

FACULTAD DE NEGOCIOS

Carrera de Administración

“METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA MEJORA
DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA
INVERFAEL SAC”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

LINCENCIADO EN ADMINISTRACIÓN

Autores:

Vladimir Diaz Ugarte
Evelin Reyes Garcia

Asesor:

MBA. Susan Madeleine Silvera Arcos
<https://orcid.org/0000-0001-9697-2602>

Lima - Perú

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi Sra. madre Luz, por ser el pilar más importante, demostrándome siempre su cariño y apoyo absoluto sin importar nuestras diferencias; a mis padrinos Javier, Inés, Armando, Alfonso por sus consejos, y ser mi soporte; a mi pareja Patricia por compartir momentos significativos conmigo siempre está dispuesta a escucharme y ayudarme de manera incondicional en cualquier momento. mis angelitos perrunos que se encuentran en cielo Motha, Mr. Chiky y Princesa.

Autor: Vladimir Diaz Ugarte

Dedicado en primer lugar a Dios, por haberme permitido llegar a uno de los momentos más importantes de mi vida, y haber logrado con éxito un sueño que lo veía muy lejano, y ahora hecho realidad.

A mi padre Herminio, que desde el cielo me acompaña, mi madre María, por su dedicación, y compromiso durante este tiempo de desarrollo profesional y a mis hermanos; Yiyo y Yaki, por su apoyo incondicional durante este tiempo de desarrollo profesional, demostrando su atención, cariño y comprensión.

Autor: Evelin Reyes García.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento al gerente de la empresa que nos permitió formar parte del equipo de reestructuración y mejora; A mi estimado asesor por orientarme en todo este proceso brindándome conocimientos para realizar el presente trabajo.

Autor: Vladimir Diaz Ugarte

Agradecimiento especial al gerente de la empresa por la confianza brindada, la cual nos permitió formar parte del equipo de reestructuración y mejora. A mí estimado asesor quien me oriento durante este tiempo, con su paciencia, dedicación y conocimientos, facilitando el desarrollo del presente informe.

Autor: Evelin Reyes García.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
CAPITULO 1. INTRODUCCION	10
1.1 Antecedentes de la empresa	10
1.1.6 Organigrama.....	12
1.1.7 Tipo de servicio.....	12
1.1.8 Clientes.....	15
1.1.9 Proceso del flujo de producción	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Bases teóricas	16
2.2.1_Six Sigma	16
2.2.1_Productividad.....	21
2.2.6 Tipos de productividad.....	23
CAPÍTULO III.....	25
DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	25
3.1. Contexto general.....	25
3.1.1 El proceso productivo de la empresa	26
3.1.3 Diagrama causa – efecto.....	29
3.1.4 Realidad problemática	29
Formulación del Problema	31

3.1.6 Justificación.....	32
3.1.7 Formulación de objetivos	33
3.1.7.1 Objetivo General	33
3.1.7.2 Objetivos Específicos.....	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	34
Desarrollo del método six sigma para determinar los resultados	34
4.1.1 Ejecución de las fases de implantación de la metodología	34
4.1.2 Desarrollo de la mejora	37
4.1.3 Ejecución de monitoreo y controles	46
Resultado general	53
Resultado específico 3:.....	55
Costo de Implementación.....	56
CÁLCULO DE LOS COSTOS POR RECURSO HUMANO.....	56
CÁLCULO DE LOS COSTOS POR RECURSOS MATERIALES	57
CÁLCULO DE LOS COSTOS POR SERVICIOS	58
CÁLCULO DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO	58
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
Conclusiones.....	59
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS	62
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cadena de valor INVERFAEL SAC	13
Tabla 2. Matriz FODA.....	14
Tabla 3. Nivel Sigma y DPMO.....	18
Tabla 4. Tabulación de los problemas que influyen en la baja productividad ...	31
Tabla 5. Criterios y cuantificación de las fallas en producción.....	35
Tabla 6. Matrix de determinación de jerarquía de criticidad.....	36
Tabla 7. Jerarquía de procesos críticos	36
Tabla 8. Proceso de planificación de la producción	42
Tabla 9. Temas desarrollados en la capacitación.....	44
Tabla 10. Base de datos del valor de productividad antes de implementación	50
Tabla 11. Base de sobrecostos antes de implementación	51
Tabla 12. Base de datos de materiales defectuosos antes de implementación ...	52
Tabla 13. Base de datos de la productividad después de la implementación	53
Tabla 14. Base de datos de ahorro por trabajo realizado después de la implementación.....	54
Tabla 15. Base de datos de materiales defectuosos después de implementación	55
Tabla 16. Costo de recursos humanos	56
Tabla 17. Costo de recursos de materiales.....	57
Tabla 18. Costo de servicios	58
Tabla 19. Costo total del proyecto	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de INVERFAEL S.A.C	12
Figura 2. Flujo de produccion.....	15
Figura 3. Etapas del SixSigma.....	20
Figura 4. Proceso de armado	27
Figura 5. Proceso de soldadura.....	27
Figura 6. Proceso de pintura.	28
Figura 7. Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 8. Programación de actividades vs periodo de aplicación.....	34
Figura 9. Distribución de planta antes de implementar Six Sigma.....	37
Figura 10. Distribución de planta con metodología Six Sigma.....	38
Figura 11. Planta con mejor distribución.....	39
Figura 12. Estructuras con mejor calidad de soldadura.....	40
Figura 13. Formato de Instructivo de habilitación de materiales.	41
Figura 14. Capacitación al personal sobre la metodología.....	45
Figura 15. Formato de Instructivo de aplicación de procedimientos de pintura. 47	
Figura 16. Formato de control de herramientas y equipos	48

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. productividad del proceso.....	22
Ecuación 2. Eficiencia del proceso.....	22
Ecuación 3. Eficacia del proceso.....	22

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa INVERFAEL S.A.C, dedicada a la fabricación de estructuras metálicas, esta organización presento una baja productividad debido a una deficiente distribución de estaciones de trabajo, falta de capacitación a los trabajadores involucrados en el proceso de fabricación, ausencia de un plan de control y calidad para los materiales, todo esto porque la empresa no contaba con una metodología de mejora de calidad, la cual fue causa del bajo desempeño del personal y esto generaba baja calidad y productividad en la organización. Los resultados obtenidos por la implementación fueron un aumento de manera significativa en la productividad. Se concluye del presente informe que la implementación de la metodología Six sigma incrementa la productividad de las organizaciones.

Palabras clave: producción, calidad, eficiente, productividad.

CAPITULO 1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes de la empresa

INVERFAEL S.A. está ubicada en Pro. Leoncio Prado Nro. 417. Huacho, Huaura es una empresa metal mecánica que inició operaciones en marzo del 2016, esta organización se dedica a la fabricación de estructuras metálicas livianas, y pesadas; tales como: barandas, escaleras (estructuras livianas) y naves industriales (estructuras metálicas pesadas). Por otro lado, los principales clientes de la empresa se encuentran; en el rubro minero, construcción, industria y comercio, caracterizados siempre por la calidad y el tiempo de entrega, siendo estas las ventajas competitivas dentro del mercado o rubro al que se desarrolla.

Aspectos generales:

- **Gerente general:** Leño Melendrez Aurelio
- **Razón social:** Sociedad anónima Cerrada
- **Régimen:** Pequeña Empresa
- **Actividad:** fabricación de estructuras metálicas
- **Rubro:** Metalmecánica
- **RUC:** 20601100321

1.1.2 Visión

“Lograr a un mediano plazo, en ser una empresa reconocida como los principales fabricantes de estructuras metálicas en el rubro de la metalmecánica a nivel nacional, siendo modelo para seguir para otras empresas”.

1.1.3 Misión

La misión de la organización es: “Brindar los mejores y más confiables servicios de fabricación de construcciones metálicas para todos nuestros clientes, centrandó 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”.

1.1.4 Valores

Los valores de la empresa están conformados por:

- **Solidaridad:** Apoyarnos mutuamente todo el equipo de la empresa. Todos compartimos el mismo objetivo a beneficio de la empresa
- **Respeto:** Tanto como la parte operativa y administrativa el respeto es de manera mutua, además el respeto a nuestros clientes.
- **Compromiso:** El compromiso de los colaboradores y empleados contribuye de manera positiva a la eficiencia, productividad, satisfacción y éxito de la empresa.

