisfacción de los clientes. Una vez que se implementó la metodología se llega a aumentar un grado de sigma de 2 a 3 que es el 7% de producto de no conformidad, esto permitió de manera positiva minimizar los defectos en los residuos de un 62959.94 USD a 20913.26 USD. Demostrando que es importante la implementación de la metodología Seis Sigma trae consecuencias favorables, así como lo económico y el cuidado del medio ambiente, así como es el caso de esta investigación.

Garcés, Luis (2016), La finalidad de este estudio es otorgar mediante sus servicios y productos de calidad ya que así lo exige los clientes, analizar y evaluar el flujo en el proceso de montaje de matrices, identificando los problemas que se presentan respecto al montaje de una matriz, utilizando la metodología DMAIC para reducir los tiempos innecesarios, así optimizar los procesos a través de métodos. Cuyo aporte en este estudio le facilito mejorar el desempeño y la productividad acortando el tiempo producido por los retrasos respecto a la entrega frente a otras empresas, esto favorece a la empresa ya que lo hace competitiva ante la competencia.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Uchima, Cristhian (2017). En este estudio que presenta el problema de falta de metodologías que mejore la eficiencia del proceso desde la recepción hasta lo que es el despacho y la cual lleva como objetivo mediante la aplicación de herramientas de gestión para aumentar la eficiencia en la producción de productos secos(castañas). con la implementación se determinó que hay cierta relación en cuanto al porcentaje de humedad y el porcentaje de aprovechamiento, el 80% avala esta vinculación, ya que esta afecta directamente la rentabilidad de la empresa, además que se necesita un control de suma importancia en la transformación de recepción de castaña, se debe priorizar en cuanto a las muestras de porcentaje de humedad sobre los lotes, ya que no se encuentran bajo los límites de control.

Arce, Findley (2017). En la presente investigación que tiene como finalidad demostrar el impacto de Seis Sigma y el aumento de la productividad en la empresa. Utilizando análisis estadístico determinara el incremento en la producción total mediante la manufactura esbelta en dicha empresa, este estudio se desarrolló de tipo aplicativo y de enfoque cuantitativo. Los indicadores determinan: 36% en productividad total, recursos humanos en 206%, energía a un 81% y materia prima 2%, este estudio se demuestra que la metodología Six Sigma aumenta la productividad, por lo tanto, en esta investigación se determinó que se logró mejorar en un 36%.

Alzamora, Mayra y La Torre, Mishelle (2016). En esta investigación que tiene como objetivo mejorar el proceso de envasado de GLP aplicando la metodología del Six Sigma el producto en peso mejorara su calidad. Respecto a la metodología de la investigación fue de tipo aplicada. Este estudio concluyó medir el efecto de la propuesta de mejora continua en el proceso de envasado de GLP de la empresa empleando la metodología Six Sigma, ya que permitió aumentar la calidad del producto. Asimismo, se demostró un gran ahorro económico en la línea de envasado.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Six Sigma**

#### **2.2.1.1 Definición**

Navarro, Gisbert y Pérez (2017). Los autores definen en su artículo que la metodología Six Sigma es rigurosa basada en datos reales para así eliminar defectos en un proceso. Es una mejora de procesos, una manera eficaz de realizar un trabajo y actividades. Es una forma de cuantificar el desarrollo de un proceso en relación con sus productos o servicios, según las especificaciones determinadas. Un trabajo eficiente quiere decir una mejora continua de productos y procesos, apoyada con el uso correcto de herramientas industriales.

Sejzer, Raúl (2016). Define el Six Sigma como una metodología que mide y mejora la calidad. que tiene la finalidad de mejora de negocios que identifica y elimina las causas de los errores y defectos en el ciclo de servicios y producción al enfocarse en los resultados que es muy importante y exigido por los clientes y un incremento de ingreso económico para la empresa. Además, el Six Sigma hablando en términos estadísticos se refiere a 3.4 o menos defectos o errores por millón de oportunidades.

### 2.2.1.2 Historia

Navarro, Gisbert y Pérez (2017). la metodología del Seis Sigma es una filosofía que hizo su aparición en los años ochenta como la necesidad de crear estrategias de mercado y mejorar la calidad en la organización Motorola, gracias al ingeniero Mikel Harry. Se focalizo como meta considerable en la empresa; el análisis y la evaluación de cierta variación que existía durante el proceso de la empresa, de forma que se ajustase más a la realidad, y logrando mejorar su productividad y competitividad.

### 2.2.1.3 Ventajas del Six Sigma

Julia Máxima Uriarte. (2019) La implementación de la metodología Six Sigma genera una situación de ganar-ganar, ya que proporciona estrategias y a la vez hay un mejor ambiente respecto al flujo y elimina los desperdicios, dicho esto se mencionará las ventajas de la metodología:

- ❖ **Eliminación del desperdicio:** cuando hablamos de desperdicios los encontramos en todas partes y todos los sectores y ocasionan complicaciones en los procesos, y esto genera retrasos en los trabajos perjudica todo el sistema.

- ❖ **Una mejor calidad:** Se comprende que Six Sigma es un método que a través de ello se logra una mejor calidad. se logra resultados constantes del ciclo y minimiza variaciones y defectos del proceso, se obtendrá productos y servicios de mejor calidad.
  
- ❖ **Identifica la causa raíz:** Análisis de causa raíz o Root Cause Analysis, es una técnica que forma parte de Six Sigma, la cual analiza a profundidad el problema para determinar su causa. Una vez que se conoce la causa raíz, nos permite seguir los pasos adecuado para lograr la solución.
  
- ❖ **La Satisfacción del cliente:** Six Sigma cuenta con VOC, Voice of the Customer, es una herramienta que permite a encontrar las necesidades y deseos de los clientes. Y así la organización logre cumplir las expectativas y otorgue mayor satisfacción en los clientes.
  
- ❖ **La mejora del proceso:** Six Sigma nos permite mejorar los procesos en una organización a través del método DMAIC, esta se puede aplicar a cualquier tipo de industria. Varias industrias aplican el Six Sigma, en gran mayoría han logrado un buen éxito.

#### 2.2.1.4. Etapas del Six Sigma

Sejzer, Raúl (2016). Comenta que las fases de Six Sigma también se conoce como DMAIC que es la aplicación, está conformado por cinco fases: 1) Definir, 2) Medir, 3) Analizar, 4) Mejorar y 5) Controlar.

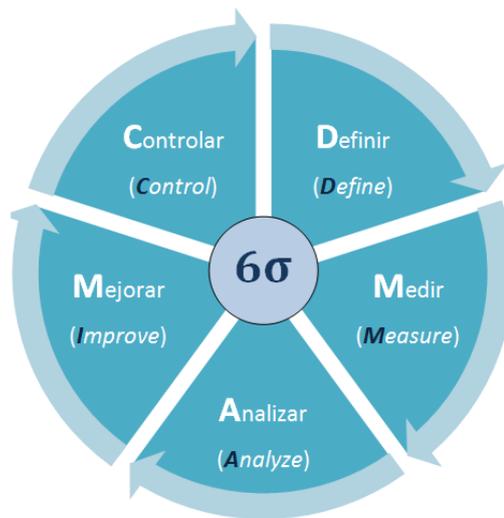


Figura 5. Etapas del Six Sigma (Fuente internet)

##### 1. **Define** (Definir):

En la primera etapa es definir cuál es el problema. En este proceso se logra identificar los posibles proyectos del Six Sigma, ya que tiene que ser considerados por la organización para prevenir un inadecuado uso de los recursos. Esto ocurre una vez de a ver sido elegido el proyecto, se selecciona al equipo de trabajo más preparado para llevarlo a cabo.

## **2. Medir**

La etapa de medición se refiere a la descripción del proceso evaluando e identificando las necesidades claves de los clientes, las propiedades críticas del producto (o variables del resultado) y los parámetros que influyen al desempeño del proceso y a las variables o características clave. desde esta caracterización se establece las medidas y también se mide la suficiencia del desarrollo del proceso.

## **3. Analizar**

En esta etapa una vez obtenida la información se tiene que identificar la causa raíz del producto o servicio no es conforme, entender por qué y cómo se producen los problemas profundizando hasta lograr llegar a las causas más críticas certificado a través de los datos.

## **4. Mejorar**

En esta cuarta etapa consiste en agregar mejoras, desarrollar, comprobar e implementar las soluciones a las causas raíz. utilizando datos que permite evaluar los resultados. En este proceso se realiza la implementación de las mejoras a la organización para optimizar el producto o servicio.

## **5. Controlar**

En esta etapa de control, se basa en diseñar como también documentar las verificaciones que sea necesarias para garantizar lo logrado mediante la metodología Six Sigma sea permanente una vez implementado las mejoras o

cambios en el proceso de la organización. Ya una vez logrado los objetivos y así finaliza la misión.

### 2.2.2. Productividad

Sevilla, Andrés. (2016). Define la productividad como la medida económica que deduce la cantidad de bienes y servicios que se produce por cada factor que se utilizó (tiempo, trabajador, capital, etc.) durante un periodo definido, ya que al aumentar la productividad es alcanzar mejores resultados tomando en cuenta que menos recursos utilicemos para producir la misma cantidad. Por lo tanto, mayor será la productividad y los ingresos económicos a la organización.

*Ecuación 1. productividad del proceso*

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{Producción}}{\text{Recursos utilizados}}$$

*Figura 6. Formula de la productividad. Sevilla, Andrés. (2016).*

#### 2.2.2.1 Importancia de la productividad

Sevilla, Andrés. (2016). Respecto a la importancia de la productividad es considerable ya que permite acrecentar en cuanto a la calidad de vida de la sociedad, generando mejores salarios y rentabilidad de las obras como también en proyectos, y además produce un aumento en las inversiones y puestos de trabajo.

*Ecuación 2. Eficiencia del proceso*

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Esperada}}$$

*Ecuación 3. Eficacia del proceso*

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Resultados obtenidos}}{\text{Acciones realizadas}}$$

#### 2.2.2.2 Tipos de productividad

Respecto a los tipos de productividad se toma en cuenta los factores, se clasifican de la siguiente manera:

- ❖ **Productividad total de los factores:** Es cuando se vinculan la producción obtenida con la suma total de factores que intervinieron en la producción. Hablamos de los siguientes factores que es la tierra, el capital y el trabajo.
- ❖ **Productividad laboral:** Es cuando se relaciona cierta cantidad de trabajo realizado con la producción obtenida.
- ❖ **Productividad marginal:** Se refiere a lo adicional de una producción que se logra con la unidad adicional que es de un factor en la producción, conservando lo demás constantes. Es aquí donde se habla de la ley de rendimientos decrecientes, al agregar mayores unidades en un factor de la

producción, sin alterar el resto, la cual otorgara menores aumentos en producción por unidad.

### 2.2.2.3 Factores que afectan en la productividad

Respecto a los factores que influyen en la productividad de una organización, a continuación, se mencionara los factores principales:

- ❖ **El capital invertido en la industria (K):** Se habla de cierta suma de capital esto es un factor muy importante en la productividad.
- ❖ **Calidad y disposición de los recursos naturales; tierra (T):** Es cuando un país o empresa posee o se ubica próximo a los recursos naturales entonces tendrá una mayor productividad. Tomando en cuenta el valor de dichos recursos, ya que no tendrá que pagar por ellos ni movilizarlos desde lejos. A este factor se le conoce como factor tierra (T).
- ❖ **La calidad y cantidad de los recursos humanos; trabajo o labor (L):** Habla de la cantidad de empleados de la organización e industria, y el nivel que posee en experiencia como también en educación.
- ❖ **Nivel tecnológico (A):** Se refiere que cuanto es más el conocimiento y el nivel tecnológico se obtendrá mayor productividad.

- ❖ **Entorno macroeconómico:** La parte económica influye en la demanda de los servicios y productos, así como en la necesidad de innovar y optimizar la eficiencia. Esto tendrá un impacto indirecto en la organización.
  
- ❖ **Entorno microeconómico:** Este tiene impacto directo respecto a su capacidad de servir su servicio o producto al cliente.

#### 2.2.2.4 Glosario de términos básicos

**DMAIC.** Es un instrumento metodológico enfocado en mejorar de manera progresiva de los procesos. Las siglas se refieren a los pasos del método: 1) definir, 2) medir, 3) analizar, 4) mejorar y 5) controlar.

**Calidad.** Son propiedades propias de un objeto la cual permite valorarla y caracterizarla a diferencia del resto de su categoría.

**Mejora continua.** Es una actividad que consiste en evaluar y controlar los procesos que se realizan en una empresa y administración, con el objetivo de reducir los errores de manera constante.

**Metodología.** Es un conjunto de procedimientos ecuanime empleados para lograr objetivos de una investigación o actividades que necesiten habilidades,

frecuentemente la metodología se define como el estudio de un método que es aplicable a un indicado objeto.

**Productividad.** Se define como la relación que existe respecto a los recursos o materia prima utilizada y los números de productos que se obtuvo de una determinada producción.

**Análisis de causa raíz.** Se refiere al proceso que determina la causa de ciertos problemas para luego descubrir las soluciones más adecuada y conveniente.

