

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



**LA METODOLOGÍA SIX SIGMA Y SU INFLUENCIA EN LA
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE SOLDADURA DE VÁLVULAS
BODY EN LA EMPRESA EIMEN S.A.C.**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
INDUSTRIAL.**

TESISTAS: **Bach. Ing. Ind.** Vigilio Cabrera, Yuri Vladimir
 Bach. Ing. Ind. Loyola Bañez, Esmila

ASESOR: **Dr. VARGAS RONCAL ROSARIO**

HUÁNUCO – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios por siempre guiar nuestro camino, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, ya que cada uno siempre aporta un grano de arena para ser mejor día a día y seguir adelante.

Esmila Loyola Bañez

DEDICATORIA

A Dios por siempre guiar mi camino, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y a mi suegra ya que cada uno siempre aporta un grano de arena para ser mejor día a día.

Yuri Vladimir Vigilio Cabrera

RESUMEN

En el presente trabajo se plantea mejorar la productividad del proceso de soldadura de válvulas BODY aplicando como herramienta de mejora la metodología Six Sigma. Se desarrollan las fases de definición, medición, análisis y mejora con el fin de disminuir la cantidad de desperdicio que se presenta al momento de realizar la soldadura de válvulas BODY.

En la fase de definición se identifica el problema principal de la soldadura de válvulas BODY mediante una matriz de priorización de problemas que considera una serie de factores para cada uno de los problemas encontrados, dando como principal problema la existencia de Válvulas con poros en la soldadura. Además, se elabora el diagrama de Pareto, Project Charter, diagrama de SIPOC.

En la fase medición se determinó la forma de medición estableciendo un plan de recolección de datos siendo precisos y confiables. Se emplea gráficos prueba de normalidad y el análisis de la capacidad del proceso para obtener la situación actual del proceso en estudio.

La fase analizar se desarrolló mediante los datos hallados en la fase de medición con el fin identificar las causas del problema y encontrar la mejora adecuada a implementar. En esta etapa se busca reducir las unidades de reprocesos de soldadura de válvulas, así también; crear el hábito de implementación de mejora continua del proceso. Como herramientas se usaron la lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa y el método 5 W's.

La fase mejorar es la última que se desarrolla, en esta etapa se evidencian las mejoras aplicadas a las causas raíces de los problemas hallados en la fase anterior, para ello se realizaron acciones como son: plan de acción, plan de capacitación, plan de mantenimiento, actividades de motivación y la metodología de las 5s.

SUMMARY

The valves productivity of the solder process presents improving itself in the present work BODY applying as improving tool methodology Six Sigma. The definition, measurement, analysis phases and improvement Develop with the end of decreasing the waste quantity that turns up in a minute of accomplishing the valves solder BODY.

Intervening BODY identifies the principal problem of the valves solder himself in the definition phase a prioritization womb of problems that he considers a factors series for each one of the found problems, giving as principal problem Válvulas's existence with pores in the solder. Besides, SIPOC'S diagram of Pareto, Project Charter, diagram becomes elaborate.

Measurement determined the measurement form establishing a collecting data plan being precise and reliable itself in the phase. Uses him he tries graphics of normality and the analysis of the capability of the process to obtain the under consideration process's present-day situation.

The phase examining developed him by means of the found data in the measurement phase with the end identifying the problem causes and finding the improvement once was made suitable to implement. Herein stage tries to reduce the reprocesses unities of solder of valves itself, thus also; Creating the improving- implementation habit nonstop of the process. As tools used him the ideas, diagram rain of Ishikawa and the method 5 W ' s.

The phase getting better is the last that develops, herein stage the causes evidence the improvements applied roots of the found problems in the phase previous actions as music came true, in order to it: action plan, capacitation plan, maintenance plan, motivation activities and them methodology 5s.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ANEXOS.....	9
I. GENERALIDADES	10
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2.1 Descripción del problema	11
2.2 Formulación del problema	13
2.3 Objetivos del problema.....	14
2.4 Justificación e importancia.....	14
2.5 Limitaciones.....	15
2.6 Delimitación	15
III. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 Antecedentes de la investigación.....	15
3.2 Bases teóricas.....	19
3.3 Definición de términos.....	50
IV. HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES.....	53
4.1 Formulación de hipótesis.....	53
4.2 Cuadro Operacional de variables, dimensiones e indicadores	54
V. MARCO METODOLÓGICO	55
5.1 Tipo de investigación	55
5.2 Nivel o alcance de la investigación	55
5.3 Diseño de investigación	55
5.4 Metodología	56
5.5 Población y muestra.....	56
5.6 Técnica e instrumento de recolección de datos.....	57
5.7 Método de análisis de datos	57
5.8 Desarrollo de la propuesta.....	58
5.9 Implementación de la metodología six sigma	62
VI. RESULTADOS	97