1.1.5 Infraestructura

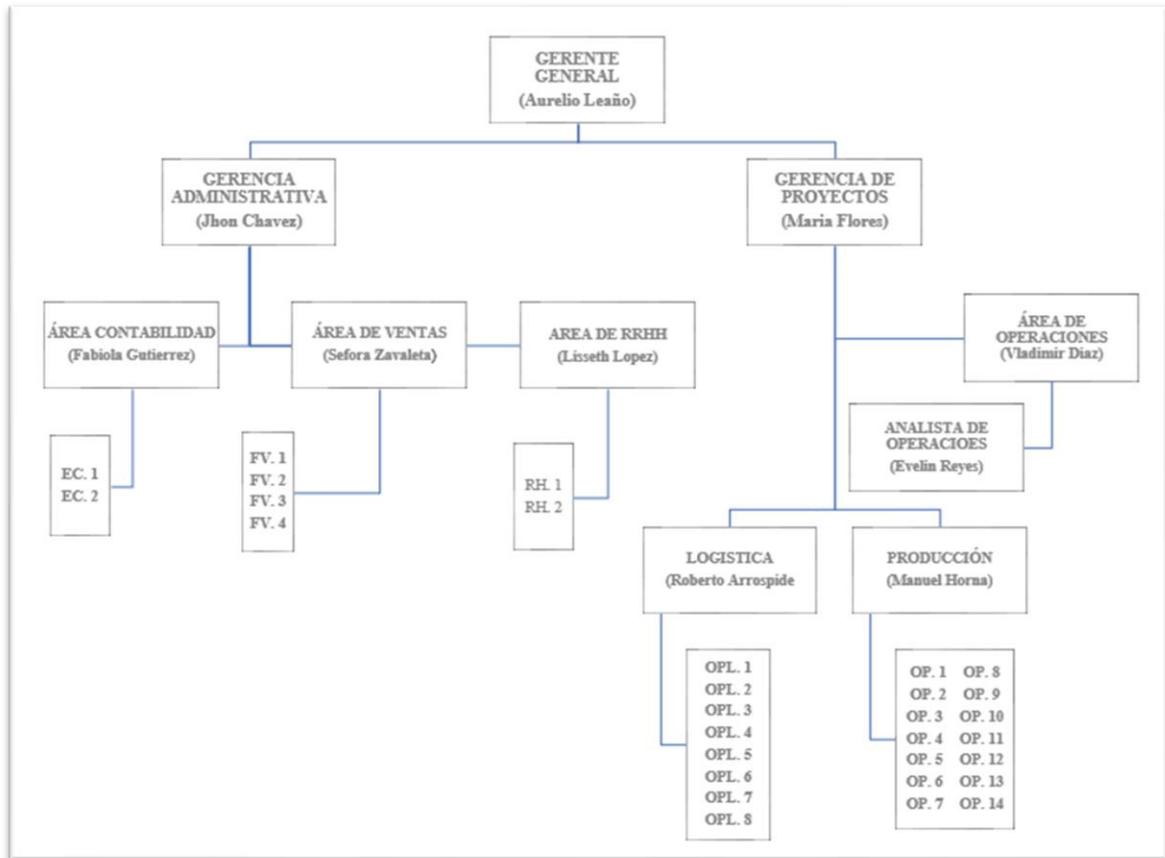
La empresa cuenta con una planta de 1,100 m² incluyendo las oficinas administrativas, con las siguientes maquinarias:

- Máquinas de control numérico computarizado
- torno CNC
- Troqueladora
- Fresadora CNS
- Taladro radial
- Soldadora
- Cortadores
- Galvanizado
- Granete.

1.1.6 Organigrama

Figura 1

Organigrama de INVERFAEL S.A.C



Fuente: INVERFAEL S.A.C

Nota. Como se evidencia en el organigrama de la empresa INVERFAEL S.A.C. cuenta con 40 personas que trabajan actualmente, en el proceso de fabricación de las estructuras.

1.1.7 Tipo de servicio

INVERFAEL S.A.C. es una empresa de estructuras metálicas, realizando proceso de manufactura a entidades privada y públicas.

Tabla 1.

Cadena de valor *INVERFAEL S.A.C.*

Actividad Principal	Descripción	Actividades de Apoyo	Descripción.
Brindar productos de calidad a los clientes internos.	Realizar acciones para la satisfacción del cliente interno.	La Gerencia de proyectos	Áreas que trabajan en conjunto, para fortalecer la cadena de valor.
Excelente infraestructura y herramientas de trabajo de última tecnología.	Revisión de la buena infraestructura y equipamiento de calidad.	Dirección de soportes, gerencia administrativa.	Actividades que presten apoyo a la planificación y optimización.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.

Matriz FODA *INVERFAEL S.A.C.*

Fortaleza	Oportunidades	Debilidad	Amenaza
Enfoque a la satisfacción del cliente.	Compromiso para entregar productos de calidad y en el tiempo requerido por el cliente	Falta de estandarización en el proceso de fabricación.	Variación del precio de la materia prima.
Generar compromiso y motivación a los trabajadores.	Tener una visión de optimizar recursos en el proceso.	No cuenta con manuales de procedimientos.	La inestabilidad del tipo de cambio (Dólar).
Infraestructura y maquinaria propia.	La materia prima que ofrecemos es de calidad.	No utilizan indicadores de control de producción.	La inestabilidad política del país.
Cultura financiera de la empresa.	Cartera de clientes en crecimiento.	Necesita ampliar almacén.	Ausencia de control y estandarización de actividades en el proceso.

Fuente: Elaboración propia

1.1.8 Clientes

La empresa INVERFAEL S.A.C cuenta con una participación en el mercado del 12%, mencionando a los principales clientes de su cartera:

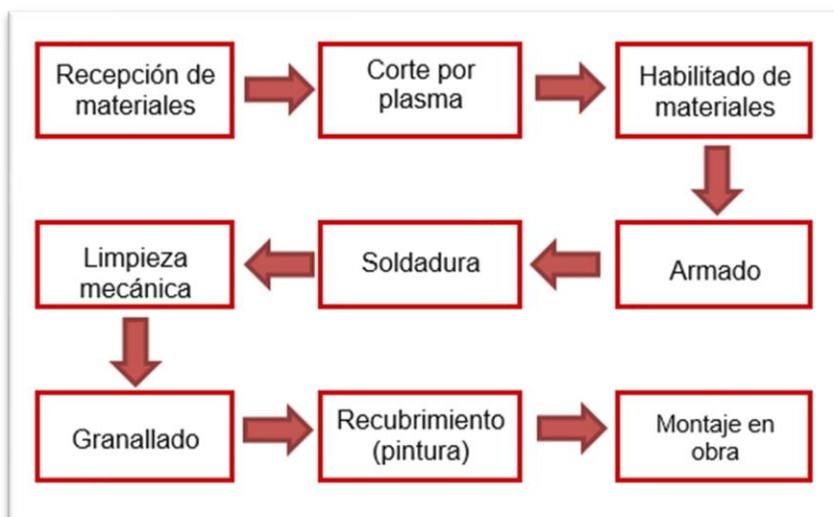
- COSAPI (márgenes de ganancias y desde que año es cliente) ingresos de manera anual
- CESEL INGENIEROS
- GCAQ INGENIEROS
- CAMESA
- ABB
- Municipalidad de Oyon

1.1.9 Proceso del flujo de producción

A continuación, el proceso de manufactura

Figura 2

Flujo de producción



Fuente: INVERFAEL S.A.C

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.2.1 Six Sigma

Según Navarro y Pérez (2017). indican en su artículo que la metodología Six Sigma es rigurosa, se basa en datos reales para eliminar los defectos en un proceso, de forma eficaz al ejecutar un trabajo y actividades. es cuantificar el desarrollo de un proceso en relación con sus servicios o productos, según las especificaciones establecidas. Es un trabajo eficiente de una mejora continua de procesos y productos, que se soporta con el uso adecuado de herramientas industriales.

Sejzer (2016). Afirma que el Six Sigma como una técnica de medición, incrementa la calidad teniendo como objetivo de mejorar los negocios que localiza y elimina las causas, errores, restricciones en el ciclo de producción y servicios al orientarse en los resultados requeridos por los clientes, aumentando el ingreso económico para la organización. Además, dicha metodología se refiere a 3.4 o menos defectos o errores por millón de oportunidades.

2.2.2 Historia

Según Navarro, Gisbert y Pérez (2017) Afirman que el Six Sigma como una filosofía que surgió en los años ochenta, con la necesidad de realizar estrategias de mercado y mejorar la calidad en la empresa Motorola, gracias a Mikel Harry ingeniero de profesión. Se fijó como meta importante en la organización; la evaluación y el análisis de la variación que existía en el proceso de la empresa, de

manera que se alinee más a la realidad, y consiguiendo incrementar su productividad y competitividad. Según Evans y Lindsay. (2014). La metodología Six Sigma se inició en la manufactura con el objetivo de reducir los niveles de fallas. desarrollo en una planificación de negocios diseñada para agilizar las mejoras en todas las áreas de una organización. Integra varios métodos estadísticos y herramientas de calidad que han encontrado una aplicación extensa en el último siglo. Sin embargo, la manera en que se ejecuta a fin demuestra un alejamiento de las habilidades de administración de la calidad total en los años 1970 y 1980. “Six sigma demuestra una forma de medir el desempeño del proceso en relación con su nivel de servicios o productos fuera de las especificaciones” (Escalante, 2014, pag.19)

Bravo y Pucharelli (2020) Los autores afirman en relación con el Sigma, de cada millón de oportunidades solo habrá 3.4 defectos. desechando estos desperdicios, aumentando los niveles de producción y calidad de los productos. De esa manera, incrementa la competitividad de cualquier organización en el mercado internacional.

En la Tabla 3 se demuestra que a medida que el nivel sigma incrementa, los defectos disminuyen de forma significativa. esta relación no es lineal.