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Introducción

El trabajo de suficiencia profesional se desarrolló a la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL., para mejorar su productividad, con la finalidad de mejorar la producción y calidad de los productos y servicios de la organización. Pero sucede que la empresa en sus inicios no contaba con planeamiento y control en sus procesos ya que presentaba fallas en su producción, la cual generaba retraso en la producción, el sobre costo que significa el reproceso de desperfectos. Por tal motivo en el año 2018 con la incorporación de los ingenieros industriales nace el interés de los profesionales para implementar la metodología Six Sigma para mejorar la productividad de la empresa.

Gracias a los conocimientos adquiridos por parte de los profesionales durante el proceso de formación académica, se pudo lograr implementar la metodología Six Sigma. Y así mejorar la productividad y calidad de la empresa.

### 3.2. El proceso productivo de la empresa

#### 3.2.1. Áreas de producción de la empresa metal mecánica

- **Almacén:** Es la sección encargada de la recepción de materiales e insumos para la fabricación de los productos que se producen en la planta.
- **Maestranza.** Es el área donde se habilita el material para los componentes, accesorios para la fabricación de las estructuras metálicas.

- **Área de Armado.** Es el área donde se ensamblan los componentes de las estructuras parciales de las estructuras y se apuntalan con un punto de soldadura para su posterior soldado.
- **Área de Soldadura.** Es el área donde sueldan los componentes de la estructura previamente presentados por el área de armado.
- **Área de Limpieza Mecánica.** Encargado de esmerilar y escobillar los componentes estructurales quitándoles las salpicaduras de soldadura, rebabas y los cantos vivos de las estructuras metálicas en pleno proceso de fabricación.
- **Área de Granallado.** Es el área encargada de la limpieza de las superficies de la estructura metálica, mediante el disparo a presión de partículas abrasivas sobre las superficies de la estructura que seguidamente serán pintadas.
- **Área de Recubrimiento.** Es el área donde se preparan y pintan las estructuras, primero con pintura base y luego aplicación de pintura de acabado. El componente es pintado con pintura base y luego acabado.

### 3.3. Proceso de fabricación de las estructuras desarrollado en la empresa

- **Recepción de materiales -.** Esta actividad se realiza en el almacén, por el encargado de almacén, verifica que las características de los materiales que llegan al almacén cumplan con las especificaciones solicitadas a la empresa proveedora; se asegura que los insumos y materiales que ha sido adquirido

por la organización cumplan con las características solicitadas y estén en un buen estado, para posteriormente entregar los materiales al taller para luego iniciar la fabricación de las estructuras.

- **Proceso de habilitado.** – en el proceso de habilitado se realizan los trazos y formas de los elementos en las planchas como también en los perfiles, para luego pasar a cortar por medio del plasma. Asimismo, se perforan los agujeros como lo indica el plano de fabricación.
- **Armado-.** En el proceso de armado; se realiza a colocar las piezas para lo que sería la estructura (columnas, vigas y tijerales) o partes de las estructuras metálicas, para posteriormente apuntalarlo con la ayuda de la soldadura; este proceso se le conoce como “presentación de la estructura”; para luego marcar los códigos de los componentes para poder identificar, para luego pasen al proceso de soldadura.



*Figura 7. Proceso de armado.*

- **Proceso de soldadura.** En este proceso se realizan las uniones de los componentes que conforman la estructura las cuales previamente fueron apuntalada y presentada.

La soldadura consiste en preparar la superficie a soldar, aplicándole la soldadura de penetración y posteriormente la soldadura de acabado.

El soldador preparará la máquina y selecciona el tipo de cordón y la posición de soldadura dependiendo el trabajo a realizar.

Para soldar se usa el electrodo revestido, alambre tubular, proceso semiautomático.



*Figura 8. Proceso de soldadura.*

- **Proceso de limpieza mecánica.** En el presente proceso se esmerila las salpicaduras y pepas de la soldadura, corregir imperfecciones de soldadura, para luego la estructura pase al siguiente proceso.
- **Proceso de granallado.** Este proceso se realiza la limpieza sobre la superficie de la estructura, por medio del disparo a cierta presión de partículas abrasivas aplicada a las estructuras dejándolas en metal blanco para posteriormente pasen al recubrimiento.
- **Proceso de recubrimiento (pintura).** Este proceso se inicia limpiando con guaípe para posteriormente aplicar pintura base y, luego después del secado aplicarle la pintura de acabado.



*Figura 9.* Proceso de pintura.

### **3.4 Diagnóstico de los procesos de la planta**

#### **3.4.1. Análisis de la situación problemática**

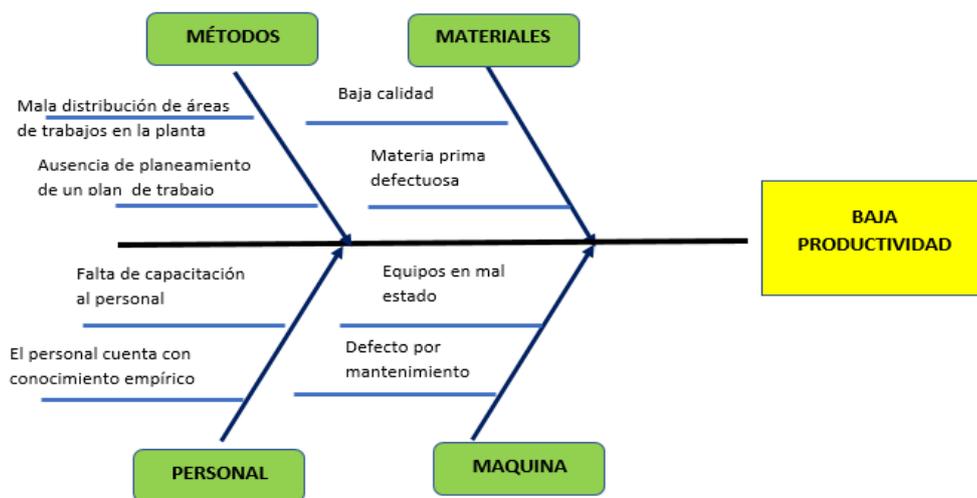
Para empezar a analizar las deficiencias que se presentan en el proceso productivo, empezaremos señalando que no existe control para la recepción del material y el subsecuente habilitado para la fabricación de las piezas; No se cuenta con un medio de transporte para trasladar las planchas a la máquina computarizada de corte, tomando esta tarea entre 2 a 3 horas cortar las planchas y habilitar los componentes de la orden de trabajo.

Una vez habilitado el material, la siguiente estación es el área de armado, en esta área el problema es los errores continuos es usual, de parte de los operarios armadores de los componentes de la estructura (vigas, columnas etc.) equivocan en los trazos y tienen deficiencia para leer e interpretar los planos de fabricación, en ocasiones los retrocesos consumen de 2 horas y a veces el doble para levantar las observaciones dimensionales.

La siguiente estación de trabajo es el área de soldadura. Una vez armada la estructura, en la presente área el problema se presenta es en el proceso de la soldadura en sí, con muchas deficiencias, retrasándose el proceso de producción.

Le sigue el área de limpieza mecánica, el problema en esta área son las pocas herramientas de limpieza con que cuenta, deficiencia en número de equipos de limpieza, hablamos de limpiar la salpicadura de soldadura, pepas de soldadura, golpes de arco, filos y rebabas de planchas cortadas y esmerilado a las perforaciones y por efecto esto también retrasa la producción.

Una vez superados estos **problemas** la siguiente parada es el área de pintura. Allí el problema es la capacitación de los pintores.



*Figura 10.* Diagrama de Ishikawa

Nota: Elaboración propia (2021).

Bueno para empezar se realizó una reunión con el gerente y los encargados de áreas para identificar los posibles problemas. Con la ayuda del diagrama Ishikawa se evidencio las causas de la baja productividad, la cual nos permitirá tomar las mejores decisiones.

### **3.4.2. Definición de las necesidades de los clientes**

La necesidad del cliente, es el de contar con unas estructuras que sean de buena calidad, que sean de una buena fabricación y lo menos defectuosas posibles; desean que cumplan las normas y diseños según la geografía del lugar donde se va a llevar a cabo el proyecto, el cliente precisa la entrega de sus pedidos a corto plazo, que se produzca en el menor tiempo del que ofrecen las demás empresas y, también que sean fabricados con equipos de última generación, con el personal calificado, con experiencia en el rubro, para así tener las garantías del caso y, también en lo que se refiere a lo económico, que sea lo más económico posible.

### **3.4.3 Identificación de los procesos claves**

Los procesos claves lo constituyen: el proceso de armado y centrado de las planchas base, para colocarles componentes principales que pueden ser vigas y columnas; el operario tiene que hacer su trazo y luego centrar bien sus planchas y accesorios, luego el supervisor de producción y el de control de calidad, quienes dan el visto bueno para luego enviarlos al siguiente proceso (al área de soldadura).

El proceso de soldadura es muy importante, ya que, si no se tiene un buen cordón de soldadura, esto va a perjudicar el proyecto; el cateto del cordón de soldadura debe concordar con el cateto que manda el diseño de fabricación; el soldador tiene que soldar con una precisión de ni una medida más ni una unidad menos, luego el supervisor le va a dar el visto bueno.

#### **3.4.4. Estrategias de solución**

El proceso productivo de la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL mejorará significativamente implementando el método de Six Sigmas, ordenándose el área de trabajo, capacitando al personal mediante cursos y charlas, para de esa manera mejorar la producción y tener un mejor producto con alta calidad en menos tiempo.

La mejora para optimizar la producción debe contemplar la compra de nuevos equipos de fabricación y elaborar un plan de mantenimiento preventivo, aplicar un seguimiento detallado a cada proceso, así reduciremos los tiempos muertos y cumplir con los tiempos de entrega, conseguir un producto de mejor calidad y de esa forma hacernos más competitivos en el mercado para continuar creciendo como empresa

### **3.5 ETAPAS DE APLICACIÓN DEL MÉTODO SIX SIGMA**

#### **3.5.1. Desarrollo de la fase DEFINIR**

##### **3.5.1.1 Descripción e identificación del problema**

El propósito de esta fase es identificar los problemas a resolver que se presentan, construyendo una estratificación de ellos y, organizándolos jerárquicamente por su afectación a la calidad de la producción que se desarrolla en la planta, así como a servicios que se presta, consideraciones de importancia de atención.

Esta fase permite a la vez encontrar oportunidades de mejora, se basa en la información que el cliente nos puede brindar y su reacción con el impacto que puede causar a la empresa, lo que permitirá la ejecución de los proyectos. Para su consecución se presentan las siguientes etapas: identificar a los clientes en los cuales impacta el proceso de fabricación. Determinar el problema o etapa crítica del proceso productivo, que es importante bajo la perspectiva del cliente.

En la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL el problema que se le presenta es la muy baja producción en su planta, como consecuencia de que no existe un área de trabajo ordenada, le falta capacitación al personal, no hay un flujo de producción continua para optimizar la producción; no hay un seguimiento acucioso a las órdenes de trabajo, no se aplica un control en cada área de trabajo dentro del proceso productivo.

Para empezar, analizar la deficiencia del proceso productivo, la recepción de material y habilitado de material para la fabricación de los elementos. Carece de un control a la hora de habilitar la materia prima. Los materiales vienen defectuosos, no hay un encargado que haga el control de la calidad de los materiales, causando problemas en la fabricación de los elementos y retrasando la producción.

Una vez habilitado, la siguiente parada es el área de armado en esta área el problema es los errores continuos de los operarios armadores de los elementos (vigas, columnas etc.) equivocan en los trazos y la deficiencia a la hora de interpretar los planos de fabricación causando observaciones dimensionales.

La siguiente parada es el área de soldadura ya una vez armado el elemento, el problema en soldadura es la falta de capacitación del soldador, ya que son muy continuos las observaciones en los cordones de soldadura, y por consecuencia esto retrasa el proceso de producción.

Una vez superado estos problemas la siguiente para es el área de pintura. Ahí el problema es la capacitación a los pintores y la falta de nuevo equipos de pintura, ya que contamos con equipos viejos y no dan una buena eficiencia en producción de la pintura.

### 3.5.1.2. El diagrama del proceso productivo de la planta metal mecánica

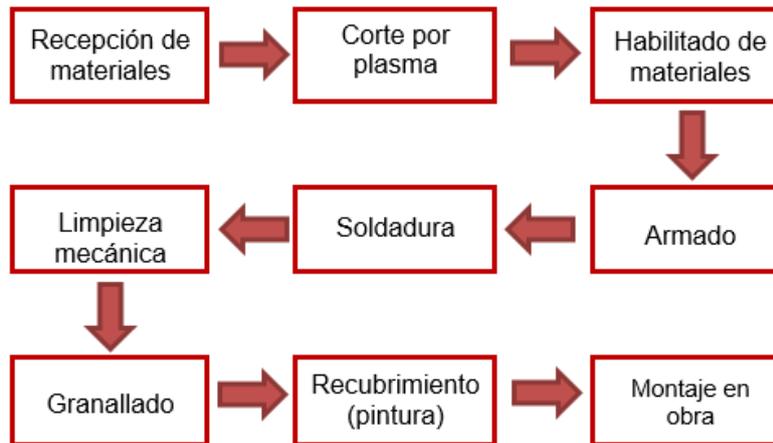


Figura 11. Diagrama del proceso productivo

### 3.5.1.3. Programa de trabajo de la metodología Six Sigma

Tabla 1.