6.1	Influencia de la metodología six sigma en la eficacia del proceso de soldadura de válvulas BODY.	97
6.2	Influencia de la metodología six sigma en la eficiencia del proceso de soldadura de válvulas BODY	99
6.3	Influencia de la metodología six sigma en la mejora de la productividad en el proceso de soldadura de válvulas BODY	101
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	103
7.1	Contrastación de hipótesis.....	103
7.2	Contrastación de resultados	104
VIII.	CONCLUSIONES	106
IX.	RECOMENDACIONES	106
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
XI.	ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1: Reprocesos y costos de los 6 meses.	12
TABLA 5. 1: Recopilación de datos.....	57
TABLA 5. 2: Análisis de válvulas en cada área de trabajo.....	66
TABLA 5. 3: Porcentaje de retornos de válvulas.....	67
TABLA 5. 4: Escala de criterio de matriz de priorización.....	69
TABLA 5. 5: Matriz de priorización de problemas.....	69
TABLA 5. 6: Puntaje del proceso para la mejora.....	70
TABLA 5. 7: el cuadro de Project Charter.....	71
TABLA 5. 8: el diagrama de SIPOC.....	73
TABLA 5. 9: Datos recogidos en la base de datos año.....	74
TABLA 5. 10: Nivel de sigma del proceso.....	77
TABLA 5. 11: Calificación de la encuesta.....	80
TABLA 5. 12: Matriz 5W Causa critica N° 1.....	81
TABLA 5. 13: Matriz 5W Causa critica N° 2.....	82
TABLA 5. 14: Matriz 5W causa critica N° 3.....	82
TABLA 5. 15: Matriz 5W causa critica N° 4.....	83
TABLA 5. 16: Matriz 5W causa critica N° 5.....	83
TABLA 5. 17: Plan de acción de la fase Mejorar.....	85
TABLA 5. 18: Plan de Capacitación.....	87
TABLA 5. 19: Plan de acción de la fase Mejorar.....	88
TABLA 5. 20: Plan de acciones recreativas.....	90
TABLA 5. 21: Datos tomados después de la implementación six sigma.....	93
TABLA 5. 22: indicadores antes y después.....	96
TABLA 5. 23: formato check list.....	96
TABLA 6. 1: resultados obtenidos para hallar le eficacia antes de la implementación de la metodología six sigma.....	97
TABLA 6. 2: resultados obtenidos para hallar le eficacia después de la implementación de la metodología six sigma.....	98
TABLA 6. 3: resultados obtenidos para hallar le eficiencia antes de la implementación de la metodología six sigma.....	99
TABLA 6. 4: resultados obtenidos para hallar le eficiencia después de la implementación de la metodología six sigma.....	100
TABLA 6. 5 : resultados obtenidos para hallar la productividad antes de la implementación de la metodología six sigma.....	101
TABLA 6. 6: resultados obtenidos para hallar la productividad después de la implementación de la metodología six sigma.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: La productividad y sus componentes.	48
FIGURA 2: Fases de la metodología six sigma	63
FIGURA 3: diagrama de operaciones del proceso	63
FIGURA 4: diagrama de flujo del proceso	64
FIGURA 5: diagrama de Pareto de válvulas reprocesadas	67
FIGURA 6: gráfica de normalidad	75
FIGURA 7: capacidad del proceso de válvulas.....	76
FIGURA 8: diagrama de ISHIKAWA	79
FIGURA 9: Portada de documento.....	89
FIGURA 10: SEITON antes y después de la implementación.....	91
FIGURA 11: gráfica I-MR	94
FIGURA 12: gráfica de capacidad del proceso de válvulas reprocesadas.....	95
FIGURA 13: gráfica de la eficacia antes de la implementación.....	97
FIGURA 14: gráfica de la eficacia después de la implementación.....	98
FIGURA 15: gráfica de la eficiencia antes de la implementación.....	100
FIGURA 16: gráfica de la eficiencia antes de la implementación.....	101
FIGURA 17: prueba de hipótesis antes de la implementación	103

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: formato de evaluación de las 5 s	110
ANEXO 2: plan de mantenimiento del torno universal	111
ANEXO 3: plan de mantenimiento de la máquina de soldar	112
ANEXO 4: plan de mantenimiento del horno de soldadura	112
ANEXO 5: válvula BODY defectuosa.....	113
ANEXO 6: válvula BODY después del proceso de soldadura	113
ANEXO 7: válvula BODY después del proceso de torneado.....	114
ANEXO 8: pieza de la válvula BODY	114
ANEXO 9: Válvula BODY.....	115
ANEXO 10: válvulas BODY terminadas	115

I. GENERALIDADES

Título de la investigación

“LA METODOLOGÍA SIX SIGMA Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE SOLDADURA DE VÁLVULAS BODY EN LA EMPRESA EIMEN S.A.C.”

Tesistas

- Bach. Ing. Ind. Vigilio Cabrera, Yuri Vladimir
- Bach. Ing. Ind. Loyola Bañez, Esmila

Asesor

- Dr. Vargas Roncal Rosario

Fecha de inicio y fecha probable de termino

- Diciembre de 2017 a mayo de 2018.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del problema

La empresa manufacturera EIMEN SAC; conocido anteriormente como IMEX 2000 S.A; es una empresa peruana con 20 años, que brinda servicios de mantenimiento y reparación mecánico eléctrico en plantas mineras. La empresa cuenta con talleres propios de maestranza en las ciudades de Lima y Pasco (Villa Pasco), donde brinda servicios de taller de maestranza con máquinas como tornos, fresas, cepillos, taladros, barrenadores y máquinas de soldar con procesos semi-automáticos. En los últimos años las empresas mineras han modernizado sus instalaciones con tecnología. Una de estas máquinas son las bombas Geho usados para transportar relaves mineros. Esta máquina posee una pieza de acero al magnesio llamada válvula BODY que cada cierto tiempo necesita mantenimiento. Los mecánicos de las empresas mineras, desmontan las bombas Geho en las plantas concentradoras y extraen las válvulas BODY para llevarlas al taller de maestranza (Villa Pasco). EIMEN SAC es la encargada de reparar y dar el mantenimiento a estas válvulas, el cual consiste primero en rellenar la parte desgastada con cellodur 600 y luego el torneado.

La empresa EIMEN S.A.C genera costos en el reproceso de soldadura de estas válvulas, debido a la cantidad de válvulas que

tiene que reprocesarse por fallas que presenta cada una de estas válvulas. Cada válvula tiene un costo de reparación de 90 dólares americanos que representa 315 Soles y cada válvula reprocesada incrementa el costo hasta en un 30%. Es decir, reparar una válvula con defectos cuesta 410 soles.