Tabla 3.

Nivel Sigma y DPMO

Nivel sigma	Porcentaje de productos sin defectos	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)
1	30.9	690000
2	69.2	308000
3	93.3	66800
4	99.4	6210
5	99.98	320
6	99.9997	3.4

Fuente: Bravo y Pucharelli (2020)

2.2.3 Ventajas del Six Sigma

Uriarte (2019) afirma en su libro sobre la aplicación del Six Sigma causa un escenario de ganar-ganar, facilita estrategias y un mejor ambiente en referencia al flujo y elimina los desperdicios, a continuación, las ventajas de la metodología:

- ❖ **Eliminación del desperdicio:** cuando mencionamos desperdicios los localizamos en toda la cadena suministros, y generan problemas en los procesos, ocasionan retrasos en las operaciones en todo el sistema.

- ❖ **Una mejor calidad:** se conoce que Six Sigma es una técnica mediante ello se obtiene una mejor calidad. consiguiendo resultados constantes del proceso, eliminando defectos y variaciones del proceso, obteniendo servicios y productos de mejor calidad.

- ❖ **Identifica la causa raíz:** Analiza la causa raíz, es una actividad que integra el Six Sigma, la cual analiza el origen del inconveniente para demostrar su causa. Una vez que se sabe del problema, nos facilita de manera adecuada los pasos a seguir para llegar a la solución.

- ❖ **La Satisfacción del cliente:** la metodología Six Sigma considera VOC, Voice of the Customer, esta herramienta que facilita identificar los deseos y necesidades de los clientes, de esta manera la empresa pueda cumplir las expectativas y entregue mayor satisfacción a los clientes.

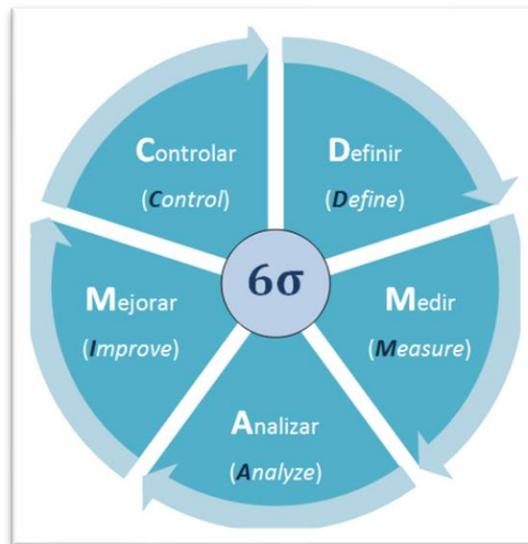
- ❖ **La mejora del proceso:** Six Sigma nos ayuda a mejorar los procesos en una empresa mediante el método DMAIC, este método es aplicable a cualquier tipo de industria. Varias organizaciones utilizan Six Sigma, la gran parte de las organizaciones lograron el éxito.

2.2.4 Etapas del Six Sigma

Sejzer (2016) Indica que las fases de Six Sigma también se comprende como DMAIC; la cual está conformada por cinco fases: 1) definir, 2) medir, 3) analizar, 4) mejorar y 5) controlar.

Figura 3

Etapas del SixSigma



Fuente: Sejzer (2016). Calidad Total

1. Define (Definir):

Siendo la primera fase, definir el inconveniente, en este procedimiento se logra identificar los posibles proyectos del Six Sigma, la cual tendrá que ser considerada por la empresa, para evitar una inadecuada utilización de los recursos. Esto procede en el momento de haber sido elegido el proyecto, se crea el equipo de trabajo más competente para ejecutarlo.

2. Medir

En la fase de medir, en este procedimiento se refiere a la descripción del proceso identificando y evaluando las necesidades de los clientes, los defectos del producto (o variables del resultado), los parámetros que repercuten desempeño del proceso,

las características clave; así de la caracterización se fijara el desarrollo y medidas del proceso.

3. Analizar

En esta fase una vez recopilada la información se tendrá que identificar la causa raíz del servicio o producto que no cumple con las especificaciones, comprender ¿por qué?, y ¿cómo? surgen los problemas, indagando hasta encontrar las causas más críticas validado a través de la información o datos.

4. Mejorar

En la fase mejorar que se refiere a entregar mejoras, desarrollar, implementar y comprobar las soluciones a las causas raíz. usando datos que facilite evaluar los resultados. En este procedimiento se ejecuta la aplicación de las mejoras a la empresa para mejorar el servicio o producto.

5. Controlar

En la fase controlar, la cual consiste en diseñar y documentar las verificaciones que es importante para avalar lo conseguido a través de la metodología Six Sigma, para que sea constante una vez aplicada los cambios o mejoras en el proceso de la empresa. logrando los objetivos y metas y así termina el proceso.

2.2.5 Productividad

Sevilla (2016) Indica que la productividad es la medida económica que concluye la cantidad de servicios y bienes, que se genera por cada factor que se usó (trabajador,

tiempo, capital, etc.) durante un periodo establecido. Al incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando que menos recursos utilizados para producir la misma cantidad. Por lo tanto, la productividad será mayor y también los ingresos económicos a la empresa.

Ecuación 1.

productividad del proceso

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

Fuente: Sevilla, Andrés. (2016).

2.2.6 Importancia de la productividad

Sevilla (2016) El autor afirma en referencia a la importancia de la productividad, es considerable que facilita aumentar la calidad de vida de la sociedad, permitiendo mejores sueldos, rentabilidad de proyectos y obras, y produciendo un incremento en las inversiones y puestos de trabajo.

Ecuación 2.

Eficiencia del proceso

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

Fuente: Sevilla, Andrés. (2016).

Ecuación 3.

Eficacia del proceso

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

Fuente: Sevilla, Andrés. (2016).

2.2.7 Tipos de productividad

Cuando hablamos de los tipos de productividad se toma en consideración los factores, la cual se clasifican de la siguiente forma:

- ❖ **Productividad total de los factores:** Se refiere en el momento que se relaciona la producción lograda con la totalidad de los factores que se utilizó en la producción. Considerando los siguientes factores que es el capital, la tierra y el trabajo.
- ❖ **Productividad laboral:** Consiste en la vinculación de la cantidad de trabajo ejecutado con la producción lograda.
- ❖ **Productividad marginal:** Esta se refiere a lo sobrante de una producción que se obtiene con la unidad adicional que es de un factor dentro de la producción, manteniendo lo demás constantes. En este parte se habla de la ley de rendimientos decrecientes, al aplicar mayores unidades en un factor de la producción, sin afectar el resto, esta facilitara menores incrementos en producción por unidad.

2.2.8 Factores que afectan en la productividad

Se indican los factores que repercute en la productividad de una empresa, se mencionan los siguientes factores principales:

- ❖ **El capital invertido en la industria (K):** Se refiere a la suma de capital, este es un factor muy valioso en la productividad.

- ❖ **Calidad y disposición de los recursos naturales; tierra (T):** Esto consiste cuando una nación u organización posee o se ubica cerca a los recursos naturales tendrá una mayor productividad. considerando el valor de estos recursos, que no habrá desembolso económico por ellos, ni transportarlos desde un lugar alejado. A este factor se le conoce como factor tierra (T).

- ❖ **La calidad y cantidad de los recursos humanos; labor (L):** Consiste en la cantidad de trabajadores de la empresa e industria, y el nivel que tienen en educación como también en experiencia.

- ❖ **Nivel tecnológico (A):** Aquí hablamos de cuanto es el conocimiento y el nivel tecnológico se logrará mayor productividad.

- ❖ **Entorno macroeconómico:** El factor económico repercute en la demanda de los productos y servicios, así como en la necesidad de optimizar la eficiencia. Esto genera un impacto indirecto en la empresa.

- ❖ **Entorno microeconómico:** Este se refiere impacto directo en relación con su capacidad de servir, su producto o servicio al cliente.

CAPÍTULO III.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Contexto general

A continuación, se presentará la descripción de experiencias de cada uno de los participantes del presente informe técnico de trabajo de suficiencia profesional, se detalla:

El colaborador Vladimir Diaz Ugarte inicio sus labores en la empresa INVERFAEL S.A.C el 16 de febrero del 2018, asumiendo la función de supervisor de operaciones, el puesto fue cubierto mediante una invitación de trabajo por parte del gerente general, las gerencias administrativas y de proyectos, con la finalidad de mejorar y reestructurar el área de operaciones. Las funciones asignadas al puesto fueron: (a) planificar y controlar la ejecución de las operaciones con los clientes para cumplir con los acuerdos de nivel de servicio establecidos con los mismos; (b) programar y asignar los recursos para la ejecución de las Operaciones en almacén a fin de cumplir con el presupuesto de costo de venta correspondiente; (c) Supervisar la ejecución de las operaciones a fin de cumplir con los acuerdos de servicio correspondientes; (d) Supervisar la liquidación de los servicios brindados a los clientes, así como de los proveedores a fin de registrar de manera oportuna y confiable el costo de venta. En el transcurso de unos meses realizando el análisis del área, a mi solicitud pido a gerencia para implementar el plan de mejora del área de operaciones, para ello solicito contar con un apoyo de un analista (Evelin Reyes).