*Implementación de la filosofía Six Sigma a la empresa metalmecánica.*

| <b>Etapa</b>   | <b>Propósito</b>   | <b>Herramientas usadas</b> |
|----------------|--|----------------------------|
| <b>Definir</b> | Se define el proyecto y los objetivos, los miembros del equipo, ahorros procesados y características Críticas a la Calidad (CTQ's) | Diagrama de                |

|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| <b>Medir</b>     | Se estudia el sistema de medición con el cual se monitorearán los métricos definidos. se entiende la naturaleza y propiedades de los datos. Determina si un proceso es estable o predecible. | Diagrama de flujo, Pareto, matriz causa Efecto. R&R (Repetitividad y reproductibilidad), Gráfica de Gantt y Benchmarking<br><br>Diagramas de control. |
| <b>Analizar</b>  | El problema es estudiado estadísticamente.<br><br>Se busca la causa raíz del problema o las variables que están afectando los CTQ's seleccionados  | Estudios de multivariables, Análisis de regresiones. Pruebas de Hipótesis, pruebas de normalidad y AMEF.  |
| <b>Mejorar</b>   | Se define un plan de acción enfocado a atacar las causas raíz y mejorar los indicadores seleccionados.   | Diseño de experimentos y Superficies de respuesta.  |
| <b>Controlar</b> | Se definen mecanismos de control que aseguren que las acciones tomadas en la etapa de mejora no sean descuidadas   | Gráficas de control. Planes de control y Revisión del AMEEF.  |

### 3.5.2 Desarrollo de la fase MEDIR

Es la fase de definición, se identifican los puntos críticos del proceso desde la perspectiva del cliente y del personal que intervienen en el proceso productivo. Se consigue medir la variación que se presenta en la fabricación del mismo tipo de

producto, cuando una característica de éste se presenta fuera del rango de lo que usualmente se produce, o fuera de las especificaciones y, que está afectando al proceso de fabricación. Es una decisión señalar, qué es lo que se necesita medir y, cómo se lo va a medir.

Para efectuar las mediciones se seleccionan aquellas herramientas que proporcionen la información más objetiva y precisa. Este proceso transita por las siguientes etapas:

**3.5.2.1 Seleccionar los puntos críticos del proceso.** crítico desde el punto de vista de la calidad del producto. Algunas de las herramientas apropiadas a las necesidades del proyecto, pueden ser: la Matriz Causa y efecto; el Diagrama de Pareto; el Diagrama de relaciones: el Diagrama de afinidad; la Hoja de verificación; el Mapa de procesos; la Lluvia de ideas; la Estadística Descriptiva; la Distribución Norma, entre otras.

**3.5.2.2. Definir los estándares de desempeño.** Es preciso tener claro todo lo referido a características de desempeño de los procesos. Se debe definir la operación del proceso, para que no se incurra en ambigüedades; se deben definir las metas de desempeño de las características de un producto o proceso. La meta es reducir la variación al máximo; limitar la especificación, es decir, la cantidad de variación que el cliente se encuentre dispuesto a aceptar de un producto o proceso. La especificación se puede determinar internamente por el departamento de Ingeniería, siempre que no afecte al consumidor, sino más bien lo beneficie; se debe validar el

plan de recolección de datos con el objetivo de recolectar datos confiables, que reflejen la realidad de lo que está sucediendo. Puede contribuir a la recolección de datos, **el diagrama 5W/1H**, el cual consiste en contestar las siguientes preguntas:

Tabla 2.

*el diagrama 5W/1H*

| What? | Why?      | Who?    | Where?  | When?    | How?   |
|-------|-----------|---------|---------|----------|--------|
| ¿Qué? | ¿Por qué? | ¿Quién? | ¿Dónde? | ¿Cuándo? | ¿Cómo? |

La medición deberá priorizar los elementos principales (las columnas, vigas) que son la columna vertebral de las grandes estructuras (naves industriales)

El control deberá realizarse desde que se retira el material de almacén, habilitado, antes del armado y durante el proceso. Antes de enviarse a obra realizar un pre-montaje de las estructuras y dar un visto bueno si las dimensiones son las correctas, para dar el visto bueno al envío a obra.

### 3.5.3 Desarrollo de la fase ANALIZAR

#### 3.5.3.1 Análisis de la situación problemática del proceso

El análisis se ha realizado en función de la aplicación de un cuestionario formulado al jefe de producción, al jefe de maestranza, al jefe de armado, al jefe de soldadura y, al jefe de montaje de obra. Estableciéndose el siguiente cuestionario:

• **¿Cómo considera a su parecer el rendimiento productivo de la empresa?**

**R:** El rendimiento actual de la empresa es muy deficiente ya que hay demasiado errores en el proceso de fabricación de las estructuras.

• **¿Cuánto es lo que se produce y que es lo que producen?**

**R:** Lo que se produce son dos vigas por días y una columna (componentes principales), entre un turno de 8 am a 5:30 pm

Fabrican columnas de 12 metros con accesorios y planchas base, vigas “H” con accesorios de 12 metros y 6 metros, elementos secundarios, (el canal en “C “ángulos con perforaciones etc.)

• **¿Se están cumpliendo con las fechas de entregas en los último meses?**

**R:** En cuanto a las fechas de entrega la empresa no cumple con las fechas de entrega, hay retraso de 15 a 20 días o en el peor de los casos hasta 1 mes.

• **¿Hay reprocesos?**

**R:** Si hay reprocesos por errores dimensionales, por no leer o interpretar bien el plano,

- En ocasiones hay que tapar agujeros (rellenar con soldadura) y eso perjudica en tiempo y dinero.

- Se producen situaciones de mal armado de los accesorios, hay que reprocesar el armado

• **¿Cómo se detectan los errores?**

**R:** Los detectamos cuando hacemos el control dimensional de los componentes en planta de fabricación, nosotros lo supervisores lo detectamos contrastando las dimensiones con los planos de fabricación, detectamos estos errores en campo.

• **¿Cuánto demora reprocesar?**

**R:** El reproceso en tiempo consume entre 2 a 3 horas en términos generales, dependiendo de la magnitud que sea el error de fabricación.

**3.5.3.2. Determinación de la jerarquía de criticidad de los procesos de trabajo**

Para la determinación de la jerarquía de criticidad dentro de los procesos de producción en la planta, se han establecido una serie de criterios de evaluación, los cuales se han obtenido por la práctica de una Lluvia de ideas del personal más representativo por su experiencia, antigüedad, en el proceso de fabricación de estructuras mecánicas en la empresa.

Tabla 3.

*Criterios y cuantificación de las fallas en producción.*

|  |   |
|--|---|
| No repercute económicamente                | 0 |
| Repercute en un nivel bajo económicamente  | 1 |
| Repercute en un nivel medio económicamente | 2 |
| Repercute en un nivel alto económicamente  | 3 |
| Produce cuello de botella                  | 4 |
| Detiene el proceso productivo              | 5 |

Nota: Elaboración propia

A continuación, el personal seleccionado, evaluó cada uno de los procesos que se sigue en la fabricación de una estructura mecánica según los criterios ya antes mencionados y, así, según el puntaje alcanzado por los procesos, establecer un ordenamiento jerárquico, según su incidencia en el proceso productivo.

Tabla 4.

*Matriz de determinación de la jerarquía en criticidad en las operaciones de producción de la planta en estudio.*

| <b>Personas entrevistadas</b> | <b>Recepción de materiales</b> | <b>Habilitado</b> | <b>armado</b> | <b>soldadura</b> | <b>Limpieza mecánica</b> | <b>Granallado</b> | <b>pintura</b> | <b>despacho</b> | <b>Montaje en obra</b> |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------|------------------|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| Jefe de producción            | 1                              | 3                 | 3             | 5                | 1                        | 1                 | 3              | 1               | 3                      |
| Jefe de maestranza            | 1                              | 3                 | 3             | 4                | 0                        | 1                 | 2              | 2               | 3                      |
| Jefe de armado                | 1                              | 3                 | 2             | 4                | 1                        | 1                 | 3              | 1               | 2                      |
| Jefe de soldadura             | 1                              | 4                 | 3             | 4                | 0                        | 1                 | 2              | 1               | 2                      |
| Jefe de montaje en obra       | 1                              | 3                 | 3             | 4                | 1                        | 1                 | 3              | 1               | 3                      |
| <b>Puntaje total</b>          | <b>5</b>                       | <b>16</b>         | <b>14</b>     | <b>21</b>        | <b>3</b>                 | <b>5</b>          | <b>13</b>      | <b>6</b>        | <b>13</b>              |

Nota: Elaboración propia

Los procesos más delicados, que afectan significativamente el proceso productivo como se da en la empresa metal mecánica son los siguientes en ese orden:

Tabla 5.

*Jerarquía de procesos críticos.*

| <b>Jerarquía de Procesos Críticos</b> | <b>Puntaje Asignado</b> |
|---------------------------------------|-------------------------|
| <b>Proceso de soldadura</b>           | 21                      |
| <b>Habilitado de materiales</b>       | 16                      |
| <b>Armado</b>                         | 14                      |
| <b>Pintura</b>                        | 13                      |
| <b>Montaje en obra</b>                | 13                      |

Nota: Elaboración propia

### 3.5.3.3. Análisis de datos

**Diagrama N°1. Descripción de las causas comunes para los problemas que se presentan en el proceso de soldadura:**

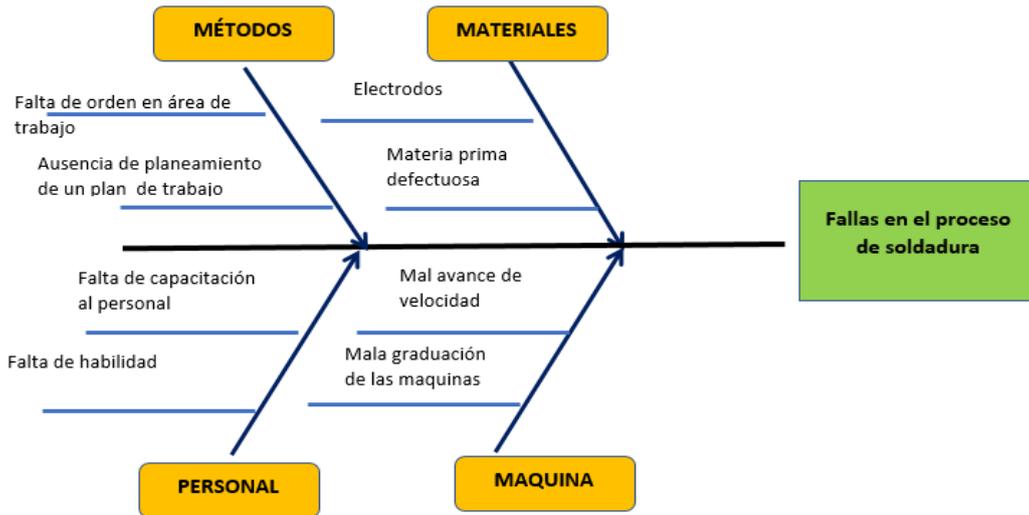


Figura 12. Diagrama de Ishikawa para el proceso de soldadura.

Nota: Elaboración propia

**Diagrama N°2. Descripción de las causas comunes para los problemas que se presentan en el proceso de habilitado de material.**

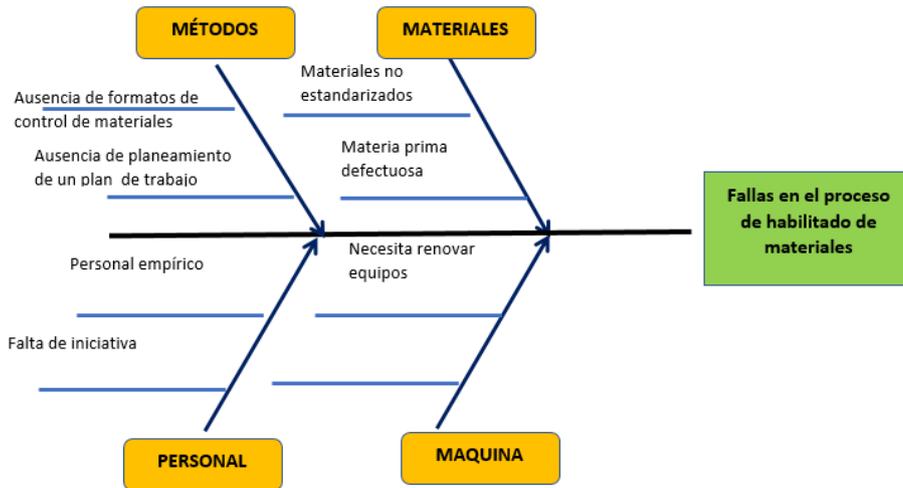


Figura 13. Diagrama de Ishikawa para el proceso de habilitado de materiales.