TABLA 2. 1: Reprocesos y costos de los 6 meses.

Meses	Cantidad Producida	Cantidad Reprocesada	Costos (soles)	% Reproc.
Octubre 2016	40	8	3276.0	3.38%
Noviembre 2016	42	7	2866.5	2.95%
Diciembre 2016	35	6	2457.0	2.53%
Enero 2017	38	5	2047.5	2.11%
Febrero 2017	38	8	3276.0	3.38%
Marzo 2017	44	6	2457.0	2.53%
TOTAL	237	40	16380.0	16.88%

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla; los seis meses mostrados se generaron costos de 16380.0 Soles, solo en reprocesos, que consisten en mano de obra y materiales tales como el pago al soldador, tornero, pre- calentador y la compra de material de aporte. De continuar este problema, la empresa podría perder ingresos anuales que superarían los 7,200 dólares o su

equivalente de 32,760 Soles, que serviría para expandir la empresa o para destinar más recursos a otras áreas. Además, la empresa podría perder clientes, pues muchos de éstos, se sienten insatisfechos por no tener a tiempo sus válvulas. Finalmente, el prestigio de más de 20 años de la empresa estaría en juego.

Esta situación hace necesario implementar la metodología six sigma. Pero no basta con implementar sino se tiene que mostrar la influencia en el proceso de mantenimiento de válvulas y la reducción de la variabilidad de los productos.

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema general

- ¿Cómo influye la implementación de la metodología six sigma en la mejora de la productividad del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye la metodología six sigma en la eficacia del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.?
- ¿Cómo influye la metodología six sigma en la eficiencia del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.?

2.3 Objetivos del problema

2.3.1 Objetivo general

- Determinar cómo influye la implementación de la metodología six sigma en la mejora de la productividad del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.

2.3.2 Objetivos específicos

- Determinar cómo influye la metodología six sigma (DMAIC) en la eficacia del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.
- Determinar cómo influye la metodología six sigma (DMAIC) en la eficiencia del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.

2.4 Justificación e importancia

Según Augusto Bernal una justificación de investigación puede ser de carácter teórico, práctico y metodológico (Bernal 2006: 103). El presente trabajo es de carácter práctico, pues generó datos e información que sirve para mejorar la productividad del proceso de soldadura, y por consiguiente un ahorro en el costo de re-procesos. El diseño de la metodología DMAIC sirvió a la empresa EIMEN S.A.C. para definir, medir, analizar, mejorar y controlar sus procesos de soldadura.

2.5 Limitaciones

En el presente trabajo se considera una limitante el presupuesto destinado para la implementación de programas de mejora en la empresa, por tal motivo solo se realizó el estudio en el área de soldadura. Otra limitante es la voluntad de los trabajadores en el apoyo de la investigación. En este caso, se apeló a las capacitaciones donde se recalcó la importancia del estudio. Por último, otra limitante fue la falta de registro de válvulas BODY. En este caso el vigilante tiene un cuaderno de ingreso de materiales por voluntad propia mas no por iniciativa de la empresa.

2.6 Delimitación

2.6.1 Delimitación espacial

En la delimitación espacial consideramos a la empresa EIMEN S.A.C., área de proceso de soldadura de válvulas BODY, lugar donde se llevará a cabo la investigación.

2.6.2 Delimitación temporal

En el presente trabajo consideramos el tiempo de investigación desde diciembre de 2017 hasta mayo de 2018.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

3.1.1 A nivel internacional

Las investigaciones y aplicaciones del six sigma a empresas y/o compañías son muy notables, principalmente en Europa y Estados

Unidos de Norteamérica. Por ejemplo, el doctor Adnan Rafiq Khan Long Zhang del Blekinge Institute of Technology presentó una investigación en noviembre del 2008 titulada: “Applying Six Sigma in Software Companies for process Improvement” en Suecia. Esta investigación se basó en la aplicación de la metodología six sigma en la compañía Key Electronic Component de China. El investigador en el proyecto Software Ágil aplico las herramientas six sigma basados en tres puntos: La voz del cliente, La construcción del árbol Critico- Calidad y El análisis- efecto del diseño, llegando a la conclusión que la herramienta six sigma se puede usar en grande y pequeñas compañías y que la compañía podía mezclar six sigma con CMMI (Capability, Maturity Model Integration), la CMMI fue un Software usado por la compañía en la producción electrónica.

Otro estudio presentado en la universidad “Lucian Blaga” University of Sibiu- Rumania por el profesor universitario e Ingeniero Claudiu Vasile Kifor, titulado: “Integrating knowledge Management Concepts with Six Sigma Framework to Apply for Textile Manufacturing Process”. El propósito de la investigación fue conocer los fenómenos interactivos de la gestión del conocimiento con el proceso de Six Sigma, la integración de los conceptos de gestión del conocimiento con el marco Six Sigma para implementar proyectos en las manufactureras de textil. La

investigación permitió entender que los nuevos modelos (Six Sigma) no son difíciles de comprender y que los problemas se solucionan aplicando esta metodología.

En el año 2012 las tesis Karen Julieth López Tello y Eliana Marcela Ducuara Vásquez presentaron la tesis titulada “Propuesta de Mejora Basada en la Metodología Seis Sigma en el Proceso de Soldadura de la Empresa Metalmecánica Los Pinos” en la universidad de San Buenaventura Seccional Medellín – Colombia. El objetivo fue identificar las causas que generan los re-procesos en el área de soldadura, llegando a la conclusión que la empresa debería diseñar un plan de mejora, donde se tiene que capacitar al personal, mejorar la cultura de mejora continua en los obreros, y llevar un control estricto del plan.