Por el otro lado, la colaboradora Evelin Reyes García, inicio sus actividades laborales el 19 de noviembre del 2018, el puesto fue asumido mediante reclutamiento, siendo su último proceso la entrevista con el gerente general, las gerencias administrativas y de proyectos, las funciones a realizar como analista de

operaciones son: (a) actualización y seguimiento de indicadores de gestión; (b) Elaborar las presentaciones semanales con la información de los indicadores; (c) Soporte en la implementación de nuevos proyectos e impulsar la mejora continua; (d) Validar movimientos del cuadro del Kardex por almacén; (e) Coordinación para abastecimiento de requerimientos del área.

La empresa en sus inicios no contaba con plan estratégico de negocio, lo que evidenciaba la falta de control: en sus procesos presentaba fallas en su producción, ello generaba retraso en su proceso, el sobre costo, significa el reproceso de desperfectos. En el año 2018 con nuestra incorporación, nace el interés de implementar la metodología Six Sigma para mejorar e incrementar la productividad de la empresa.

3.1.1 El proceso productivo de la empresa

3.1.2 Áreas de producción de la empresa metal mecánica

- **Procedimiento de almacén:** En este procedimiento se realiza la recepción de materiales e insumos para posteriormente fabricación de los elementos fabricados en la empresa.
- **Procedimiento de maestranza.** En esta estación se habilita el material para los componentes que se fabrican, accesorios para la elaboración de las estructuras metálicas.

Figura 4.

Proceso de armado



Fuente: INVERFAEL S.A.C

- **Procedimiento de armado.** En esta estación es cuando ensamblan los componentes de las estructuras parciales y se apuntalan (junta mediante soldadura) con un punto de soldadura para después soldarlas.

Figura 5.

Proceso de soldadura



Fuente: *INVERFAEL S.A.C*

- **Procedimiento de soldadura.** En esta estación es cuando se sueldan los partes (componentes) de las estructuras previamente presentados por la estación de armado.
- **Procedimiento de limpieza mecánica.** En esta parte del proceso es cuando se esmerila y escobillan los componentes excluyendo las salpicaduras producido por la soldadura, filos cortantes y virutas de las estructuras metálicas durante el proceso de manufactura.
- **Procedimiento de granallado.** En dicha estación es la encargada de realizar la limpieza de las superficies de los componentes metálicos, a través del disparo a presión de partículas metálicas sobre las superficies de los componentes metálicos que posteriormente se pintaran.

Figura 6.

Proceso de pintura.



Fuente: INVERFAEL S.A.C

- **Procedimiento de recubrimiento.** Es esta estación se realiza la siguiente tarea, se pintan los componentes, lo primero es pintar con la pintura base

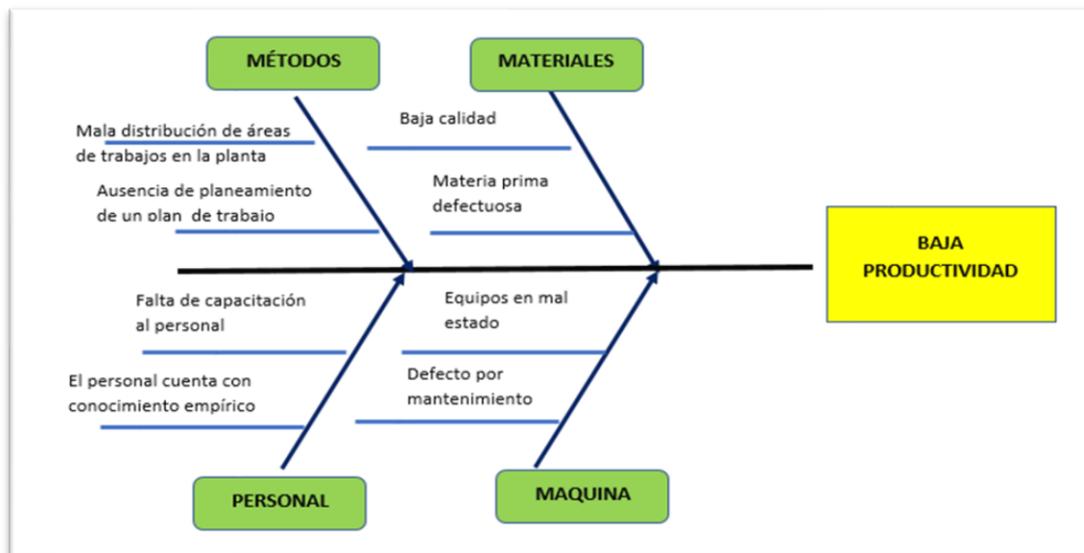
(color blanco) y después se pasará pintura de acabado. La estructura metálica es pintada con pintura base y finalmente de acabado.

3.1.3 Diagrama causa – efecto

En la figura 7 se observa el diagrama de “Ishikawa”, conocido como el diagrama de causa y efecto respecto a la baja productividad de la empresa INVERFAEL S.A.C.

Figura 7.

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

En base al análisis del diagrama de Ishikawa (causa – efecto), se realizó la reunión con el gerente general, el de proyectos y los encargados de áreas. Para identificar los problemas. De esta manera se demostró las causas de la baja productividad.

3.1.4 Realidad problemática

Al analizar los problemas que se encontró en el proceso de manufactura, empezamos indicando ausencia de control para la recepción de los materiales, y

después es el de habilitar los componentes metálicos para la fabricación de las estructuras.

La siguiente estación es el de armado, aquí se presentan inconvenientes de manera frecuente, por parte de los trabajadores armadores, los componentes estructurales (columnas, vigas etc.), cometen errores en los trazos y falta de capacitación para la interpretación de los planos de fabricación, en algunos casos levantar las observaciones (fallas en la operación) consumen mucho tiempo de trabajos para corregir los errores de fabricación.

La estación de soldadura, una vez que los componentes son armados, aquí el inconveniente en el proceso de la soldadura es por falta de la capacitación a los soldadores en cuanto a normas técnicas de soldadura y falta de mantenimiento a los equipos de soldaduras, y esto retrasa la producción.

La estación de limpieza mecánica, aquí el problema fue que no tenían las herramientas adecuadas y falta de capacitación en cuanto a la calidad de producción, la tarea en esta estación fue: limpiar la salpicadura producido por la soldadura, filos cortantes de planchas cortadas, pepas de soldadura, y también esmerilar las perforaciones produciendo demora en la producción por falta de capacitación al personal.

Por último, tenemos la siguiente estación de pintura, aquí el problema es con los trabajadores (pintores), falta de instrucción del manejo adecuado de las herramientas de control de calidad (medidor espesor), también sumándole que no utilizaban de manera adecuada los equipos de protección personal (EPP) asignado por la organización por ausencia de capacitación.

Tabla 4.

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 -No hay un control de calidad en la recepción de los materiales	BAJA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA
2	Armado	-Falta de capacitación al personal -Deficiencia a la lectura de planos de fabricación -Frecuentemente observaciones dimensionales	
3	Soldadura	-Soldadores empíricos -Falta de capacitación -Maquinas mal graduadas	
4	Limpieza mecánica	-Falta de capacitación al personal -Falta de orden de trabajo -Herramientas en mal estado -Ubicación Inadecuada del área	
5	Recubrimiento de las estructuras	-Falta de capacitación a los pintores - herramientas y instrumentos en mal estado -Ubicación Inadecuada del área	

Nota: Elaboración propia

3.1.5 Formulación del Problema

3.1.5.1 Problema general

¿En qué medida afectara la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad de la empresa INVERFAEL S.A.C.?

3.1.5.2 Problemas específicos

- **Problemas específicos 1**

¿En qué medida afectara 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 INVERFAEL S.A.C.?

- **Problemas específicos 2**

¿En qué medida afectara la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar el flujo de producción, en cada estación de trabajo en el proceso de fabricación de la empresa INVERFAEL S.A.C.?

- **Problemas específicos 3**

¿En qué medida afectara la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar el control y recepción de materiales en el proceso de fabricación de la empresa INVERFAEL S.A.C.?

3.1.6 Justificación

El presente estudio posibilita a la empresa INVERFAEL S.A.C. mejorar la productividad, reduciendo el nivel de desperdicio de material y tiempo, eliminando las fallas o errores en el proceso. Además de proveer a la organización herramientas de documentación con la que no contaba antes de la implementación. Asimismo, se capacita a los trabajadores incrementando la calidad de las tareas en cada estación. Produciendo el incremento y mejora de la productividad mediante la calidad y optimizando el tiempo en el proceso.

En la parte económica, la implementación de la metodología Six sigma permite a la organización más oportunidades para aplicar la filosofía de mejora continua en

el proceso de fabricación, eficiencia en los trabajos de los empleados, uso adecuado de los equipos y herramientas, minimizando los costos de los materiales, esto posibilitara a la organización lograr incrementar sus ganancias, generando un ambiente óptimo para cubrir exigencias de nuestros clientes, de esta manera se posicionara en el mercado.