Nota: Elaboración propia

**Diagrama N°3. Descripción de las causas comunes para los problemas que se presentan en el proceso de armado.**

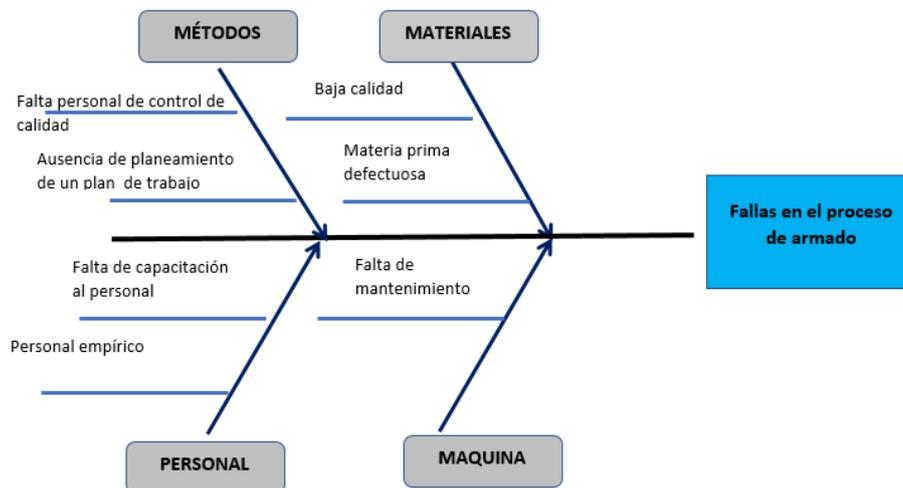
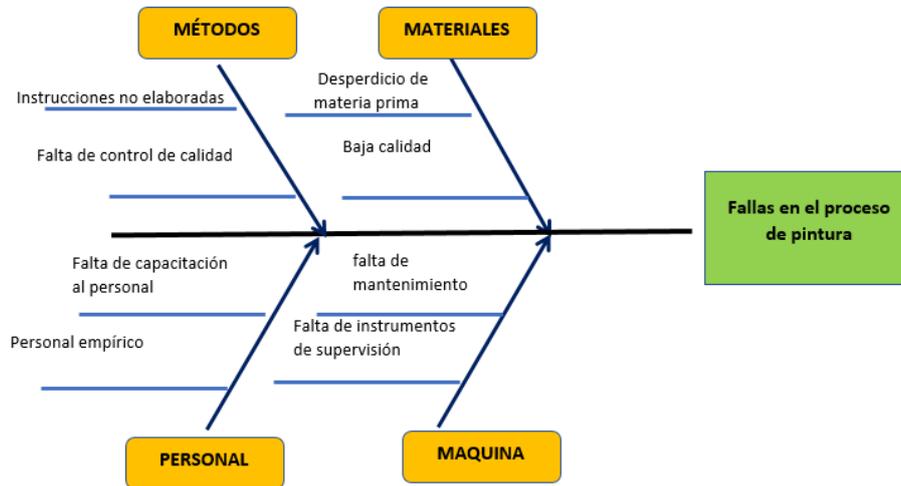


Figura 14. Diagrama de Ishikawa para el proceso de armado.

Nota: Elaboración propia

**Diagrama N°4. Descripción de las causas comunes para los problemas que se presentan en el proceso de recubrimiento (pintura).**



*Figura 15.* Diagrama de Ishikawa para el proceso de recubrimiento

Nota: Elaboración propia

**Análisis de los diagramas de Ishikawa**

El análisis de los diagramas de Ishikawa presentados sirve para identificar los problemas que influyen en la baja productividad de la empresa.

Tabla 6.

*Tabulación de los problemas que influyen en la baja productividad.*

| N.º | ÁREAS DE TRABAJOS                    | CAUSAS DE LA BAJA PRODUCTIVIDAD   | CONSECUENCIA                            |
|-----|--------------------------------------|---|---|
| 1   | Recepción y habilitado de materiales | -Materiales defectuosos<br>-No hay un control de calidad en la recepción de los materiales  | <b>BAJA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA</b> |
| 2   | Armado                               | -Falta de capacitación al personal<br>-Deficiencia a la lectura de planos de fabricación<br>-Frecuentemente observaciones dimensionales |   |
| 3   | Soldadura                            | -Soldadores empíricos<br>-Falta de capacitación<br>-Maquinas mal graduadas  |   |
| 4   | Limpieza mecánica                    | -Falta de capacitación al personal<br>-Falta de orden de trabajo<br>-Herramientas en mal estado<br>-Ubicación Inadecuada del área       |   |
| 5   | Recubrimiento de las estructuras     | -Falta de capacitación a los pintores<br>- herramientas y instrumentos en mal estado<br>-Ubicación Inadecuada del área                  |   |

Nota: Elaboración propia

### 3.5.4. Desarrollo de la fase MEJORAR

En la fase de mejora consistió en la aplicación de varias metodologías, cuando se hace uso del mapa de proceso o diagrama de flujo del proceso para encontrar oportunidades de mejora en el proceso y, la metodología de causa y efecto, con la aplicación del Diagrama de Ishikawa para identificar el origen de los problemas y,

la metodología Six Sigma para alcanzar niveles estándar de eficiencia de producción, con la finalidad de reducir costos.

#### **3.5.4.1 Ejecución de actividades para mejorar la producción**

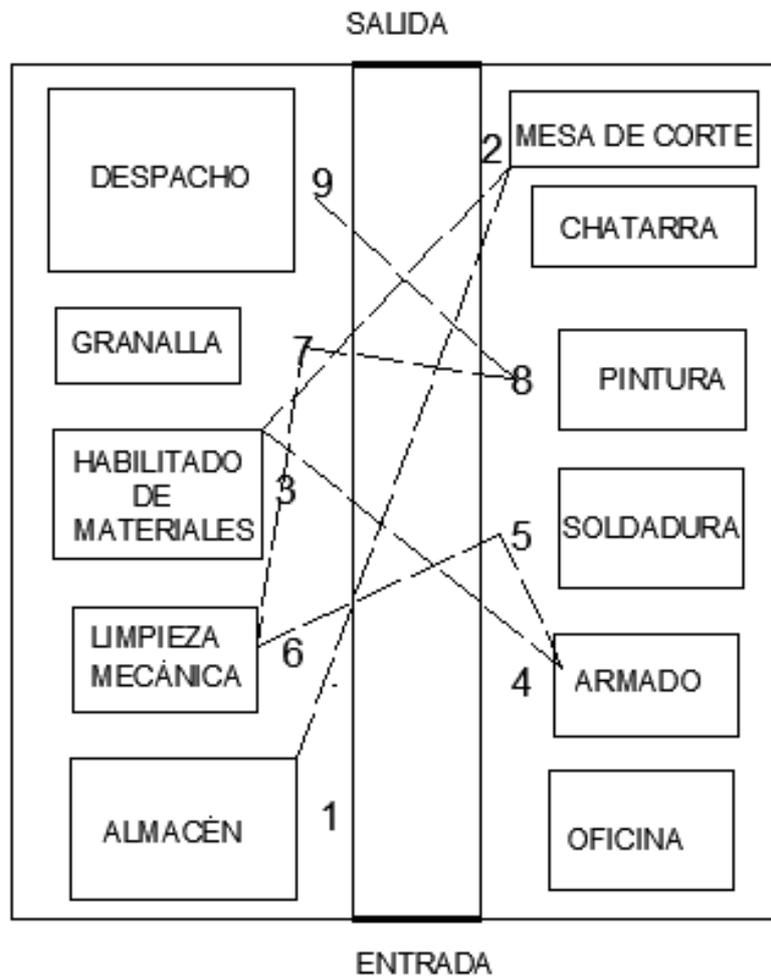
Se ejecuto las siguientes actividades para resolver exitosamente la problemática que presenta la empresa, la cual se describe a continuación:

##### **Actividad 1 Redistribuir adecuadamente las áreas de la planta**

Esta parte del proceso se refiere a una mejor distribución de áreas de trabajo en la planta, maquinaria e instalaciones de acuerdo con el sistema de producción continuo utilizando la distribución por productos, es uno de los puntos más importantes dentro del proceso de planificación, debe seguir la gráfica del flujo de proceso y flujo de operaciones.

##### **Distribución**

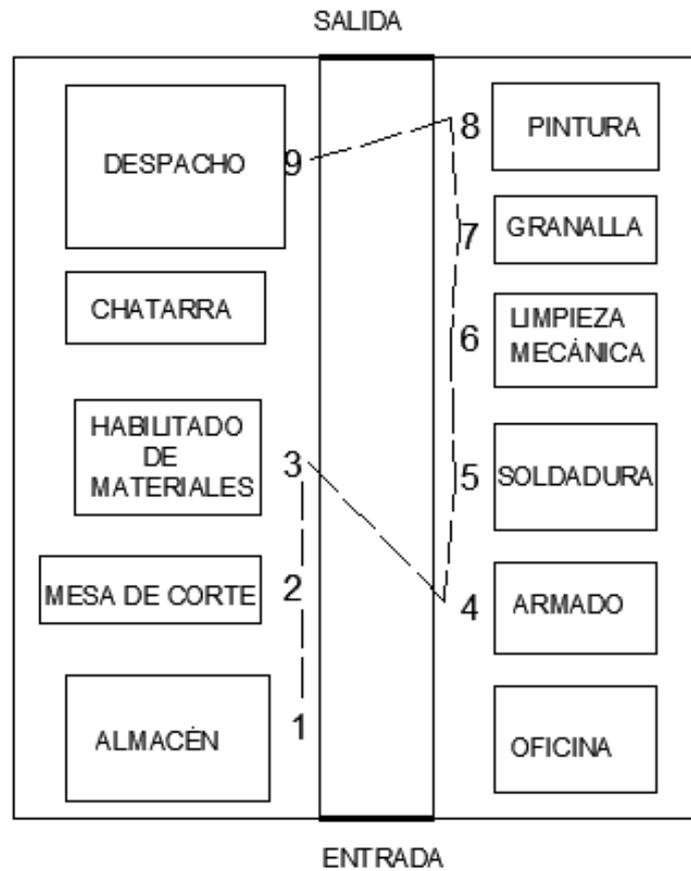
- Se realizo una nueva distribución de planta ya que facilito el flujo del proceso productivo.
- Se Despejo los espacios transitables por el personal.
- Depurar el mobiliario obsoleto
- Reubicar las áreas de trabajo, anaqueles y mobiliario existente.



*Figura 16.* Distribución de planta antes de implementar Six Sigma.

Nota: Elaboración propia

**Distribución de planta con la metodología Six Sigma.**



*Figura 17.* Distribución de planta con metodología Six Sigma

Nota: Elaboración propia.



*Figura 18.* Planta con mejor distribución.

### **Actividad 2 Estandarización de las actividades**

Esto mejora la calidad del proceso, lo que puede deberse tanto al proceso en sí, como a la maquinaria que interviene y la calidad de los materiales que intervienen.

En cuanto a la mejora de la calidad en los procesos:

En el proceso de fabricación armado y soldadura, mejora, mediante la capacitación sobre proceso y técnicas de soldar, así como capacitación de mejor manejo de la máquina de soldar, de corte y los equipos que intervienen en la mecánica de banco.



*Figura 19.* Estructuras con mejor calidad de soldadura.

En el área de recubrimiento (pintura), las estructuras a pintar no deben tener ningún defecto en su superficie, deben encontrarse libres de grasa, óxidos, o cualquier tipo de impurezas para así tener un buen recubrimiento de pintura, y no se tenga el peligro de oxidarse u de otro ataque al material ya sea por la geografía del lugar o por el cambio climático

Mejora en el área de despacho, antes de que el material fabricado sea enviado a obra y, en el pre-montaje, no solo limitarse al control de los componentes principales, sino a todos los componentes de la estructura en general.

En cuanto a la mejora de los procesos, estos se define y estandarizan, para lo cual se procedió estandarizar los procesos que son comunes en la fabricación de estructuras metálicas, elaborando unos formatos que se presentan ( anexo N°1).

Formato de Instrucción de Procedimientos para el proceso de Habilitado de Materiales, de forma similar se diseñó para cada uno de los procesos que son uniformes a todas las variantes de estructuras metálicas que se producen en la planta. Sirven además como un documento de capacitación para los trabajadores que se integran a laborar en la planta, así como al personal encargado de realizar el control de calidad en cada una de las etapas de fabricación de una estructura metálica.

|   |   |   |  |                     |
|---|---|---|--|---------------------|
| AMERICAN<br>MECANIC<br>MOTORS EIRL  |   | <b>INSTRUCCIÓN DE PROCEDIMIENTOS</b>  |  | Código:<br>PI - 001 |
| <b>Proceso:</b>   |   | Fabricación de Estructuras Metálicas  |  |                     |
| <b>Especificación:</b>  |   | Habilitación de materiales  |  |                     |
| <b>Fecha:</b>   |   | 04 de febrero, 2019   |  |                     |
| <b>Materiales</b>   |   | <b>Maquinaria</b>   |  |                     |
| Perfiles de acero<br>Platinas de acero<br>Cartelas (planchas de acero)<br>Barras de acero   |   | Equipo de mecánica de banco<br>Máquina de corte por plasma<br>Esmeril<br>Taladro        |  |                     |
| <b>Personal:</b>  |   | <b>Equipo de Protección</b>   |  |                     |
| Técnico en mecánica de banco<br>Operarios caldereros  |   | Guantes de cuero<br>Lentes de protección<br>Zapatos con puntera de acero<br>Guardapolvo |  |                     |
| <b>Actividades</b>  |   |   |  |                     |
| 1) Pedido del material a almacén<br>2) Inspección del material<br>3) Lectura del plano de la pieza<br>4) Prepara la mesa de trabajo<br>5) Limpieza del material   |   |   |  |                     |
| <b>Descripción del proceso</b>  |   |   |  |                     |
| 1) Trazado de medidas y formas en el material con buril<br>2) Corte de cartelas<br>3) Corte de perfiles<br>4) Trazado de ubicación de agujeros<br>5) Taladrado de agujeros<br>6) Preparación de piezas para soldadura |   |   |  |                     |
| <b>Posibles fallas</b>  |   |   |  |                     |
| <b>Defecto</b>  | <b>Causa</b>  | <b>Acción a tomar</b>   |  |                     |
| Corte tuera de medida<br>Agujeros perforados fuera de lugar   | Medida fuera de especificación  | Corregir medidas  |  |                     |
| <b>Elaborado por:</b>   | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>  |  |                     |
|    |  |     |  |                     |
| Gabriel Tafur Mego<br>Jefe de producción  | Edward R. Falero Alvino<br>Jefe de QA/QC  | Saul López Vásquez<br>Gerente de proyectos  |  |                     |

Figura 20. Formato de Instructivo de aplicación de procedimientos etapa Habilitado de materiales.