3.1.2 A nivel nacional

A nivel nacional, en el año 2013, los tesis Leandro Barahona Castillo y Jessica Navarro Infante presentaron la tesis titulada: “Mejora del Proceso de Galvanizado en una Empresa Manufactura de Alambres de Acero aplicando la Metodología Lean Six Sigma” en la pontificia Universidad Católica del Perú. Cuyo objetivo fue reducir el alto consumo de Zinc y disminuir las devoluciones de productos fuera de especificaciones y con defectos. Se llegó a la conclusión que para lograr los objetivos es indispensable que los directivos, jefes y trabajadores colaboren con la implementación de

la metodología; Con la mejora de Six Sigma se logró disminuir la capa de Zinc de 330 g/m² a 274.7 g/m². Además, se mejoró el flujo continuo del proceso, reducir las paradas y las vibraciones de los equipos.

En el año 2014, la tesista Dora Emilia Yuján Bravo, presentó la tesis titulada: “Mejora del Área de Logística Mediante la Implementación de Lean Six Sigma en una Empresa Comercial”, en la universidad Nacional Mayor de San Marcos. Esta tesis está enfocada en la mejora del área de logística en una empresa comercial, cuyos objetivos son la mejora del proceso en el almacén y la mejora de tiempos en los procesos logísticos. Esta investigación concluyó que la implementación de la metodología six sigma fue un éxito, pues se redujo la entrega de productos no oportuna en un 20%. Se redujo los costos en papel y material de S/. 8500 a S/. 5200.

3.1.3 A nivel local

Se realizó la búsqueda en la biblioteca de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán y no se han encontrado investigaciones referidos a six sigma aplicados en empresas manufactureras, pero si se pueden encontrar información concerniente al tema como trabajos de pregrado. En la Universidad de Huánuco (UDH) y en la Universidad Agraria de la Selva (UNAS) no se han encontrado temas de investigaciones en six sigma.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Metodología six sigma

3.2.1.1 Análisis de la filosofía six sigma

Six Sigma es una filosofía ligada al análisis de control estadístico de la calidad total, la que se encuentra enfocada en la optimización de los procesos y sistemas de las compañías, por medio de reducciones drásticas de la variación del proceso (Pande, Peter, Robert Neuman, 2000). Es definida también como una estrategia de calidad y mejora continua de los procesos críticos para generar la satisfacción de los clientes, en los que se pretende lograr la minimización de errores, retrasos, defectos y variabilidad en los procesos, el significado de Seis Sigma se refiere a un hecho estadístico que se cumple necesariamente en el análisis cuantitativo del control de los procesos.

Esto es lograr que, en los procesos adaptados a la filosofía, no se generen más de 3.4 defectos por millón de oportunidades; entendiéndose defectos como aspectos en concreto de falla de calidad o funcionalidad dentro de un producto y no el producto en sí, que hará que el producto pierda calidad aceptable (Pyzdek, Thomas, 2003).

Dentro del marco histórico de Seis Sigma, la filosofía se inició en 1987, en la empresa de productos electrónicos Motorola, y

desde ahí ha ido creciendo en popularidad al ser adoptada por un gran número de compañías a nivel mundial, desarrollando nuevas técnicas e implementaciones por parte de los gurús de la filosofía de calidad. En la actualidad la filosofía de calidad Seis Sigma es muy popular en las empresas y existen profesionales calificados en el tema, formados por institutos avales que otorgan a personas la capacidad de manejar de forma adecuada proyectos de este estilo en empresas (PPG Consultores).

Existen “verdades ocultas” de la filosofía explicadas por diferentes autores descritas a continuación:

- Nivel de participación del área de dirección que comprometa liderazgo en el proyecto de calidad. Se lo conoce también como un liderazgo de arriba hacia abajo. Se refiere a que la metodología se la debe implementar en una empresa, empezando a través del área de dirección, desde el gerente que se encuentra a la cabeza de la industria. Es esencial que el área directiva de la empresa entregue su apoyo incondicional para el cambio en los ideales de calidad. Sin el compromiso y entrega de los dirigentes de la empresa a cambiar la filosofía de calidad de manera radical, como lo hace Seis Sigma, no se podrá implementar esta

filosofía de forma adecuada y resultará en un intento más de mejorar la calidad en la empresa (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

- La filosofía comprende una gestión empresarial con buenas prácticas y destrezas, que son herramientas esenciales para el crecimiento de la compañía; y estas prácticas son generales para cada rincón de la empresa donde se debe asegurar que éstas prácticas se estén cumpliendo. La recompensa de controlar la aplicación de dichas destrezas es la experiencia que servirá en el futuro para poder aplicarlo en diversas actividades desde la planeación estratégica hasta las operaciones y el servicio al cliente (Pande, Peter, Robert Neuman, 2000).
- Utilización de herramientas específicas de apoyo para el mejoramiento de la calidad, en ésta se incluyen todo tipo de herramientas estadísticas a las cuales la filosofía está muy apegada. Estas herramientas funcionan recopilando datos del estado de la compañía y analizándolos para determinar las variables del proceso que son críticas para la calidad, para realizar un enfoque posterior en la

disminución de la variabilidad en estos procesos críticos (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

- Six Sigma se basa tanto en la excelencia de la fuerza de trabajo como en la excelencia técnica de la compañía, es decir, el hecho de tener técnicos de primera línea y la mejor tecnología del mercado no garantiza el éxito de la empresa, se necesita tener personal de primera con características como creatividad, colaboración, comunicación, dedicación, etc., solo así se podrán cumplir con los objetivos de la filosofía. (Pande, Peter, Robert Neuman, 2000). Esto se conseguirá con la capacitación adecuada del personal.
- Six Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Six Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente. Six Sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el

nombre de la herramienta ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología six sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente. (Universidad de Santander, 2011).