3.1.7 Formulación de objetivos

3.1.7.1 Objetivo General

Implementar la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de la empresa INVERFAEL S.A.C.

3.1.7.2 Objetivos Específicos

- **objetivo específico 1**

Implementar la metodología Six Sigma para mejorar el seguimiento sistemático y control de las órdenes de trabajo en el proceso de producción de la organización.

- **objetivo específico 2**

Implementar la metodología Six Sigma para mejorar el flujo de producción, en el proceso de fabricación de la organización, para prevenir cuellos de botella.

- **objetivo específico 3**

Implementar la metodología Six Sigma para optimizar la recepción y control de materiales en el proceso de la producción de la organización.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Desarrollo del método Six Sigma para determinar los resultados

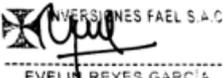
4.1.1 Ejecución de las fases de implantación de la metodología

Se detalla la ejecución de las fases de la implantación de actividades (diagrama de Gantt).

la empresa aprobó el inicio del Six Sigma en el segundo semestre del año 2018.

Figura 8.

Programación de actividades vs periodo de aplicación

		CRONOGRAMA ACTIVIDADES										CODIGO: OP0001		
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 ANÁLISIS DEL 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												
Elaborado por:  INVERSIONES FAEL S.A.C. VLADIMIR DÍAZ UGARTE SUPERVISOR DE OPERACIONES		Revisado por:  INVERSIONES FAEL S.A.C. EVELIN REYES GARCÍA ANALISTA DE OPERACIONES					Aprobado por:  INVERFAEL SAC. AURELIO LEANO MELENDEZ GERENTE GENERAL							

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la jerarquía de criticidad de los procesos de trabajo

Para determinar la jerarquía de criticidad en el proceso de producción de la empresa se fijó criterios de evaluación, se obtuvo por lluvia de ideas aplicado al personal que fueron considerados por su experiencia y por el tiempo que llevan trabajando en la organización, tal como se visualiza en la tabla 5.

Tabla 5.

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

Fuente: Elaboración propia

A continuación, los empleados elegidos, evaluaron cada procedimiento de la fabricación las estructuras metálicas acorde a los criterios previamente mencionados, de esta manera, según el puntaje logrado en cada procedimiento, se establece los puntajes acumulados de manera jerárquica, de acuerdo con su efecto en el proceso de fabricación de las estructuras. Así mismo en la siguiente tabla N° 6 se proporciona la información.

Tabla 6.

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

Personas entrevistadas	Procesos									
	Recepción de materiales	Habilitados	Armado	Soldadura	Limpieza mecánica	Granallado	Pintura	Despacho	Montaje en obra	
Encargado de producción	1	3	3	5	1	1	3	1	3	
Encargado de maestranza	1	3	3	4	0	1	2	2	3	
Encargado de armado	1	3	2	4	1	1	3	1	2	
Encargado de soldadura	1	4	3	4	0	1	2	1	2	
Encargado de montaje en obra	1	3	3	4	1	1	3	1	3	

Fuente: Elaboración propia

Los procedimientos más críticos, que influyen de manera significativa el proceso de fabricación, los puntajes acumulados se demuestran en el siguiente orden, como se puede evidenciar en la tabla N° 7.

Tabla 7.

jerarquía de procesos críticos

Jerarquía de Procesos Críticos	Puntaje Asignado
Proceso de soldadura	21
Habilitado de materiales	16
Armado	14
Pintura	13
Montaje en obra	13

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Desarrollo de la mejora

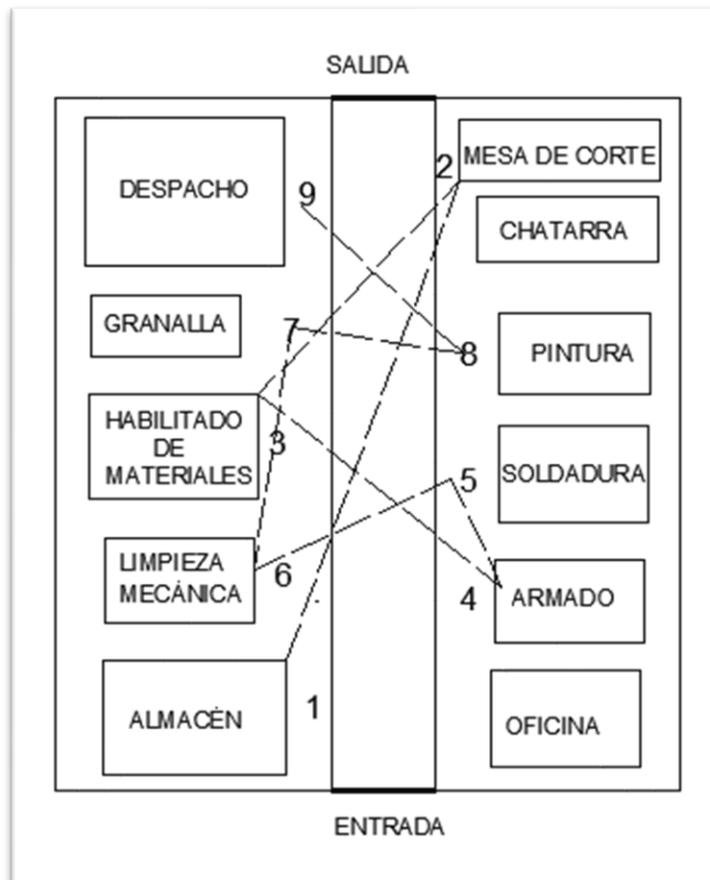
En el desarrollo de la mejora se realizó las siguientes actividades para solucionar los problemas e inconvenientes que existían en la organización, a continuación, se demuestra las actividades ejecutadas:

Actividad N°1. Reubicación adecuadamente de las estaciones

Respecto a la primera actividad consistió en optimizar la distribución de las estaciones de trabajo en la empresa, instalaciones y maquinaria alineado al sistema de producción de manera continua, este punto es muy valioso para considerar la planificación de producción, esto sigue acorde gráfica del flujo de operaciones y flujo de proceso.

Figura 9.

Distribución de planta antes de implementar Six Sigma.

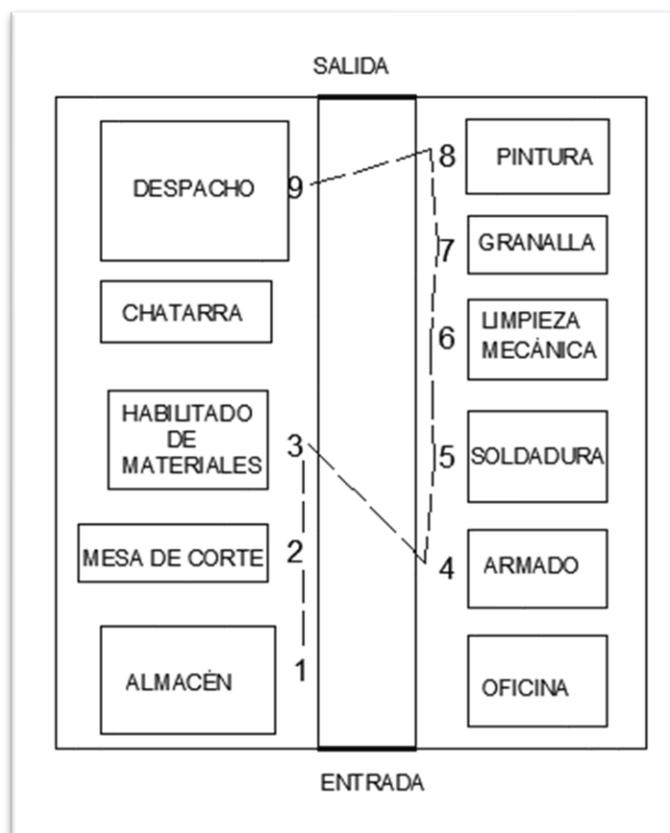


Fuente: Elaboración propia

Antes de la implementación de la metodología Six sigma, la distribución de las estaciones de la planta de fabricación no era acorde al flujo del proceso de fabricación de las estructuras metálicas. Esto generaba retrasos en las operaciones ocasionando una baja productividad en la organización, esto se considera como desperdicio por no agregar valor al proceso de manufactura.

Figura 10.

Distribución de planta con metodología Six Sigma



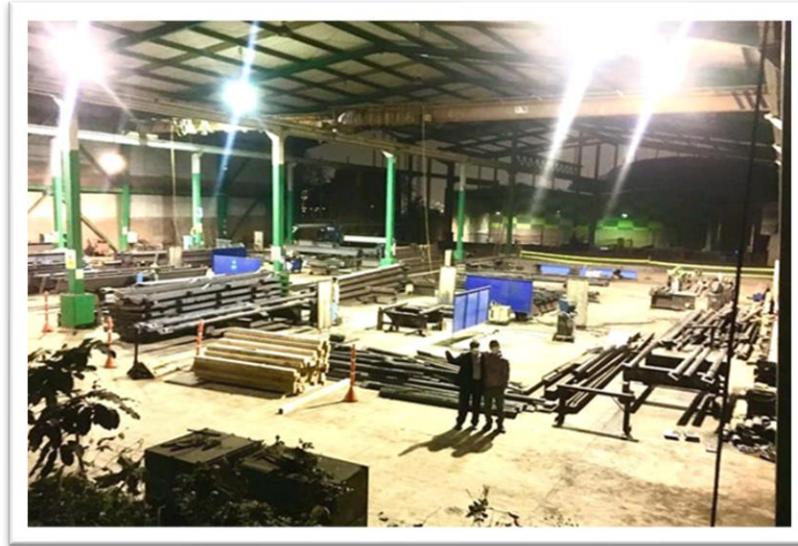
Fuente: Elaboración propia.