### Actividad 3 Planificación de la producción

Se presenta el proceso de planificación en la siguiente tabla:

Tabla 7.

*Proceso de planificación de la producción.*

| Ítem | Descripción  |
|------|--|
| 1    | Análisis de la demanda esperada <span style="float: right;">N<sup>o</sup>. de ordenes de trabajo</span>  |
| 2    | Disponibilidad de la empresa<br>a) Inventarios <span style="float: right;">¿Qué capacidad se necesita en el centro de trabajo?</span><br>b) Capacitación de la producción <span style="float: right;">¿Qué fecha de entrega se debe prometer?</span><br><br>Depende del volumen de producción y el momento de fabricación de los productos |
| 3    | Planeación de los requerimientos de los materiales <span style="float: right;">¿En qué momento comenzar cada pedido?</span>  |
| 4    | <b>Programación de la producción.</b> Con el seguimiento y control de actividades semanales o diarias utilizando los procedimientos de asignación  |
| 5    | Determinar la ruta que el producto debe seguir a través de la planta.  |
| 6    | Unir las ordenes de trabajo dentro de un programa de actividades de producción.<br>Estas actividades son las que demuestran programación cronológica, despacho y extensión, son actividades básicas de planeación y control.<br>a) Asignación de carga<br>b) Secuenciación de pedidos  |
| 7    | <b>Programación detallada.</b> Determinación de los momentos de comienzos y fin de actividades en cada área de trabajo.  |
| 8    | <b>El control de producción</b> se puede realizar de la siguiente manera.<br>a) Sistema de control de flujo<br>b) Sistema de control por proyecto en específico  |
| 9    | El proceso de abastecimiento. La compra de insumos, materiales, equipos en el momento oportuno, Cantidades y calidad adecuadas a los precios económicos y en el momento conveniente  |
| 10   | <b>Control de calidad.</b>   |

#### **Actividad 4. Personal de control de calidad**

Contar un personal de control de calidad en fabricación y montaje de estructuras metálicas, con conocimiento de normas de control de medición de elementos estructurales, estructuras metálicas, medición directa (Pie de Rey, Tornillo Micrométrico), medición indirecta (Calas, Calibres, Reloj comparador), Medición de la horizontalidad y verticalidad a plomada de las estructuras, verificación de las uniones, Alineación horizontal de miembros conectados. Correcta verticalidad, la alineación y fijación de todos los elementos estructurales con conocimiento de aplicación de pinturas especiales y formas de verificación y control.

Todas las tolerancias de montaje se ajustarán a lo establecido en AISC 303-05 “Código de prácticas estándares para edificios de acero estructural y puentes”

#### **Actividad 5 Capacitación del personal**

La capacitación del personal de planta, se le otorgo charlas motivacionales de sensibilización hacia la aplicación del Sistema Six Sigma; tratar sobre la importancia que conlleva la fabricación de una nave estructural, tanto por el costo que involucra, el trabajo que va a desempeñar la estructura y, las consecuencias que acarrearía una deficiente fabricación, tanto para la funcionabilidad de la obra, como para la empresa, todo ello con el objeto de que tomen más responsabilidad en el trabajo que realizan y aprecien la trascendencia que tiene su desempeño; los temas que trataron fueron los siguientes.

Tabla 8.

*Temas desarrollados en la capacitación del personal.*

|   |
|---|
| <b>1)Propósito del control de calidad</b>                         |
| <b>2)Planificación del plan del control de calidad.</b>           |
| <b>3)Desarrollo del plan de control de calidad</b>                |
| <b>4)Equipos para el control de calidad</b>                       |
| <b>5)Procedimientos de control de calidad</b>                     |
| <b>6)Planificación de la inspección y<br/>Manuales de calidad</b> |
| <b>7)Pruebas y ensayos necesarios</b>                             |
| <b>8)Lista de control de inspección</b>                           |
| <b>9)Funciones del control de calidad</b>                         |
| <b>10)Inspección en la recepción</b>                              |
| <b>11)Inspección del producto terminado</b>                       |
| <b>12)Estándares de calidad</b>                                   |
| <b>13)Inspección visual y estándares de prueba</b>                |
| <b>14)Calidad medible</b>   |
| <b>15)Estándares de medición</b>                                  |
| <b>16)Errores de medición</b>                                     |
| <b>17)Errores de inspección y<br/>Errores de procedimientos</b>   |



*Figura 21.* Capacitación al personal sobre la metodología.

### **Actividad 6. Calidad de los materiales y tiempos de entrega**

Se incorporo un manejo digital de materiales, en cuanto a características, especificaciones, stock y, movimiento en el almacén; aplicación de manejos eficientes de los materiales y los diversos dispositivos que se pueden disponer. Verificación de las especificaciones que se consignan en los planos, consideraciones en cuanto al manejo y almacenaje de los materiales, las marcas y, su adquisición a fabricantes de reconocida trayectoria, los materiales empleados son perfiles de acero, soldadura, pintura accesorios e insumos.

#### **3.5.5 Desarrollo de la fase CONTROLAR**

En la fase controlar se diseñó y documento los controles necesarios para asegurar lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma sea constante. Una vez que se logró los objetivos como la misión finaliza, el equipo informo a la dirección y se disolvió finalmente.

En cuanto al control de la calidad, el trabajo que se entrega al cliente no cumple con la expectativa del cliente hay retraso en la entrega de los trabajos por la baja producción y por la falta de capacitación a la mano de obra, hay tiempos innecesarios, las máquinas de soldar en mal estado y no hay buen mantenimiento en los equipos de fabricación, ya que este hace paradas en horario de trabajo y por consecuente retraso en la producción.

La mejora para optimizar la producción se realizó un seguimiento detallado a cada proceso y corregir cualquier falla en su momento, antes de que pase al siguiente proceso, bajando los tiempos muertos y así entregar nuestros trabajos a tiempo con el cliente, y tener un producto con mejor calidad y hacernos más competitivo en el mercado para seguir creciendo como empresa.

Hacemos el control a todo los procesos en cada estación de la unidad tecnológica producida, empezando desde el HABILITADO DE MATERIAL hacerle el control dimensional de los accesorios de fabricación , y también hacerle en el proceso antes y después de ARMADO , una vez en el área de soldadura hacer el control antes de soldadura ver el tema de juntas de soldadura ,separaciones de las juntas de la soldadura según norma aplicada para cada proceso de soldadura , ver el tema de proceso soldadura aplicada al proceso.

El área de CONTROL DE LIMPIEZA MECANICA, fue de tolerancia mínima tratando de minimizar los defectos de los materiales filos cortantes, da una buena inspección visual al elemento.

En el control en el área de PINTURA es ver el tema de preparado de pintura que sea la pintura correcta para cada proyecto, ya que cada proyecto tiene su propio requerimiento, hacerle un seguimiento inspeccionar los espesores de pintura que no sean mínimas que estén en la tolerancia según norma.

|  |   |   |                     |
|--|---|---|---------------------|
| AMERICAN<br>MECANIC<br>MOTORS EIRL   | <b>INSTRUCCIÓN DE PROCEDIMIENTOS</b>  |   | Código:<br>PI - 004 |
| <b>Proceso:</b>  | Fabricación de Estructuras Metálicas  |   |                     |
| <b>Especificación:</b>   | PINTURA (RECUBRIMIENTO)   |   |                     |
| <b>Fecha:</b>  | 04 de febrero, 2019   |   |                     |
| <b>Materiales</b>  |   | <b>Maquinaria</b>   |                     |
| Pintura base<br>Pintura de acabado<br>Tiner<br>Lijas   |   | Equipo de pintura<br>Equipo de inspección de capas<br>reflectores<br>brocha de mano (para retoques) |                     |
| <b>Personal:</b>   |   | <b>Equipo de Protección</b>   |                     |
| Maestro pintor<br>Operario ayudante de pintura   |   | Traje especial para pintar<br>Mascara para no inhalar pintura<br>Casco de seguridad<br>Guantes      |                     |
| <b>Actividades</b>   |   |   |                     |
| 1) Lijar elementos a pintar<br>2) Pintar elementos principales<br>3) Pintar elementos secundarios<br>4) Pequeños accesorios<br>5) Pintar pernos etc                                      |   |   |                     |
| <b>Descripción del proceso</b>   |   |   |                     |
| 1) Limpiar elementos a pintar, con lijas<br>2) Preparación de la pintura<br>3) Pintar con pintura base<br>4) Luego con pintura de acabado<br>5) Retocar áreas que no la alcanzo a pintar |   |   |                     |
| <b>Posibles fallas</b>   |   |   |                     |
| <b>Defecto</b>   | <b>Causa</b>  | <b>Acción a tomar</b>   |                     |
| Pintura chorreada, desnivel de capas   | Mal aplicación de pintura<br>Por no seguir instrucciones                            | Darle una pasada más área desnivelada de pintura, lijar y pintar pintura chorreada                  |                     |
| <b>Elaborado por:</b>  | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>  |                     |
|   |  |                 |                     |
| Gabriel Tafur Mego<br><b>Jefe de producción</b>  | Edward R. Falero Alvino<br><b>Jefe de QA/QC</b>                                     | Saul López Vásquez<br><b>Gerente de proyectos</b>   |                     |

Figura 22. Formato de Instructivo de aplicación de procedimientos de pintura.

Para realizar los controles necesarios para mantener el proceso productivo en las condiciones óptimas, la herramienta a utilizar es un Plan de control.

Para el sistema de aseguramiento de la calidad se tomó en cuenta el modelo el sistema de aseguramiento de la calidad HACCP en base a la prevención de riesgos,

estableciendo puntos críticos de control. Está conformado por siete principios que contribuyen con la implementación del autocontrol en el proceso de fabricación de las estructuras metálicas y, que son:

- Identificar los riesgos específicos asociados con la producción en cada una de sus etapas e identificar la medida preventiva para su control.
- Determinar las fases o subprocessos que pueden controlarse para eliminar riesgos o reducir al mínimo la probabilidad de que se produzcan.
- Establecer los límites críticos de control. de los procesos.
- Establecer un sistema de vigilancia para asegurar el control de los procesos.
- Establecer procedimientos de verificación para asegurar que el sistema de control funcione correctamente.
- Establecer un sistema de documentación de los procedimientos y registros de la aplicación de los principios del proceso.

#### **3.5.5.1 Determinación de Medidas de Control**

Se implemento las siguientes tareas de control:

- Monitoreo semanal del control de calidad de los procesos.
- Aplicación de medidas correctoras por el incumplimiento de los lineamientos establecidos.

- Implementar registros de supervisión al proceso de aplicación de pintura, porque es una exigencia del cliente.
- Efectuar ensayos y pruebas de control de la soldadura.
- Llevar un Registro de medidas correctoras

### **3.5.5.2. Plan de gestión de procesos**

El plan de gestión por procesos comprende la administración del flujo de los procesos, las medidas de control y un plan de respuesta en el caso de que se presenten problemas en la ejecución de los parámetros de control.

### **3.5.5.3. Control del proceso**

Para asegurarnos de que la aplicación del sistema Seis Sigma sea un periodo largo de tiempo, el diseño de control responde a ciertas preguntas como: ¿Se está cumpliendo con el objetivo de calidad que se propone la producción?, ¿Cómo se pueden mantener la presencia de defectos de manera controlada?, ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso?

Para responder a estas interrogantes se aplicó ciertas herramientas tales como el control estadístico empleando gráficos comparativos y, diagramas de control, planes de contingencia, herramientas de planificación, etc.

### **Puntos críticos de control**

- Control del trazo de medidas en el habilitado.

- Control de dimensiones en el armado, un preensamble de acuerdo con los planos de taller.
- Control del soldeo: procedimiento, calidad del cordón, presentación.
- Control del recubrimiento (pintura), de acuerdo con las especificaciones del cliente.
- Control del montaje de las estructuras en planta.
- Control del montaje de las estructuras en obra.