3.2.1.2 Metodología de implementación six sigma

Las metas exigentes de la filosofía requieren que el proyecto se plantee con una metodología organizada. La metodología más utilizada para la implementación de Seis Sigma en las empresas es DMAIC, la cual consiste en cinco fases que dan pasos detallados para ir desarrollando el proyecto de mejora en orden y de manera enfocada. Esas cinco fases son: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar (siglas DMAIC) (Pyzdek, Thomas, 2003).

A continuación, se describen estas importantes fases para la implantación de la metodología Six Sigma en una industria:

- a) Definir.** Esta es la fase en la que se debe reconocer el estado actual del proceso, cómo se maneja la calidad de sus productos y/o servicios. Se debe definir de manera muy detallada el problema en concreto que el proceso presenta, con sus variables críticas para la calidad (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

La etapa de definir debe ser obtenida de las necesidades del cliente. Las metas deberían ser la reducción del nivel de defectos y el incremento de la utilidad para un proceso en particular.

De la fase definir se deberán generar una serie de documentos y análisis que ayudarán a generar un enunciado para el problema que sea claro y realizable; estos documentos son: Project charter, Diagramas de Gant, Análisis de la Voz del Cliente, SIPOC del Proceso (Pyzdek, Thomas, 2003).

- **Project Charter:** es un documento en la cual se detallan cada uno de los aspectos fundamentales y cruciales de todo Proyecto, es aquí donde delimitamos nuestro alcance, definimos los objetivos, establecemos los entregables, definimos las posiciones (Stakeholder, Clientes), asignamos responsabilidades, definimos los planes (Financieros, Recursos, Calidad) y las consideraciones (Riesgos, asunciones, restricciones).
- **Diagrama de Gant:** es una herramienta para planificar y programar tareas a lo largo de un

período determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto.

- **Voz del Cliente.** Se utiliza para describir las necesidades, expectativas y/o percepciones del cliente a los productos o servicios provistos por la compañía.
- **SIPOC.** El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo: Proveedor, ingreso, procesos, salida y cliente. (Pyzdek, Thomas, 2003).
- **Diagrama de Flujo.** Es una herramienta gráfica que permite visualizar de manera completa a un sistema de procesos, desde las entradas

(factores de producción), las acciones (procesos que agregan valor a las entradas) y finalmente las salidas (producto/servicio terminado o en proceso) (Pyzdek, Thomas, 2003).

- **Lista de Verificación.** Es una herramienta para recolección de datos de varios eventos y nos permite fácilmente identificar cuáles de estos tienen alta oportunidad de ocurrir. De estas listas suelen construirse histogramas, explicados más adelante.
- **Histograma.** es una herramienta donde se grafica la frecuencia de observaciones de cierto fenómeno de donde se puede obtener la tendencia, la dispersión y la forma general de la distribución de los datos (Montgomery Douglas, 2007).
- **Diagrama de Pareto.** Es un diagrama que muestra la distribución o frecuencia de los datos (histograma) pertenecientes a atributos ordenados por categoría. El diagrama de Pareto es usualmente empleado para determinar los tipos de defectos que ocurren con mayor

frecuencia (no los más importantes) (Montgomery Douglas, 2007).

- **Diagrama Causa- Efecto.** Es una herramienta gráfica empleada para analizar las causas potenciales de un efecto indeseable, una vez que este ha sido determinado y aislado (Montgomery Douglas, 2007). Su disposición es como la espina de un pescado en la que al lado derecho va especificado el problema y al lado izquierdo las ramificaciones que contienen las causas acordes a la clasificación de las mismas (Pyzdek, Thomas, 2003).
- **Lluvia de Ideas.** Es una herramienta grupal, que reúne a expertos en un determinado tema que facilitarán ideas sobre un problema. Se realiza mediante un moderador, que será la persona que guíe a la lluvia de ideas para que sea focalizada y genere respuestas concisas al caso. La lluvia de ideas por lo general no deberá tener más de 7 participantes y todos ellos deben ser escogidos cuidadosamente para mejores resultados. Un objetivo específico de la lluvia de ideas en un

proyecto Seis Sigma puede ser el análisis cualitativo de estímulos que determinan los factores críticos de la satisfacción del cliente (Pyzdek, Thomas, 2003).

- **Diagrama de Afinidad.** Es una herramienta que organiza ideas, generalmente extraídas de un análisis previo de un determinado problema (lluvia de ideas), en categorías representativas que reconocen la afinidad que dichas ideas tienen entre ellas. La finalidad es organizar y extraer las ideas principales de cada categoría que servirán para un análisis futuro. Para un análisis más detallado, se puede agregar una ponderación a cada idea y de ese modo calificarlas para darles un valor que permita encontrar las ideas más destacadas en el análisis de determinado factor (Pyzdek, Thomas, 2003).

b) Medir. En esta fase se debe analizar los datos tomados en la fase de definir sobre la situación actual de la industria. Las variables críticas de la calidad (CTQ) encontradas, van a ser medidas en cuanto al desempeño del proceso, para la optimización de variables (Pyzdek, Thomas, 2003).