Al implementar el Six sigma en la organización, las distribuciones de las estaciones de la planta están alineados al flujo del proceso de fabricación de las estructuras metálicas, de esta manera se está optimizando la producción e incrementando la

productividad de la empresa, sumado a un mejor ambiente de trabajo en el proceso de manufactura.

Figura 11.

Planta con mejor distribución.



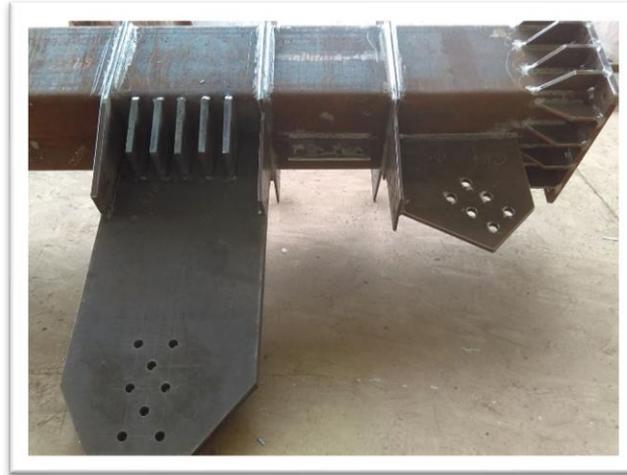
Actividad N°2. Estandarización de las tareas

En esta actividad mejoro notablemente la calidad de los productos y proceso, optimizando el uso de las instalaciones y maquinarias que interviene en el proceso. Eliminando los retrasos en la producción. De la siguiente manera mejoro el desempeño de las tareas en cada estación:

Respecto al procedimiento de armado y soldadura, mejoro, a través de las capacitaciones sobre técnicas de soldar y proceso, así también capacitar y preparar un adecuado manejo de los equipos de soldar, trazos, cortes y equipos que de mecánica de banco.

Figura 12.

Estructuras con mejor calidad de soldadura



En referencia a la estación de recubrimiento (pintura), los elementos a pintar la cual no contaran con ningún defecto en su superficie, no debe haber presencias de óxidos, grasas, u otro tipo de impurezas para lograr un óptimo recubrimiento de la pintura, y evitar el riesgo de oxidarse u de otro efecto peligroso a las estructuras sea por geografía del lugar o factor climático.

También se optimizo las actividades en procedimientos de despacho, previo a que los elementos fabricados sean enviados a obra y, en el pre-montaje, no restringirse no solo en el control de los elementos principales, sino a todos los elementos de la estructura en general.

También se diseñó formatos, así como el Formato de Instrucción de Procedimientos para la estación de Habilitado de Materiales, de manera parecida se elaboró para cada procedimiento. Este documento permite como material de capacitación e información para los nuevos empleados que se ingresan a trabajar en la organización. A continuación, se muestra dicho formato de procedimiento.

Figura 13.

Formato de Instructivo de habilitación de materiales.

		Ficha De Instrucción de procedimientos	Código: OP 004
Proceso:		Fabricación de estructuras metálicas	
Especificación:		Habilitación de materiales	
Fecha:		05 de febrero 2019	
Materiales		Maquinarias	
Perfiles de acero		Equipo de mecánica de banco	
Platinas de acero		Máquina de corte por plasma	
Planchas de acero		Esmeril taladro	
Barras de acero			
Personal		Equipo de protección	
Técnico en mecánica de banco		Guantes de cuero	
Operarios		Lentes de protección	
		Zapatos con punta de acero	
Actividades			
<ol style="list-style-type: none"> 1) Pedido del material a almacén 2) Inspección del material 3) Lectura del plano de la pieza 4) Prepara la mesa de trabajo 5) Limpieza del material 			
Descripción del proceso			
<ol style="list-style-type: none"> 1) Trazado de medidas y formas en el material con buril 2) Corte de carteles 3) Corte de perfiles 4) Trazado de ubicación de agujeros 5) Taladrado de agujeros 6) Preparación de piezas para soldadura 			
Posibles fallas			
Defecto	Causa	Acción que tomar	
Corte fuera de medida agujeros perforados fuera de lugar	Medida fuera de especificación	Corregir medidas	
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
 INVERSIONES FAEL S.A. EVELIN REYES GARCÍA ANALISTA DE OPERACIONES	 INVERSIONES FAEL S.A.C. VLADIMIR DÍAZ UGARTE SUPERVISOR DE OPERACIONES	 INVERFAEL S.A.C. AURELIO LEANO MELENDREZ GERENTE GENERAL	

Fuente: Elaboración propia

Este formato facilita información a considerar para realizar tareas de manera más optimas en la estación de habilitados de materiales, evitando problemas en el proceso y, que medidas seguir cuando se presente inconvenientes también evita tiempos muertos y retrasos en la producción, incrementando la productividad de la organización.

Actividad N°3. Planificación de la producción

Se demuestra el flujo planificación de la producción en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Proceso de planificación de la producción

Ítem	Descripción
1	Análisis de la demanda esperada Nº. de ordenes de trabajo
2	Disponibilidad de la empresa a) Inventarios ¿Qué capacidad se necesita en el centro de trabajo? b) Capacitación de la producción ¿Qué fecha de entrega se debe prometer? Depende del volumen de producción y el momento de fabricación de los productos
3	Planeación de los requerimientos de los materiales ¿En qué momento comenzar cada pedido?
4	Programación de la producción. 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. Estas actividades son las que demuestran programación cronológica, despacho y extensión, son actividades básicas de planeación y control. a) Asignación de carga b) Secuenciación de pedidos
7	Programación detallada. Determinación de los momentos de comienzos y fin de actividades en cada área de trabajo.
8	El control de producción se puede realizar de la siguiente manera. a) Sistema de control de flujo 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	Control de calidad.

Fuente: Elaboración propia

Actividad N°4. Personal de control de calidad

En esta actividad se encuentra un supervisor de control de calidad en el proceso de manufactura y montaje de los componentes metálicos en obra, con manejo y

conocimiento en control de medición de elementos estructurales según normas técnicas, medición directa (Tornillo Micrométrico, Calibrador), medición de forma indirecta (Calibres, Calas, Reloj comparador), calibración horizontal y vertical a plomada de las estructuras, control de las juntas. adecuada verticalidad, con conocimiento en control de recubrimientos (pintura).

Actividad N° 5. Capacitación a los trabajadores

En la presente actividad de capacitación a los trabajadores del proceso de fabricación, se les entrego información, material y charlas que estimule a concientizar la aplicación de la metodología Six Sigma; desarrollar la relevancia que posee la fabricación de las estructuras metálicas, tomando en cuenta el costo de la producción, el trabajo que desarrolla las estructuras y, los efectos que causaría una inadecuada fabricación, todo esto con la finalidad de que consideren más responsabilidad en las actividades que ejecutan y sensibilicen la trascendencia que tiene su desempeño; los temas tratados fueron lo que se demuestra en la siguiente tabla N° 9.

Tabla 9*Temas desarrollados en la capacitación del personal.*

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

Fuente: Elaboración propia

Figura 14.

Capacitación al personal sobre la metodología.



Actividad N°6. Calidad de materiales y tiempos de entrega

Se implementó un manejo digital de control de materiales, en relación con especificaciones, características, stock y, operaciones en almacén; ejecución de manejo adecuado de los materiales y dispositivos. Control de las especificaciones de acuerdo a los planos, consideraciones en cuanto al almacenaje y manejo de materiales, las marcas y, su adquisición a organizaciones de amplia trayectoria, materiales utilizados son alambres consumibles (electrodos) para la soldadura, pintura accesorios e insumos.

4.1.3 Ejecución de monitoreo y controles

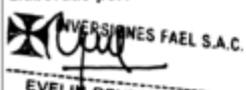
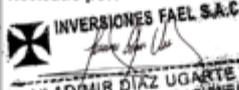
En esta parte se realizó seguimiento minucioso a cada procedimiento y subsanar fallas en el momento, antes que este siga el flujo de producción, minimizando los tiempos y cumpliendo los tiempos de entrega de los trabajos al cliente. A continuación, el desarrollo del monitoreo y controles en el proceso de fabricación:

Iniciando el control desde la primera estación **Habilitado de materiales** verificación de las dimensiones de los accesorios de fabricación, y de la misma manera realizar el control de los procedimientos en la estación de **Armado** verificando que todos los componentes tengan las especificaciones del plano de fabricación, luego en la estación de **soldadura** se verifica las juntas y separaciones de soldadura, acorde a la norma de procedimientos en soldadura, se verifica que los equipos tengan los ajustes adecuados con el fin de prevenir fallas en el procedimiento.