El control del proceso queda integrado al proceso productivo a través de cartas o gráficos que registran su comportamiento y variabilidad. Los gráficos de control son renovados y ajustados a los nuevos límites establecidos por la mejora aplicada y constituyen el sistema de alerta de la variabilidad del proceso permitiendo corregirlo a tiempo.

| ACTIVIDAD                                 | INICIO     | FINAL      | 01-agosto | 15-agosto | 30-agosto | 01-sept | 15-sept | 30-sept | 01-oct. | 15-oct. | 31-oct. | 02-nov | 15-nov. | 30-nov. |
|---|------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Pre-Definición<br>ANÁLISIS DEL<br>PROCESO | 01/08/2018 | 15/08/2018 | ■         | ■         |           |         |         |         |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE DEFINIR                          | 15/08/2018 | 30/08/2018 |           | ■         | ■         |         |         |         |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE MEDIR                            | 01/09/2018 | 30/09/2018 |           |           |           | ■       | ■       | ■       |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE ANALIZAR                         | 01/10/2018 | 15/10/2018 |           |           |           |         |         |         | ■       | ■       |         |        |         |         |
| ETAPA DE MEJORAR                          | 15/10/2018 | 31/10/2018 |           |           |           |         |         |         |         | ■       | ■       |        |         |         |
| ETAPA DE CONTROLAR                        | 02/11/2018 | 30/11/2018 |           |           |           |         |         |         |         |         |         | ■      | ■       | ■       |

Figura 23. Programación de actividades vs periodo de aplicación

Nota: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Tabla 9.

*base de datos del valor medido de la productividad antes de la implementación*

| MESES      | FECHAS     |            | Ordenes de trabajos solicitados (cada orden es un Kit de estructuras metálicas para una vivienda) | Ordenes de trabajos presentados (kits de estructuras metálica para vivienda) | H-H (horas/hombres) Estimadas | H-H (horas/hombres) Reales | Eficiencia | Eficacia | Productividad |
|------------|------------|------------|---|--|-------------------------------|----------------------------|------------|----------|---------------|
| Enero      | 02/01/2018 | 31/01/2018 | 6   | 4  | 217                           | 170                        | 78.3%      | 66.6%    | 52.1%         |
| Febrero    | 01/02/2018 | 28/02/2018 | 4   | 2  | 192                           | 150                        | 78.1%      | 50.0%    | 39.0%         |
| Marzo      | 01/03/2018 | 31/03/2018 | 5   | 3  | 214                           | 155                        | 72.4%      | 60.0%    | 43.4%         |
| Abril      | 02/04/2018 | 30/04/2018 | 3   | 2  | 200                           | 135                        | 67.5%      | 66.6%    | 44.9%         |
| Mayo       | 01/05/2018 | 31/05/2018 | 4   | 2  | 209                           | 133                        | 63.6%      | 50.0%    | 31.8%         |
| Junio      | 01/06/2018 | 30/06/2018 | 4   | 2  | 205                           | 141                        | 68.7%      | 50.0%    | 34.3%         |
| Julio      | 02/07/2018 | 31/07/2018 | 4   | 2  | 203                           | 145                        | 71.4%      | 50.0%    | 35.7%         |
| Agosto     | 01/08/2018 | 31/08/2018 | 3   | 2  | 209                           | 160                        | 76.5%      | 66.6%    | 50.9%         |
| Septiembre | 03/09/2018 | 29/09/2018 | 4   | 2  | 200                           | 145                        | 72.5%      | 50.0%    | 36.2%         |
| Octubre    | 01/10/2018 | 31/10/2018 | 4   | 2  | 209                           | 140                        | 66.9%      | 50.0%    | 33.4%         |
| Noviembre  | 01/11/2018 | 30/11/2018 | 5   | 2  | 200                           | 138                        | 69.0%      | 40.0%    | 27.6%         |
| diciembre  | 03/12/2018 | 14/12/2018 | 3   | 1  | 95                            | 70                         | 73.6%      | 33.3%    | 24.5%         |
|            |            |            |   |  |                               |                            |            |          | <b>37.8%</b>  |

Fuente: Datos de la empresa

Como se evidencia en la tabla el periodo 2018, la productividad no cumplía la cantidad de pedidos u ordenes de trabajos solicitados por el cliente. Los pedidos requeridos en el periodo 2018 fueron de 49 Kits de estructuras metálicas para viviendas de las cuales solo se fabricaron 26 kits.

Tabla 10

*base de datos de sobrecosto antes de la implementación*

| MESES      | FECHAS     |            | ORDENES DE TRABAJOS SOLICITADOS (cada orden es un Kit de estructuras metálicas para una vivienda) | ORDENES DE TRABAJOS ENTREGADOS (kits de estructuras metálica para vivienda) | COSTO ESTIMADO PARA REALIZAR EL TRABAJO VALOR EN SOLES (S/) | COSTO REAL DEL TRABAJO REALIZADO VALOR EN SOLES (S/) | SOBRECOSTO DEL TRABAJO REALIZADO VALOR EN SOLES (S/) |
|------------|------------|------------|---|---|---|--|--|
| Enero      | 02/01/2018 | 31/01/2018 | 6   | 4   | 80,000.00   | 83,500.00  | 3,500.00   |
| Febrero    | 01/02/2018 | 28/02/2018 | 4   | 2   | 40,000.00   | 42,250.00  | 2,250.00   |
| Marzo      | 01/03/2018 | 31/03/2018 | 5   | 3   | 60,000.00   | 62,630.00  | 2,630.00   |
| Abril      | 02/04/2018 | 30/04/2018 | 3   | 2   | 40,000.00   | 42,969.00  | 2,969.00   |
| Mayo       | 01/05/2018 | 31/05/2018 | 4   | 2   | 40,000.00   | 43,300.00  | 3,300.00   |
| Junio      | 01/06/2018 | 30/06/2018 | 4   | 2   | 40,000.00   | 42,250.00  | 2,250.00   |
| Julio      | 02/07/2018 | 31/07/2018 | 4   | 2   | 40,000.00   | 43,000.00  | 3,000.00   |
| Agosto     | 01/08/2018 | 31/08/2018 | 3   | 2   | 40,000.00   | 42,500.00  | 2,500.00   |
| Septiembre | 03/09/2018 | 29/09/2018 | 4   | 2   | 40,000.00   | 42,300.00  | 2,300.00   |
| Octubre    | 01/10/2018 | 31/10/2018 | 4   | 2   | 40,000.00   | 42,333.00  | 2,333.00   |
| Noviembre  | 01/11/2018 | 30/11/2018 | 5   | 2   | 40,000.00   | 42,700.00  | 2,700.00   |
| diciembre  | 03/12/2018 | 14/12/2018 | 3   | 1   | 20,000.00   | 21,450.00  | 1,450.00   |
|            |            |            |   |   |   |  | <b>31,182.00</b>                                     |

Fuente: Datos de la empresa

En la presente tabla en el periodo 2018 en cuanto al sobrecosto. se observa que por motivos de falta capacitación y fallas durante el proceso, el sobrecosto fue la suma de S/ 31,182.00 en el periodo 2018.

Tabla 11.

*base de datos de materiales defectuosos antes de la implementación*

| MESES      | FECHAS     |            | Ordenes de trabajos solicitados (cada orden es un Kit de estructuras metálicas para una vivienda) | Ordenes de trabajos presentados (kits de estructuras metálica para vivienda) | Numero de componentes por cada KITS (9 Vigas y 9 Columnas) | Unidades de material defectuoso por cada KIT de estructuras | Promedio de materia prima defectuosa |
|------------|------------|------------|---|--|--|---|--------------------------------------|
| Enero      | 02/01/2018 | 31/01/2018 | 6   | 4  | 72   | 30  | 41.6 %                               |
| Febrero    | 01/02/2018 | 28/02/2018 | 4   | 2  | 36   | 16  | 44.4 %                               |
| Marzo      | 01/03/2018 | 31/03/2018 | 5   | 3  | 54   | 28  | 51.8 %                               |
| Abril      | 02/04/2018 | 30/04/2018 | 3   | 2  | 36   | 17  | 47.2 %                               |
| Mayo       | 01/05/2018 | 31/05/2018 | 4   | 2  | 36   | 18  | 50.0 %                               |
| Junio      | 01/06/2018 | 30/06/2018 | 4   | 2  | 36   | 16  | 44.4 %                               |
| Julio      | 02/07/2018 | 31/07/2018 | 4   | 2  | 36   | 19  | 52.7 %                               |
| Agosto     | 01/08/2018 | 31/08/2018 | 3   | 2  | 36   | 17  | 47.2 %                               |
| Septiembre | 03/09/2018 | 29/09/2018 | 4   | 2  | 36   | 15  | 41.6 %                               |
| Octubre    | 01/10/2018 | 31/10/2018 | 4   | 2  | 36   | 18  | 50.0 %                               |
| Noviembre  | 01/11/2018 | 30/11/2018 | 5   | 2  | 36   | 19  | 52.7 %                               |
| diciembre  | 03/12/2018 | 14/12/2018 | 3   | 1  | 18   | 10  | 55.5 %                               |
|            |            |            |   |  |  |   | <b>48.25%</b>                        |

Fuente: Datos de la empresa

En la presente tabla respecto a los materiales defectuosos en el proceso de fabricación en el periodo 2018. Se obtuvo un promedio 48.25 % de material defectuoso, de 26 kits fabricados.

Tabla 12.

*base de datos del valor medido de la productividad después de la implementación*

| MESES      | FECHAS     |            | Ordenes de trabajos solicitados (cada orden es un Kit de estructuras metálicas para una vivienda) | Ordenes de trabajos presentados (kits de estructuras metálica para vivienda) | H-H (horas/hombres) Estimadas | H-H (horas/hombres) Reales | Eficiencia | Eficacia | Productividad |
|------------|------------|------------|---|--|-------------------------------|----------------------------|------------|----------|---------------|
| Enero      | 01/01/2019 | 31/01/2019 | 4   | 4  | 217                           | 215                        | 99.07%     | 100%     | 99.07%        |
| Febrero    | 01/02/2019 | 28/02/2019 | 6   | 6  | 192                           | 185                        | 96.35%     | 100%     | 96.35%        |
| Marzo      | 01/03/2019 | 29/03/2019 | 7   | 6  | 205                           | 200                        | 97.56%     | 85.71%   | 83.61%        |
| Abril      | 01/04/2019 | 30/04/2019 | 5   | 5  | 209                           | 208                        | 99.52%     | 100%     | 99.52%        |
| Mayo       | 01/05/2019 | 31/05/2019 | 7   | 7  | 217                           | 210                        | 96.77%     | 100%     | 96.77%        |
| Junio      | 03/06/2019 | 28/06/2019 | 6   | 5  | 205                           | 200                        | 97.56%     | 83.33%   | 81.29%        |
| Julio      | 01/07/2019 | 31/07/2019 | 4   | 4  | 209                           | 205                        | 98.08%     | 100%     | 98.08%        |
| Agosto     | 01/08/2019 | 30/08/2019 | 5   | 4  | 213                           | 212                        | 99.53%     | 80.00%   | 79.62%        |
| Septiembre | 02/09/2019 | 30/09/2019 | 3   | 3  | 200                           | 195                        | 97.50%     | 100%     | 97.50%        |
| Octubre    | 01/10/2019 | 31/10/2019 | 8   | 7  | 209                           | 199                        | 95.21%     | 87.50%   | 83.30%        |
| Noviembre  | 01/11/2019 | 29/11/2019 | 4   | 3  | 200                           | 185                        | 92.50%     | 75.50%   | 69.83%        |
| diciembre  | 02/12/2019 | 14/12/2019 | 2   | 2  | 95                            | 95                         | 100%       | 100%     | 100%          |
|            |            |            |   |  |                               |                            |            |          | <b>90.41%</b> |

### Resultado general

Como se evidencia en la tabla el periodo 2019, la productividad ha incrementado de un 37.8% en el periodo 2018 a un 90.41% en el periodo 2019., gracias a la metodología implantada del Six Sigma. Esto nos dice que, si incide la metodología Six Sigma en la productividad de la empresa.

### Resultado específico 1:

En el periodo 2018 las ordenes de trabajo solicitados por el cliente no se llegaba a cubrir con lo solicitado, una vez implementada la metodología de Six Sigma en el periodo 2019 se logra a cubrir a un 90% con los pedidos u ordenes de trabajo solicitado por el cliente.

Tabla 13.