Para cumplir con el objetivo de la fase de medición se deberá correctamente verificar el sistema de medición de cada variable crítica cuyo desempeño se desea mejorar. El output de la fase medir será un estudio del desempeño actual de cada variable, una manera de hacer esto es vía el análisis de su capacidad y estabilidad (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

En el análisis estadístico de la capacidad del proceso existen algunos métodos para analizar los datos de entrada (mediciones). Por ejemplo, tenemos a la carta de control para atributos que es una de las principales técnicas del control estadístico de procesos donde se grafica el promedio de las mediciones de una característica de la calidad, hechas en muestras tomadas del proceso, contra el tiempo. La carta posee una línea central y límites de control superior e inferior; la línea central representa el sitio donde debería estar centrada la característica del proceso cuando no se encuentre una fuente inusual de variabilidad; los límites de control se determinan a partir de especificaciones del sistema relacionados al tipo de calidad que se desea ajustar (en este caso six sigma) (Montgomery Douglas, 2007).

c) Analizar. Es identificar la causa raíz del problema que posee el proceso en temas de calidad. Cuáles son las causas primeras para que el problema final se dé. A lo largo del proyecto se va a enfocar en estas causas que son las primeras en provocar fallos en la calidad de los productos o servicios (Pyzdek, Thomas, 2003).

Con el objetivo de llegar a la causa raíz del problema se pueden emplear varias herramientas antes explicadas como lluvias de ideas, diagramas de Ishikawa, diagramas de afinidad, tablas de valoración. El primer objetivo de la fase es llegar a las causas que son las generadoras del problema de calidad que se tiene en el proceso.

En esta fase también es prudente realizar un análisis estadístico profundo en caso que se tengan más de una causa raíz para determinar la influencia de estas causas en las variables críticas de la calidad (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

d) Implementar. Esta fase consiste en buscar soluciones concretas para solucionar o minimizar las causas raíz, identificadas y analizadas en la fase anterior, que influyan de manera directa en las CTQ. Un input importante para la mejora del proceso es el resultado del

diseño de experimentos, en el cual se evaluaron las causas raíz y se propuso niveles que pueden mejorar al proceso de cada factor para evaluar su impacto. Con las propuestas de valor generadas se debe proceder a una evaluación de las mismas para medir su posible impacto en la optimización del proceso; es prudente en esta fase realizar un análisis financiero del proceso e identificar la minimización del costo que se puede lograr con las mejoras (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008). El objetivo final de esta fase es atacar y reducir la variabilidad del proceso (Pyzdek, Thomas, 2003).

En la fase de Implementación se utilizará el diseño de experimentos (DOE), para seleccionar las causas que más afectan los CTQ, estas causas nos ayudaran a conocer el comportamiento del proceso. El método DOE consiste en realizar cambios en los niveles de operación de los factores para obtener los mejores resultados en la respuesta. Esta información es de gran ayuda para la optimización y mejora de procesos.

e) Control. Esta fase es generar planes de control para los procesos mejorados, para asegurarse que éstos mantengan la calidad lograda. Acorde a la filosofía Seis Sigma, los procesos mejorados deben mantenerse así y

es de vital importancia verificar su cumplimiento, así como mantener planes de mejora continua en ellos (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

3.2.1.3 Diseño de experimentos

El diseño de experimentos es un método fundamentado en la estadística para la realización de pruebas que permitan responder interrogantes respecto de un proceso o problema o simplemente para lograr mejoras. El método consiste en determinar cuáles pruebas deben ser realizadas y de qué manera, para obtener datos que, al ser examinados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permiten responder las interrogantes planteadas (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

Es necesario destacar que la validez y veracidad de los resultados y conclusiones que se obtengan del experimento, van a depender del método que se utilice para recabar los datos que van a ser analizados estadísticamente; si no se obtienen los datos de forma adecuada y tomando en cuenta todos los factores (controlables y no controlables) que puedan afectar, el experimento entregará información incompleta (Montgomery Douglas, 2007).

El experimento estará conformado entonces por las entradas o “X”, que serán los datos recabados durante la duración del

mismo con motivo de analizarlos estadísticamente; los factores controlables, que son todos los factores que afectan a los datos que van a ser controlados por el experimentador con el fin de desarrollar la prueba (ej. Temperatura, presión, intensidad, etc.); los factores no controlables, que son todos los factores que son inherentes a eventos que no puede controlar el experimentador y deben ser tomados en cuenta para bloquearlos y de esa forma no permitir que afecten a los datos que serán tomados (ej. Clima, habilidades del obrero, humedad del aire, etc.); finalmente, el experimento está conformado por la(s) salida(s) o la(s) “y(s)” de nuestra prueba, la cual es la variable de respuesta que deseamos calcular y mejorar (Montgomery Douglas, 2007).

Los objetivos del diseño de experimento según Montgomery son:

- Determinar las variables que tienen la mayor influencia sobre la variable de respuesta “Y” del experimento.
- Determinar cuál es el ajuste de las “X” que tienen mayor influencia para que las “Y” estén casi siempre cerca del valor nominal deseado.

- Determinar cuál es el ajuste de las “X” que tiene la mayor influencia para que la variabilidad de “Y” sea reducida.
- Determinar cuál es el ajuste de las “X” que tiene la mayor influencia para que los efectos de las variables o factores no controlables sean mínimos

a. Principios básicos de la experimentación

El diseño de experimentación requiere que la planeación y medición de la prueba sea realizada de la manera adecuada, se debe ser muy cuidadoso al momento de elegir la forma en la que se realizará el análisis experimento (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

Mediante el conocimiento de los principios básicos del DOE, se podrá tener un punto de partida para la correcta planeación de la prueba:

- **Aleatorización:** Consiste en el empleo del azar para la realización de las corridas del experimento y la elección del mismo. Esto permitirá que el supuesto de independencia de los errores se cumpla, lo cual es un requisito para la validez de las pruebas estadísticas que se deben realizar.