En la estación de **Control de limpieza mecánica**, se priorizo tolerancia mínima reduciendo los defectos, así como los filos cortantes, golpes de arco de soldadura, con el fin de facilitar el trabajo a la siguiente estación. Finalmente, en la estación de **Pintura** se verifico el preparado de pintura sea el adecuado para cada proyecto, monitorear e inspeccionar los espesores de los recubrimientos (pintura base y acabado) de acuerdo con las especificaciones.

Figura 15.

Formato de Instructivo de aplicación de procedimientos de pintura.

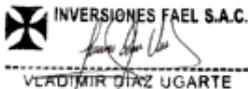
		Ficha De Instrucción de procedimientos	Código: OP 005
Proceso:		Fabricación de estructuras metálicas	
Especificación:		PINTURA (RECUBRIMIENTO)	
Fecha:		05 de febrero 2019	
Materiales		Maquinarias	
Pintura base		Equipo de pintura	
Pintura de acabado		Equipo de inspección de capas	
tiner		Reflectores	
lijas			
Personal		Equipo de protección	
Maestro pintor		Traje especial para pintar	
Operario ayudante de pintura		Mascara para no inhalar pintura	
		Casco de seguridad	
Actividades			
<ol style="list-style-type: none"> 1) Lijar elemento a pintar 2) Pintar elementos principales 3) Pintar elementos secundarios 4) Pequeños accesorios 5) Limpieza del material 			
Descripción del proceso			
<ol style="list-style-type: none"> 1) Limpiar elementos a pintar, con lijas 2) Pintar elementos principales 3) Pintar elementos secundarios 4) Luego con pintura de acabado 5) Retocar áreas que no alcanzo a pintar 			
Posibles fallas			
Defecto	Causa	Acción que tomar	
Pintura chorreada, desnivel de capas	Mala aplicación de pintura, por no seguir instrucciones	Darle una pasada más al área desnivelada de pintura, lijar y pintar pintura chorreada	
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
 INVERSIONES FAEL S.A.C. EVELIN REYES GARCIA ANALISTA DE OPERACIONES	 INVERSIONES FAEL S.A.C. VLADIMIR DIAZ UGARTE SUPERVISOR DE OPERACIONES	 INVERFAEL S.A.C. AURELIO LEANO MELENDREZ GERENTE GENERAL	

Fuente: Elaboración propia

Este formato facilita información a considerar para realizar tareas de manera más optimas en la estación de recubrimiento, evitando problemas en el proceso y, que medidas seguir cuando se presente inconvenientes también evita tiempos muertos y retrasos en la producción, incrementando la productividad de la organización.

Figura 16.

Formato de control de herramientas y equipos

 FORMATO DE CONTROL DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO HERRAMIENTAS O MAQUINA	ESTADO				
		Unid.	F	N	M	U
Habilitado	Taladro vertical	2	X			
Soldadura	Maquina Muller	3	X			
Personal encargado: Luis Vásquez López.....						
Fecha: 19/03/2019.....						
Leyenda: F= Elemento en funcionamiento en el proceso. N= Elemento nuevo que no está en el proceso M= Elemento malogrado que esta fuera del proceso de producción U= elemento usado en buen estado, pero no es utilizado en el proceso de producción						
Elaborado por:  EVELIN REYES GARCÍA ANALISTA DE OPERACIONES		Revisado por:  VLADIMIR DIAZ UGARTE SUPERVISOR DE OPERACIONES		Aprobado por:  AURELIO LEANO MELENDREZ GERENTE GENERAL		

Fuente: Elaboración propia

El presente formato nos genera información sobre estado y situación de los equipos y herramientas, comprender la disponibilidad de este recurso, también es una información valiosa para elaborar nuestro plan de producción, de esta manera mejora productividad de la empresa.

Determinación de Medidas de Control

Se desarrolló las siguientes actividades de control:

- Ejecución de medidas correctivas por incumplimiento de lineamientos instaurado.
- Contar con registros de control al procedimiento de recubrimiento (pintura), esto lo exige el cliente.
- Realizar pruebas y ensayos de control de calidad a la soldadura.
- Registro de medidas correctoras

Plan de gestión de procesos

Esto permite la administración del flujo de los procedimientos, las medidas de control y un plan de respuesta en situaciones que existan problemas e inconvenientes en el flujo de fabricación de las estructuras.

Tabla 10

Base de datos del valor de productividad antes de 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	31/08/2020	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%
							71.5%	52.7%	37.8%

Fuente: INVERFAEL S.A

Respecto a la productividad en el periodo 2018 se demuestra en la tabla N° 10, la productividad no cubría la cantidad de órdenes de trabajos o pedidos solicitados por el cliente. Los pedidos solicitados en el año 2018 fueron de 49 Kits de estructuras metálicas para viviendas de las cuales solo se elaboraron 26 kits.

Tabla 11.

Base de sobrecostos antes de 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
						31,182.00	

Fuente: INVERFAEL S.A.C

Como se puede demostrar en la tabla N° 11 en el periodo 2018 en referencia al sobrecosto de la producción. Se evidencia por ausencia de capacitación se presenta errores en la fabricación de las estructuras y fallas durante el proceso, esto generaba más gasto de los recursos (Mano de obra. equipos, suministros, materia prima) de la organización el sobrecosto fue la cifra de S/ 31,182.00 en el año 2018.

Tabla 12.

Base de datos de materiales defectuosos antes de 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 %
							48.25%

Fuente: INVERFAEL S.A.C

Como se demuestra en la tabla N° 12 en el año 2018 en relación con los materiales con fallas o defectos que no cumplían con las especificaciones, en el proceso de fabricación en el periodo 2018. Se determinó un promedio 48.25 % de material defectuoso, de 26 kits elaborados. Esto generaba baja productividad en la empresa.

Tabla 13.

Base de datos 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%
							97.4%	92.6	90.41%

Fuente: INVERFAEL S.A.C

Resultado general

En la tabla N° 13 se observa que en el periodo 2019, hubo un incremento en la productividad de un 37.8% en el año 2018 aumentando al 90.41% en el periodo 2019., gracias al Six Sigma. Esto nos dice que, la metodología Six Sigma influye de manera significativa mejorando la productividad de la empresa INVERFAEL S.A.C.

Resultado específico 1:

En el periodo 2018 las ordenes de trabajo requeridos por nuestros clientes no se llegaba a cumplir, una vez implantada la metodología de Six Sigma en el año 2019 se logra a satisfacer a un 90% con los pedidos u órdenes de trabajo solicitado por el cliente.

Tabla 14.

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	80,000.00	78,000.00	2,000.00
Febrero	01/02/2019	28/02/2019	6	6	120,000.00	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	100,000.00	98,000.00	2,000.00
Mayo	01/05/2019	31/05/2019	7	7	140,000.00	138,000.00	2,000.00
Junio	03/06/2019	28/06/2019	6	5	100,000.00	99,000.00	1,000.00
Julio	01/07/2019	31/07/2019	4	4	80,000.00	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	60,000.00	58,000.00	2,000.00
Octubre	01/10/2019	31/10/2019	8	7	140,000.00	137,000.00	3,000.00
Noviembre	01/11/2019	29/11/2019	4	3	60,000.00	58,800.00	1,200.00
diciembre	02/12/2019	14/12/2019	2	2	40,000.00	38,600.00	1,400.00
							21,350.00

Fuente: INVERFAEL S.A.C

Resultado específico 2:

En la tabla N° 14 se evidencia que en el periodo 2019 se ha economizado en el proceso de fabricación la cantidad de **21,350.00** nuevos soles frente a los 31,182.00 nuevos soles de sobre costo en el año 2018, gracias a la implementación de la metodología de Six Sigma en el año 2019 se minimizo los costos y optimizo el flujo de producción en la empresa, fabricando 56 Kits en el periodo 2019 superando los 26 kits fabricados en el periodo 2018.

Tabla 15.

Base de datos de materiales defectuosos después de 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 %
							3.38%

Fuente: INVERFAEL S.A

Resultado específico 3:

En el año 2018 el valor promedio de material con defectos fue el valor de 48.25%, gracias a la implementación de la metodología de Six Sigma en el año 2019 disminuye de manera significativa el porcentaje de materiales defectuoso a un 3.38%, esto nos dice que la implementación de la metodología optimizo o mejoro la calidad y control de los materiales a través del control de calidad en el proceso de fabricación.

4.1.4 Costo de Implementación

CÁLCULO DE LOS COSTOS POR RECURSO HUMANO

Tabla 16.

Costo de recursos humanos

Ítem	Personal	Tiempo de trabajo	Costo total
1	01 Supervisor de Operaciones	4 meses	S/. 12,000.00
2	01 Analista de Operaciones.	2 meses	S/. 4,000.00
SUB TOTAL			S/. 16, 000.00

Fuente: INVERFAEL S.A

CÁLCULO DE LOS COSTOS POR RECURSOS MATERIALES

Tabla 17.