*base de datos de ahorro por trabajo realizado después de la implementación*

| MESES      | FECHAS     |            | ORDENES DE TRABAJOS SOLICITADOS (cada orden es un Kit de estructuras metálicas para una vivienda) | ORDENES DE TRABAJOS ENTREGADOS (kits de estructuras metálica para vivienda) | COSTO ESTIMADO PARA REALIZAR EL TRABAJO VALOR EN SOLES (S/) | COSTO REAL DEL TRABAJO REALIZADO VALOR EN SOLES (S/) | AHORRO POR TRABAJO REALIZADO VALOR EN SOLES (S/) |
|------------|------------|------------|---|---|---|--|--|
| Enero      | 01/01/2019 | 31/01/2019 | 4   | 4   |   | 78,000.00  | 2,000.00   |
| Febrero    | 01/02/2019 | 28/02/2019 | 6   | 6   | 80,000.00   | 119,000.00   | 1,000.00   |
| Marzo      | 01/03/2019 | 29/03/2019 | 7   | 6   | 120,000.00  | 118,100.00   | 1,900.00   |
| Abril      | 01/04/2019 | 30/04/2019 | 5   | 5   | 120,000.00  | 98,000.00  | 2,000.00   |
| Mayo       | 01/05/2019 | 31/05/2019 | 7   | 7   | 100,000.00  | 138,000.00   | 2,000.00   |
| Junio      | 03/06/2019 | 28/06/2019 | 6   | 5   | 140,000.00  | 99,000.00  | 1,000.00   |
| Julio      | 01/07/2019 | 31/07/2019 | 4   | 4   | 100,000.00  | 78,100.00  | 1,900.00   |
| Agosto     | 01/08/2019 | 30/08/2019 | 5   | 4   | 80,000.00   | 78,050.00  | 1,950.00   |
| Septiembre | 02/09/2019 | 30/09/2019 | 3   | 3   | 80,000.00   | 58,000.00  | 2,000.00   |
| Octubre    | 01/10/2019 | 31/10/2019 | 8   | 7   | 60,000.00   | 137,000.00   | 3,000.00   |
| Noviembre  | 01/11/2019 | 29/11/2019 | 4   | 3   | 140,000.00  | 58,800.00  | 1,200.00   |
| diciembre  | 02/12/2019 | 14/12/2019 | 2   | 2   | 60,000.00<br>40,000.00                                      | 38,600.00  | 1,400.00   |
|            |            |            |   |   |   | <b>21,350.00</b>                                     |  |

### **Resultado específico 2:**

En el periodo 2019 se economizado en el proceso de fabricación **21,350.00** soles frente a los 31,182.00 soles de sobrecosto del periodo 2018, una vez implementada la metodología de Six Sigma en el periodo 2019 nos permite reducir costos y mejorar el flujo de producción en cada área de la planta, ya que se fabricó en el periodo 2019 la cantidad de 56 kits frente a los 26 kits del periodo 2018.

Tabla 14.

*base de datos de materiales defectuosos después de la implementación*

| MESES      | FECHAS     |            | Ordenes de trabajos solicitados (cada orden es un Kit de estructuras metálicas para una vivienda) | Ordenes de trabajos presentados (kits de estructuras metálica para vivienda) | Numero de componentes por cada KITS (9 Vigas y 9 Columnas) | Unidades de material defectuoso por cada KIT de estructuras | Porcentaje de materia prima defectuosa |
|------------|------------|------------|---|--|--|---|--|
| Enero      | 01/01/2019 | 31/01/2019 | 4   | 4  | 72   | 4   | 5.5%                                   |
| Febrero    | 01/02/2019 | 28/02/2019 | 6   | 6  | 108  | 3   | 2.7 %                                  |
| Marzo      | 01/03/2019 | 29/03/2019 | 7   | 6  | 108  | 2   | 1.8 %                                  |
| Abril      | 01/04/2019 | 30/04/2019 | 5   | 5  | 90   | 3   | 3.3 %                                  |
| Mayo       | 01/05/2019 | 31/05/2019 | 7   | 7  | 126  | 2   | 1.5%                                   |
| Junio      | 03/06/2019 | 28/06/2019 | 6   | 5  | 90   | 3   | 3.3%                                   |
| Julio      | 01/07/2019 | 31/07/2019 | 4   | 4  | 72   | 2   | 2.7%                                   |
| Agosto     | 01/08/2019 | 30/08/2019 | 5   | 4  | 72   | 4   | 5.5 %                                  |
| Septiembre | 02/09/2019 | 30/09/2019 | 3   | 3  | 54   | 3   | 5.5%                                   |
| Octubre    | 01/10/2019 | 31/10/2019 | 8   | 7  | 126  | 2   | 1.5%                                   |
| Noviembre  | 01/11/2019 | 29/11/2019 | 4   | 3  | 54   | 1   | 1.8 %                                  |
| diciembre  | 02/12/2019 | 14/12/2019 | 2   | 2  | 36   | 2   | 5.5 %                                  |
|            |            |            |   |  |  |   | <b>3.38%</b>                           |

### Resultado específico 3:

En el periodo 2018 el promedio de material defectuoso fue de 48.25%, una vez implementada la metodología de Six Sigma en el periodo 2019 reduce el porcentaje de materia defectuoso 3.38%, esto quiere decir que con la implementación de la metodología mejoro la calidad y control de los materiales mediante el control de calidad en el proceso de fabricación.

Después de todo, se adjunta en el (Anexo N.º 8) la Carta de aprobación de la implementación generada por la dirección de la organización, finalmente cerrando el proceso de mejora de la productividad en la empresa.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Respecto a la identificación de actividades en el proceso que necesitan de la metodología Six Sigma, se determina que frente a evidencias obtenidas se logró demostrar que cuando se implementa la metodología Six Sigma en el proceso de producción, las actividades que se desarrolla en la Empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, mejora de manera considerable evidenciando un cambio en la implementación tomando en cuenta el compromiso que tiene la gerencia. Para lograr identificar las actividades que requieren de la metodología, se evaluaron los factores que ocasionan la baja productividad durante el proceso de producción, a través de herramientas en mejora de gestión, así como el diagrama Ishikawa. Después de las evaluaciones y análisis, se concluyó que estos factores eran la causa de la baja productividad y calidad por falta de capacitación al personal ya que contaban con conocimientos empíricos.

- Respecto al plan de mejora en el proceso de fabricación de las estructuras en la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, se pudo determinar que los procesos que causan mayor tiempo e inciden retrasar la producción fueron armado, soldadura y recepción de materiales , a través de la implementación; se motiva a los trabajadores con el apoyo de capacitaciones dentro de las instalaciones de la empresa, así como charlas sobre control de la calidad y mejora de producción que es muy importante para poder lograr la mejora de la productividad así la metodología six sigma podrá desarrollar mejor su

aplicación. Por lo tanto, se realizó a evaluar y discutir con el equipo para analizar el proceso como la implementación del six sigma al proceso. Las acciones principales estaban relacionadas con un plan de capacitación para ponerle al tanto sobre calidad y mejora de fabricación en metalmecánica, planificación de tiempos en el proceso a través de capacitaciones, mantenimiento y cuidado de las maquinas, Planificación de mejoras mediante los procesos de la metodología. Se optimizo el proceso con la finalidad de lograr reducción de tiempo en el proceso y optimizar espacios.

- Respecto a los costos y a los beneficios de la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, se determinó que con la implementación se demostró económicamente que la productividad en la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL. Logro mejorar considerablemente siendo viable ya que el costo de la implementación es de S/. 20, 100.00. y con la mejora en la productividad se estaría cubriendo. Con el ahorro del sobre costo y reducción de tiempo de entrega ordenes de trabajos.

## RECOMENDACIONES

Tomando en consideración mediante los resultados que se obtuvo, se recomienda lo siguiente:

- a) Realizar un monitoreo de manera constante a las mejoras implantadas en la organización AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL., con la finalidad de evitar futuros problemas que perjudiquen la productividad en la empresa. Para lo cual todos tendrían que sumarse para contar con el apoyo tanto como el jefe de planta, supervisores y también la Gerencia.
- b) Respetar los tiempos y fechas pactadas respecto a las capacitaciones con la finalidad de mantener el sistema de trabajo bajo la metodología implantada. Para seguir mejorando la productividad y calidad en los productos en la organización. También se recomienda en desarrollar los procesos de fabricación de estructuras y sus componentes, mediante algún plan de formación para que así los obreros sean capacitados para que también ellos enseñen a los nuevos colaboradores que ingresan a la empresa con la finalidad minimizar sobrecostos.
- c) Se recomienda con el objetivo de mantener un considerable costos y beneficios de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad de la empresa AMERICAN MECANIC MOTORS EIRL, estimular un ambiente orientado a mejora continua, para que así entiendan entre todos los participantes involucrados en el proceso lo importante que es llevar un adecuado registro y uso de los formatos de trabajo y los procesos implantados.

## REFERENCIAS

- Arce, Findley (2017). “Manufactura esbelta para elevar la productividad en una empresa manufacturera de línea blanca, Lurín–2017”. Tesis (Ingeniero Industrial).Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad Ingeniería Industrial, 2017. 136 pp.
- 
- Alzamora, Mayra y La Torre, Mishelle (2016).. Propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A a través de la metodología Six Sigma para mejorar la calidad del producto en peso. Tesis (título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Privada del Norte, 2016. 103 pp. Disponible en <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7082>
- 
- Garcés, Luis (2016).. Mejoramiento de la productividad de la línea de extrusión de la empresa CEDAL, empleando la metodología Seis Sigma. Tesis Ingeniero Industrial Quito, Ecuador: Escuela politécnica, Facultad: Ingeniería Industrial. 2016, 194 pp. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16888>

**HACCP (2018). Sistema HACCP: En qué consiste, historia y actualidad.**

<https://tecnosolucionescr.net/blog/41-sistema-haccp-en-qu%C3%A9-consiste,-historia-y-actualidad>

Julia Máxima Uriarte. (2019) Características del Six Sigma. Última edición: 18 de septiembre de 2019. Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/six-sigma/>.

-

- Navarro Albert, E., Gisbert Soler, V. y Pérez Molina, A.I. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 73-80. DOI: .

Ruiz, Renan (2017). Propuesta de mejoramiento del proceso de reacondicionamiento de pozos en un campo del oriente ecuatoriano aplicado a la metodología Seis Sigma. Tesis Ingeniero Industrial Quito, Ecuador. Escuela politécnica Nacional Facultad: Ingeniería Química y agroindustrial 2017, 121 pp. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18765/1/CD-8154.pdf>

SEJZER, RAÚL (2016) CALIDAD TOTAL. Las 5 fases del proceso de implementación de Six Sigma. <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/06/dmaic-las-5-fases-del-proceso-de.html>

Sevilla, Andrés. (2016). Productividad. 2019, de Economipedia Sitio web: <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>

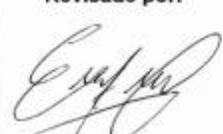
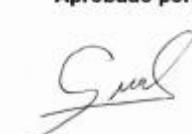
Suárez, Daiana y Puerto, Oisleydis (2017) “Procedimiento de mejora de la cadena inversa utilizando metodología seis sigma”. Tesis (Ingeniero Industrial). Cuba:

Instituto superior politécnico jose Antonio echeverria, facultad de ingeniería industrial, 2017. 256 pp. <https://www.researchgate.net/publication/321278657>

Uchima, Cristhian (2017) “Aplicación de la metodología Six-Sigma para incremento de la eficiencia en una empresa agroexportadora”. Tesis para optar el grado de ingeniero industrial por la facultad de Ingeniería Industrial y de sistemas, por la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12163>

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Formato de instrucción de procedimientos de habilitados de materiales

|   |   |  |                     |
|---|---|--|---------------------|
| AMERICAN<br>MECANIC<br>MOTORS E.I.R.L.  | <b>INSTRUCCIÓN DE PROCEDIMIENTOS</b>  |  | Código:<br>PI - 001 |
| <b>Proceso:</b>   | Fabricación de Estructuras Metálicas  |  |                     |
| <b>Especificación:</b>  | Habilitación de materiales  |  |                     |
| <b>Fecha:</b>   | 04 de febrero, 2019   |  |                     |
| <b>Materiales</b><br>Perfiles de acero<br>Platinas de acero<br>Cartelas (planchas de acero)<br>Barras de acero  |   | <b>Maquinaria</b><br>Equipo de mecánica de banco<br>Máquina de corte por plasma<br>Esmeril<br>Taladro  |                     |
| <b>Personal:</b><br>Técnico en mecánica de banco<br>Operarios caldereros  |   | <b>Equipo de Protección</b><br>Guantes de cuero<br>Lentes de protección<br>Zapatos con puntera de acero<br>Guardapolvo                                     |                     |
| <b>Actividades</b>  |   |  |                     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pedido del material a almacén</li> <li>2) Inspección del material</li> <li>3) Lectura del plano de la pieza</li> <li>4) Prepara la mesa de trabajo</li> <li>5) Limpieza del material</li> </ol>   |   |  |                     |
| <b>Descripción del proceso</b>  |   |  |                     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Trazado de medidas y formas en el material con buril</li> <li>2) Corte de cartelas</li> <li>3) Corte de perfiles</li> <li>4) Trazado de ubicación de agujeros</li> <li>5) Taladrado de agujeros</li> <li>6) Preparación de piezas para soldadura</li> </ol> |   |  |                     |
| <b>Posibles fallas</b>  |   |  |                     |
| <b>Defecto</b><br>Corte fuera de medida<br>Agujeros perforados fuera de lugar   | <b>Causa</b><br>Medida fuera de especificación  | <b>Acción a tomar</b><br>Corregir medidas  |                     |
| <b>Elaborado por:</b><br><br>Gabriel Tafur Mego<br>Jefe de producción  | <b>Revisado por:</b><br><br>Edward R. Falero Alvino<br>Jefe de QA/QC | <b>Aprobado por:</b><br><br>Saul López Vásquez<br>Gerente de proyectos |                     |