- **Repetición:** Es correr más de una vez un tratamiento o una combinación de factores. Se debe tomar en cuenta que la repetición no refiere a medir varias veces el mismo resultado experimental; repetir es volver a realizar un tratamiento, pero no inmediatamente después, sino cuando la aleatorización del experimento lo ordene. “Este principio del DOE permite reconocer mejor a que parte de la variabilidad total de los datos se debe al error aleatorio y que parte a los factores” (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).
- **Bloqueo:** Consiste en la nulidad de todos los aspectos o factores no controlables del experimento para así asegurarse que éstos no tendrán influencia en la variable de respuesta. “Al bloquear, se supone que el subconjunto de datos que se obtengan dentro de cada bloque (nivel particular del factor bloqueado), debe resultar más homogéneo que el conjunto total de datos.” (Gutiérrez Pulido, Humberto, 2008).

b. Método para experimentar

- **Identificación y enunciación del problema.** Es un paso crucial en el desarrollo del proyecto de DOE; de la correcta enunciación del problema va a depender el éxito del mismo por lo que se debe poner extremo cuidado en lo que se plantea. Por lo general se requiere en este paso armar un equipo de trabajo y colaboración para el desarrollo del proyecto, con personas que puedan aportar al proyecto y se comprometan con el mismo (Montgomery Douglas, 2007). Para esta fase es recomendable realizar una lista de preguntas, como una lluvia de ideas, respecto a la problemática que se busca resolver con el experimento y de esta lista encontrar los objetivos del proyecto. Esta es la fase en la que el experimentador debe evaluar la extensión del experimento y decidir si un experimento extenso comprensivo es la respuesta a las cuestiones clave, o si un enfoque secuencial, en el que se utilice una serie de experimentos, es una estrategia más adecuada (Montgomery Douglas, 2007)

- **Elección de los factores, niveles y rangos.** En esta etapa se van a elegir los factores de estudio para el experimento y se procede generando una lista de los factores potenciales del diseño o los perturbadores para el desempeño de un proceso (Montgomery, 2007, 14). Esta lista puede ser alargada por lo que el experimentador deberá en muchos casos clasificar a estos factores en:

- ❖ Factores de diseño (seleccionados para estudiarlos en el experimento)
- ❖ Factores que se mantienen constantes (que no se pueden variar y deben ser bloqueados en el experimento).
- ❖ Factores que se permite varia (aleatorización de materiales no homogéneos para correcta experimentación) (Montgomery Douglas, 2007).

Una vez que el experimentador ha elegido los factores de diseño o niveles, hará el siguiente paso que será determinar los rangos en los que hará variar a los niveles. Se deberá determinar el método por el cual se va a controlar los factores y

la forma en la que se va a medir. Para este paso es indispensable el conocimiento técnico del proceso.

- **Selección de la variable de respuesta.** Para elegirla, “el experimentador deberá estar seguro que dicha variable proporcionará en realidad información útil acerca del proceso bajo estudio” (Montgomery Douglas, 2007, 16). En muchos casos el promedio o la desviación estándar de la característica medida será la variable de respuesta o bien pueden existir múltiples variables de respuesta (Montgomery, 2007, 16).
- **Elección del diseño experimental.** Si las actividades previas de organización y planeación del experimento se han realizado de manera adecuada, siguiendo los lineamientos, este paso deberá resultar muy sencillo. En este paso se tendrá la obligación de determinar el tamaño de la muestra que se debe medir, la selección de un orden correcto y aleatorio para la realización de las corridas del experimento, y la decisión de si es

o no necesario incluir un diseño de bloques en el experimento (Montgomery Douglas, 2007, 16).

- **Realización del experimento.** Esta etapa comprende la realización de las corridas experimentales para determinar los resultados de cada una. En esta etapa del experimento se debe tener cuidado ya que por lo general son las fallas de ésta fase las que provocan la destrucción de la validez del experimento. Es muy recomendable con motivo de preparar los materiales y la logística de los mismos, la realización de corridas de ensayo para estar listos el momento de empezar correr el experimento (Montgomery, 2007, 17).
- **Análisis estadístico de los datos.** Es de vital importancia el implemento de la estadística para el análisis de los datos en fin de que los resultados y conclusiones del experimento sean objetivos y no de carácter apreciativo (Montgomery, 2007, 17). Un paquete de software puede siempre ser recomendable para aliviar el trabajo del experimentador. Los métodos de

análisis gráficos simples son por lo general la mejor opción para el análisis y la interpretación de los datos (Montgomery Douglas, 2007, 17).

- **Conclusiones y recomendaciones.** Después de haber analizado los datos, el experimentador deberá encontrar conclusiones prácticas acerca de los resultados y recomendar un curso de acción. Los métodos gráficos suelen ser útiles en esta etapa, en particular para presentar los resultados. (Montgomery Douglas, 2007, 19)

3.2.1.4 Métricas del six sigma.

- a. Varianza (δ):** Es un atributo de los procesos que representa el nivel de confiabilidad en sus resultados. La desviación estándar (δ) es una medición de la variación. Sigma (δ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor sea el número de defectos (Lefcovich, 2009, 32).
- b. DPMO.** Sus siglas significan defectos por millón de oportunidades y se calcula dividiendo el número total de defectos encontrados entre el número total de oportunidades de defectos por un millón.