Costo de recursos de materiales

Ítem	Descripción	Tiempo de trabajo	Costo total
1	Materiales para el control de calidad		
	Material para registros y controles	4 meses	S/. 2,500.00
2	Materiales didácticos para la capacitación		
	Videos	4 meses	S/. 800.00
	Folletos, carpeta	4 meses	S/. 1,200.00
	Afiches	4 meses	S/.400.00
SUB TOTAL			S/. 4,900.00

Fuente: INVERFAEL S.A

No se considera la adquisición de equipos para el control de mediciones, ensayo por líquidos penetrantes y espesor de la capa de pintura, puesto que la empresa cuenta con tales equipos.

CÁLCULO DE LOS COSTOS POR SERVICIOS

Tabla 18.

Costo de servicios

Ítem	Descripción	Tiempo de trabajo	Costo total
1	Capacitación del personal en planta	24 horas	S/. 2,200.00
SUB TOTAL			S/. 2, 200.00

Fuente: INVERFAEL S.A

CÁLCULO DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Tabla 19.

Costo total del proyecto

Ítem	Descripción	Costo total (S/.)	Costo total
1	Costo del recurso humano	S/. 16,000.00	\$ 4,747.47
2	Costo del recurso material	S/. 4,900.00	\$ 1,454.00
3	Costo de servicios	S/. 2,200.00	\$ 652.81
TOTAL		S/. 22,100.00	\$ 5,964.00

Fuente: INVERFAEL S.A

El costo total del proyecto asciende a **S/. 22,100.00**. Equivalente a: **US\$ 5, 964.00**

(Cambio del Dólar americano: US\$ 1 = S/. 3.37 al 15/12/2018).

El gasto de la implementación es de **S/. 5,525.00** al mes, el periodo de implementación será de 4 meses.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Respecto a las conclusiones, se identificó operaciones en el proceso de fabricación que precisaban de la metodología Six Sigma, se pudo determinar mediante las evidencias conseguidas que cuando se integra la metodología en el proceso de fabricación, los procedimientos que se realizaba en la empresa **INVERFAEL S.A.C**, mejoro de forma significativa demostrando un cambio positivo en la productividad, y sumándole el compromiso por parte de la gerencia. Para identificar las tareas que necesitaban del Six sigma, se estimaron los factores que causan la baja productividad en el proceso de fabricación de las estructuras, mediante la aplicación de las herramientas de mejora de calidad, como lo son el diagrama Ishikawa. Luego de las evaluaciones y análisis, se determinó que los factores que generaban la deficiente calidad y productividad era la deficiente distribución de las estaciones de trabajos en el proceso de producción, además los operarios no contaban con la instrucción de cómo realizar sus tareas de manera adecuada, esto quiere decir falta de capacitación y falta de control de calidad en el proceso de manufactura.

- En referencia al plan de mejora aplicado al proceso de fabricación de estructuras en la empresa **INVERFAEL S.A.C**, se diagnosticó mediante los resultados que los procedimientos que producen mayor tiempo e inciden en el proceso, fueron los procedimientos en la estación de recepción de materiales, armado, soldadura. Mediante la implementación de la metodología; se logró estimular a los trabajadores a través de las capacitaciones en las instalaciones de la organización, así por medio de las charlas con relación a los temas de mejora de producción y control de la calidad dichos temas son muy valioso para conseguir el aumento y

mejora de la productividad. Por lo tanto, se evaluó y discutió con el equipo para analizar el proceso con la incorporación de la metodología Six sigma al proceso. Las principales actividades con el plan de capacitación para comprendan sobre calidad y mejora de fabricación en el proceso de manufactura, programación de tiempos en el proceso mediante las capacitaciones, mantenimiento y cuidado de las instalaciones (máquinas y equipo), Planificación de mejoras a través del desarrollo de la metodología. Se pudo optimizar el proceso con el fin de alcanzar a minimizar los tiempos en el proceso y optimizar los espacios en la planta.

- En cuanto a los costos y beneficios de la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en la empresa, se alcanzó económicamente una rentabilidad para la organización **INVERFAEL S.A.C**; mejorando de manera significativa y positiva siendo viable el proyecto ejecutado. El costo del proyecto es la suma de S/. 22, 100.00. y con la mejora se cubrió dicha cantidad de dinero, con lo que se ahorró en el sobre costo de la fabricación y reducción de los materiales defectuosos.

RECOMENDACIONES

Considerando a través de los resultados obtenidos, se recomienda los siguientes puntos:

- a) Ejecutar un control y monitoreo de manera continua a todo el proceso de fabricación de la empresa, con el fin de prevenir inconvenientes en las ordenes de trabajo en la organización.
- b) Para que siga evolucionando el flujo de producción en la empresa, se recomienda seguir aplicando todas las herramientas del Six Sigma para evitar cuellos de botella (paradas inesperadas del flujo de producción) en el proceso de fabricación.
- c) Se recomienda tener en consideración las actividades establecidas por la metodología, para que la mejora de recepción y control de materiales sea de manera constante y continua.

REFERENCIAS

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>

Evans, James y LINDSAY, Willians. Administración y control de la calidad. 9ª. ed. México: Cengage Learning Editores S.A.,2014. 697 p. ISBN :978-607-519-375-5. <https://www.auditorlider.com/wp-content/uploads/2019/06/Administraci%C3%B3n-y-control-de-la-calidad-7ed-James-R.-Evans-y-William-M.-Lindsay.pdf>

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>

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

Moreto, D. (2019). Aplicación de la metodología six sigma como herramienta para la auditoría integral y la calidad de servicio en las cooperativas de ahorro y crédito de lima metropolitana, periodo 2013-2015 (tesis de

maestría, Universidad Nacional Federico Villareal).

<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3494>

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: .

https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_9.pdf

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-](http://ctcalidad.blogspot.com/2016/06/dmaic-las-5-fases-del-proceso-de.html)

[fases-del-proceso-de.html](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>

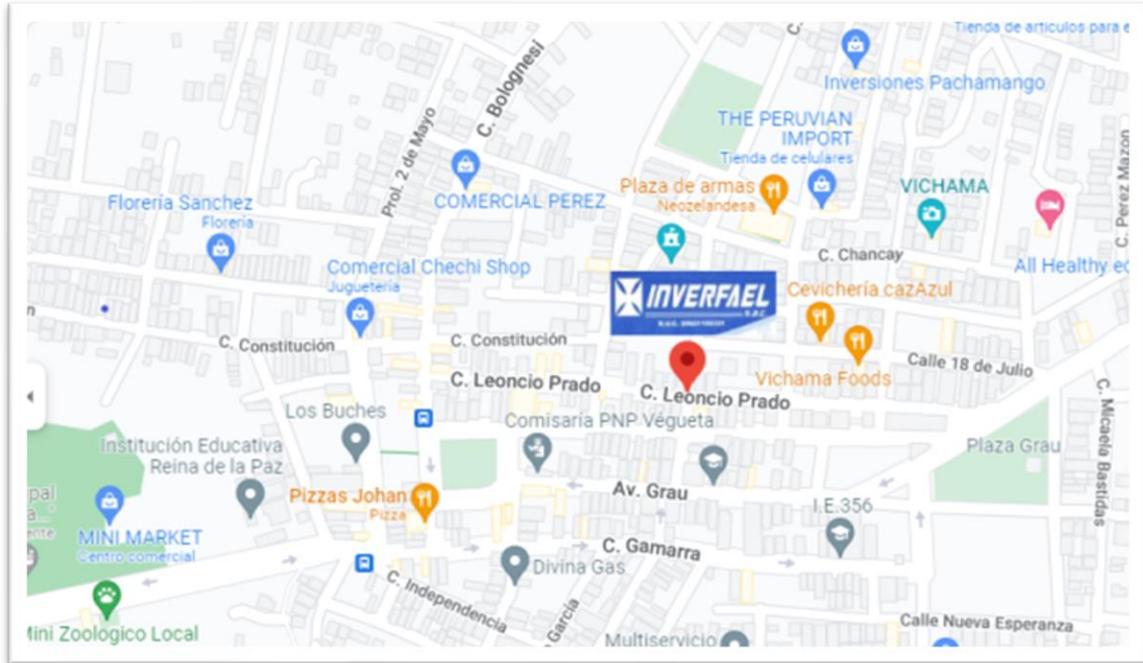
Uchima, Cristhian (2017) “Aplicación de la metodología Six-Sigma para incremento de la eficiencia en una empresa agroexportadora”. Tesis para optar el grado de ingeniero industrial por la facultad de Ingeniería Industrial y de sistemas, por la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Disponible en:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_8362cbdc2a468f24da12378a446c3890

ANEXOS

Anexo 01 Mapa geográfico de la empresa INVERFAEL S.A.C

 Ubicación: Leoncio prado N° 417 lima - Huaura – Huacho



Anexo 02 Productos de la empresa kits estructuras metálicas para vivienda





Anexo 03 Kits de vivienda Modelo Agua pilar



Anexo 04 Plano en 3D de kits de vivienda