Anexo 2. Formato de instrucción de procedimientos de armado de estructuras

|  |   |   |           |   |
|--|---|---|-----------|---|
| AMERICAN<br>MECANIC<br>MOTORS EIRL   |   | <b>INSTRUCCIÓN DE PROCEDIMIENTOS</b>  |           | Código:<br>PI - 002                           |
| <b>Proceso:</b>  |   | Fabricación de Estructuras Metálicas  |           |   |
| <b>Especificación:</b>   |   | ARMADO DE ESTRUCTURAS   |           |   |
| <b>Fecha:</b>  |   | 04 de febrero, 2019   |           |   |
| <b>Materiales</b>  |   | <b>Maquinaria</b>   |           |   |
| Planchas<br>Ángulos cortados<br>Cartelas (planchas de acero)<br>Barras de acero  |   | Esmeril de mano<br>Lápiz metálico<br>Máquina de soldar<br>Taladro de mano, Escuadras  |           |   |
| <b>Personal:</b><br>Técnico en metal mecánica<br>Operarios de Máquina herramienta  |   | <b>Equipo de Protección</b><br>Guantes de cuero<br>Lentes de protección, tapones auditivos<br>Zapatos con puntera de acero<br>Guardapolvo, casco de seguridad |           |   |
| <b>Actividades</b>   |   |   |           |   |
| 6) Trazados de planchas<br>7) Centrar plancha base<br>8) Lectura del plano de la pieza<br>9) Apuntalar accesorios<br>10) Perforar agujeros |   |   |           |   |
| <b>Descripción del proceso</b>   |   |   |           |   |
| 7) Trazado de medidas<br>8) Corte de cartelas<br>9) Corte de perfiles  |   |   |           |   |
| <b>Posibles fallas</b>   |   |   |           |   |
| <b>Defecto</b>   | <b>Causa</b>  | <b>fuera de</b>   | <b>de</b> | <b>Acción a tomar</b>                         |
| Agujeros corridos, mal trazo de medidas  | Medida fuera de especificación  |   |           | Corregir medidas y rellenar agujeros corridos |
| <b>Elaborado por:</b>  | <b>Revisado</b>   | <b>Aprobado por:</b>  |           |   |
|   |  |   |           |   |
| Gabriel Tafur Meگو<br>Jefe de producción   | Edward Remo Falero<br>Alvino<br>Jefe de QA/QC                                       | Saul López Vásquez<br>Gerente de proyectos  |           |   |

**Anexo 3.** Formato de instrucción de procedimientos de soldadura

|  |  |   |                                       |  |  |
|--|--|---|---------------------------------------|--|--|
| AMERICAN<br>MECANIC<br>MOTORS EIRL   |  | <b>INSTRUCCIÓN DE PROCEDIMIENTOS</b>  |                                       | Código:<br>PI - 003  |  |
| <b>Proceso:</b>  |  | Fabricación de Estructuras Metálicas  |                                       |  |  |
| <b>Especificación:</b>   |  | SOLDADURA   |                                       |  |  |
| <b>Fecha:</b>  |  | 04 de febrero, 2019   |                                       |  |  |
| <b>Materiales</b>  |  |   | <b>Maquinaria</b>                     |  |  |
| Elementos principales  |  |   | Equipo de soldar                      |  |  |
| Vigas  |  |   | Pico de loro (para medir catetos)     |  |  |
| Columnas   |  |   | Esmeril                               |  |  |
| tijerales  |  |   | Disco de corte                        |  |  |
| <b>Personal:</b>   |  |   | <b>Equipo de Protección</b>           |  |  |
| Soldador de proceso MIG/MAG  |  |   | Guantes de cuero, taponos auditivos   |  |  |
| Operarios de Máquina herramienta   |  |   | Lentes de protección, Casco de soldar |  |  |
|  |  |   | Zapatos con puntera de acero          |  |  |
|  |  |   | Guardapolvo, casco de seguridad       |  |  |
| <b>Actividades</b>   |  |   |                                       |  |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Esmerilar área a soldar</li> <li>2) Medir catetos</li> <li>3) Soldar según plano de fabricación</li> <li>4) Entregar a área de limpieza mecánica los elementos terminados</li> </ol> |  |   |                                       |  |  |
| <b>Descripción del proceso</b>   |  |   |                                       |  |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Soldar los pequeños accesorios</li> <li>2) Soldar Planchas base</li> <li>3) Soldar las vigas ya armadas</li> <li>4) Soldar los tijerales</li> </ol>                                  |  |   |                                       |  |  |
| <b>Posibles fallas</b>   |  |   |                                       |  |  |
| <b>Defecto</b>   |  | <b>Causa</b>  |                                       | <b>Acción a tomar</b>  |  |
| Defectos de soldadura (socavaciones, porosidades mala penetración de soldadura)  |  | Mal ajuste de máquina de soldar, el estado del clima influye también                |                                       | Corregir defectos de cordones de soldadura, rellenar catetos y poros                 |  |
| <b>Elaborado por:</b>  |  | <b>Revisado por:</b>  |                                       | <b>Aprobado por:</b>   |  |
|   |  |  |                                       |  |  |
| Gabriel Tafur Mego<br><b>Jefe de producción</b>  |  | Edward Remo Falero<br>Alvino<br><b>Jefe de QA/QC</b>                                |                                       | Saul López Vásquez<br><b>Gerente de proyectos</b>                                    |  |

**Anexo 4.** Formato de instrucción de procedimientos de pintura

|  |  |  |   |   |  |
|--|--|--|---|---|--|
| AMERICAN<br>MECANIC<br>MOTORS EIRL   |  | <b>INSTRUCCIÓN DE PROCEDIMIENTOS</b>   |   | Código:<br>PI - 004   |  |
| <b>Proceso:</b>  |  | Fabricación de Estructuras Metálicas   |   |   |  |
| <b>Especificación:</b>   |  | PINTURA (RECUBRIMIENTO)  |   |   |  |
| <b>Fecha:</b>  |  | 04 de febrero, 2019  |   |   |  |
| <b>Materiales</b>  |  |  | <b>Maquinaria</b>   |   |  |
| Pintura base<br>Pintura de acabado<br>Tiner<br>Lijas   |  |  | Equipo de pintura<br>Equipo de inspección de capas<br>reflectores<br>brocha de mano (para retoques) |   |  |
| <b>Personal:</b>   |  |  | <b>Equipo de Protección</b>   |   |  |
| Maestro pintor<br>Operario ayudante de pintura   |  |  | Traje especial para pintar<br>Mascara para no inhalar pintura<br>Cascos de seguridad<br>Guantes     |   |  |
| <b>Actividades</b>   |  |  |   |   |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lijar elementos a pintar</li> <li>2) Pintar elementos principales</li> <li>3) Pintar elementos secundarios</li> <li>4) Pequeños accesorios</li> <li>5) Pintar pernos etc</li> </ol>                                      |  |  |   |   |  |
| <b>Descripción del proceso</b>   |  |  |   |   |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Limpiar elementos a pintar, con lijas</li> <li>2) Preparación de la pintura</li> <li>3) Pintar con pintura base</li> <li>4) Luego con pintura de acabado</li> <li>5) Retocar áreas que no la alcanzo a pintar</li> </ol> |  |  |   |   |  |
| <b>Posibles fallas</b>   |  |  |   |   |  |
| <b>Defecto</b>   |  | <b>Causa</b>   |   | <b>Acción a tomar</b>   |  |
| Pintura chorreada, desnivel de capas   |  | Mala aplicación de pintura<br>Por no seguir instrucciones  |   | Darle una pasada más área desnivelada de pintura, lijar y pintar pintura chorreada  |  |
| <b>Elaborado por:</b>  |  | <b>Revisado por:</b>   |   | <b>Aprobado por:</b>  |  |
| <br>Gabriel Tafur Mego<br><b>Jefe de producción</b>   |  | <br>Edward R. Falero Alvino<br><b>Jefe de QA/QC</b> |   | <br>Saul López Vásquez<br><b>Gerente de proyectos</b> |  |



**Anexo 6.** Diagrama de Gantt

| ACTIVIDAD                                 | INICIO     | FINAL      | 01-agosto | 15-agosto | 30-agosto | 01-sept | 15-sept | 30-sept | 01-oct. | 15-oct. | 31-oct. | 02-nov | 15-nov. | 30-nov. |
|---|------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Pre-Definición<br>ANÁLISIS DEL<br>PROCESO | 01/08/2018 | 15/08/2018 |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE DEFINIR                          | 15/08/2018 | 30/08/2018 |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE MEDIR                            | 01/09/2018 | 30/09/2018 |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE ANALIZAR                         | 01/10/2018 | 15/10/2018 |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE MEJORAR                          | 15/10/2018 | 31/10/2018 |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |         |         |
| ETAPA DE CONTROLAR                        | 02/11/2018 | 30/11/2018 |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |         |         |

**Anexo 7.** Costo de la implementación

**CÁLCULO DE LOS COSTOS POR RECURSO HUMANO**

| <b>Ítem</b>      | <b>Personal</b>                                       | <b>Tiempo de trabajo</b> | <b>Costo total</b>    |
|------------------|---|--------------------------|-----------------------|
| 1                | 01 Técnico líder en control de calidad en estructuras | 4 meses                  | S/.<br>8,000.00       |
| 2                | 01 Técnico asistente en calidad en estructuras.       | 3 meses                  | S/.<br>5,000.00       |
| <b>SUB TOTAL</b> |   |                          | <b>S/. 13, 000.00</b> |

**CÁLCULO DE LOS COSTOS POR RECURSOS MATERIALES**

| <b>Ítem</b> | <b>Descripción</b>                         | <b>Tiempo de trabajo</b> | <b>Costo total</b> |
|-------------|--|--------------------------|--------------------|
| 1           | Materiales para el control de calidad      |                          |                    |
|             | Material para registros y controles        | 4 meses                  | S/.<br>2,500.00    |
| 2           | Materiales didácticos para la capacitación |                          |                    |

|  |                   |                      |                         |
|--|-------------------|----------------------|-------------------------|
|  | Videos            | 4 meses              | S/.<br>800.00           |
|  | Folletos, carpeta | 4 meses              | S/.<br>1,200.00         |
|  | Afiches           | 4 meses              | S/.400.00               |
|  |                   | <b>SUB<br/>TOTAL</b> | <b>S/.<br/>4,900.00</b> |

### CÁLCULO DE LOS COSTOS POR SERVICIOS

| Ítem | Descripción                            | Tiempo de<br>trabajo | Costo<br>total       |
|------|--|----------------------|----------------------|
| 1    | Capacitación del<br>personal en planta | 48 horas             | S/.<br>2,200.00      |
|      |  | <b>SUB<br/>TOTAL</b> | <b>S/. 2, 200.00</b> |

## CÁLCULO DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO

| Ítem         | Descripción                | Costo total (S/.)     | Costo total           |
|--------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | Costo del recurso humano   | S/.<br>13,000.00      |                       |
| 2            | Costo del recurso material | S/.<br>4,900.00       |                       |
| 3            | Costo de servicios         | S/.<br>2,200.00       |                       |
| <b>TOTAL</b> |                            | <b>S/. 20, 100.00</b> | <b>US\$ 5, 398.00</b> |

El costo total del proyecto asciende a **S/. 20, 100.00**. Equivalente a:

**US\$ 5, 398.00**

(Cambio del Dólar americano: US\$ 1 < > S/. 3.6 al 15/03/2021)

El gasto de la implementación fue de **S/. 5, 025.00** al mes. Ya que el periodo de implementación fue de 4 meses.

**Anexo 8.** Carta de aprobación de la implementación



AMERICAN MECANIC MOTORS E.I.R.L

Lima 8 de Marzo de 2021

Servicio de diseño, fabricación y montaje de naves industriales, techos metálicos y estructuras metálicas a medida.

**Señores:**  
**Universidad Privada del Norte**  
**Presente. -**

**Referencia: Proceso de suficiencia laboral de:**  
**Edward Remo Falero Alvino**  
**Gabriel Tafur Mego**

Es grato dirigirme a ustedes, para saludarlos cordialmente, así como para comunicarles lo siguiente:

Por solicitud mis colaboradores **Edward Remo Falero Alvino** y **Gabriel Tafur Mego** referente a su proceso de titulación por modalidad de Suficiencia Profesional, en el cual me solicitan dar fe y evidenciar que se realizó la **"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA AMERICAN MECANIC MOTORS E.I.R.L"** por tal motivo declaro lo siguiente:

- Antes, durante y después del proceso de implementación en mención, se hicieron las observaciones, seguimiento y evaluaciones pertinentes para alcanzar las mejoras deseadas y los objetivos planteados.
- Dichas acciones fueron respaldadas por la dirección de la empresa, con el apoyo del personal supervisorio y operativo. Entre las actividades realizadas se cuentan: implementación de jornadas de capacitación al personal, mejoras en los tiempos de procesos, análisis productivo-financiero para incorporación de tecnología actualizada al proceso productivo, renovación a las estrategias de orden y limpieza bajo la metodología Six Sigma, evaluación a los beneficios tangibles e intangibles de las mejoras y demostración de dichos beneficios a través de indicadores.

Sin otro particular, me despido de ustedes

Atentamente,



Gerente General



AMERICAN MECANIC MOTORS E.I.R.L.  
RUC: 20285230098  
Servicio de Fabricación de Equipos Mecánicos,  
Mantenimiento y Reparación de Equipos - Capital y  
Institución de general  
JR. RIO MAJES N.º 2, H. T. 01A  
OOOP. MARISCAL LUZURIAGA - S.J.L. - LIMA

**Av. Cooperativa Mariscal Luzuriaga Mz H Lote 1-a. Canto Grande – San Juan de Lurigancho**  
**Telf. (01) 3893470 Cel. 980 713367 – 984 339734 email: americanmecanicmotors@gmail.com**