“Las compañías se esfuerzan por obtener productos y servicios 100% libres de defectos” Larry Bossidy. CEO 1991-99 Allied Signal Inc.

c. Capacidad de progreso. El índice de capacidad del proceso es una comparación entre la variabilidad natural y la variabilidad específica (Escalante E, 2003, 62). Para ello se define el índice de capacidad del proceso C_p , llamado también potencial del proceso:

Sin embargo, el índice C_p no es adecuado para aquellos casos en los que el proceso no este centrado en el nominal de la especificación.

En estos casos, la definición de capacidad de un proceso puede expresarse como:

$$C_{pk} \geq 1 \rightarrow \text{proceso capaz}$$

$$C_{pk} < 1 \rightarrow \text{proceso no capaz}$$

En ambos casos, el proceso dará lugar a una característica capaz de satisfacer la especificación, encontrándose la mayor parte (más del 99.73%) del producto resultado del proceso dentro de tolerancia.

3.2.1.5 Six sigma y costos

Six sigma es una metodología que tiene como fin el mejorar la calidad, por lo tanto, reducir defectos. Mejorar la calidad no

significa aumentar los costes en las empresas. Si bien la calidad cuesta dinero, la no calidad es más cara. Los costes de la no calidad suponen la diferencia entre lo que cuesta el producto o servicio y lo que costaría si el mismo producto se hiciera sin ningún defecto. (Gómez Fermín, 2003, 35).

Los costos de calidad son:

- **Costos de prevención.** Costos incurridos para evitar que se cometan defectos, es decir, productos fuera de especificación.
- **Costos de evaluación.** Son aquellos incurridos en detectar cuál de las unidades individuales de los productos no se apegan a las especificaciones.
- **Costos de falla internas.** Corresponden a aquellos incurridos al detectarse un producto defectuoso antes de llegar al cliente.
- **Costo de fallas externas.** Corresponden a aquellos incurridos al detectarse un producto defectuoso después de enviarse al cliente.

3.2.2 Proceso de soldadura

3.2.2.1 Definición

La soldadura es el proceso donde se unen dos o más piezas de un material (generalmente metales o termoplásticos)

usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que, al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el baño de soldadura) y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón. En ocasiones se utiliza conjuntamente presión y calor, o solo presión por sí misma, para producir la soldadura.

3.2.2.2 Arco eléctrico

Es el fenómeno físico producido por el paso de una corriente eléctrica a través de una masa gaseosa, generándose en esta zona alta temperatura, la cual es aprovechada como fuente de calor, en todos los procesos de soldadura por arco eléctrico (Indura, 2015, 20).

3.2.2.3 Proceso de ejecución

El proceso de soldadura detallado a continuación es el más común (Manual de Indura, 2015)

- **1° paso:** Limpiar la pieza a soldar con un cepillo metálico. El material debe quedar limpio de grasas, óxidos y pinturas. Al limpiar la pieza protegerse la vista con gafas de seguridad.

- **2° paso.** Colocar el material sobre una mesa de trabajo. Asegúrese que la pieza quede fijamente.
- **3° paso.** Encender la máquina de soldar. Tener en cuenta que la polaridad de la máquina esté de acuerdo con el electrodo usado. Verificar que los cables estén en buen estado y aislado.
- **4° paso.** Regular el amperaje de la máquina en función del electrodo. La regulación se realiza de acuerdo al sistema que posee la máquina que se utilice.
- **5° paso.** Fijar la conexión de masa sobre la mesa de soldar y colocar el electrodo en la pinza de la porta-electrodo.
- **6° paso.** Encender y mantener el arco eléctrico. Este proceso se debe hacer usando los equipos de protección personal como los guantes y la máscara de soldar llamada careta.
- **7° paso.** Mantener el electrodo a distancia igual al diámetro del electrodo, moviendo en zig, zag para el correcto procedimiento de la soldadura.

3.2.2.4 Definición de Válvulas Body

Durante más de 50 años se ha producido el diseño y desarrollo de algunas de las bombas de pistón diafragma más avanzadas

del mundo. Las bombas de alta presión GEHO para bombear pulpa, están diseñadas para satisfacer los requisitos del mañana:

- Capacidad hasta 1600 m³/h.
- Presiones de descarga hasta 30000 kPa.
- Concentración de lodo hasta el 85%.
- Viscosidad hasta 8000 mPa.s.
- Límite máximo de fluencia de 200 Pa.
- Eficiencia de la bomba hasta el 96%.
- Pulpa con una temperatura hasta 230 °C.

3.2.2.5 Características de la válvula Body

- Alta eficiencia de la bomba de hasta el 96%
- Bomba industrial para trabajo pesado.
- El diagrama evita que el pistón y la camisa tengan contacto con el lodo abrasivo.
- Sistema de ajuste automático del diagrama mediante controlador lógico programable (PLC).
- Las válvulas son las únicas piezas que se desgastan. Diseños para aplicaciones específicas disponibles.
- Extracción del asiento de la válvula con un sistema hidráulico.

- El amortiguador de pulsaciones esta precargado con nitrógeno.
- Válvulas de descompresión integrada en el lado de la propulsión de nitrógeno.
- Protegida frente a la contaminación exterior.
- Estructura resistente y robusta de una sola pieza con niveles bajos de esfuerzo.

3.2.2.6 Ventajas de las válvulas Body

- Mínimo costo energético y mínima producción de calor. Bajo impacto ambiental (menor huella de carbono). Bajo consumo de agua debido a la capacidad de bombeo de pulpas con alto contenido sólido.
- Desgaste mínimo del pistón e intervalos de mantenimiento tengan contacto con el lodo abrasivo máximos para la unidad del pistón y la camisa del cilindro.
- Larga vida útil del diafragma – permite un programa anual mediante controlador lógico programable de sustitución.
- Vida útil máxima de las válvulas basada en una amplia experiencia y lecciones aprendidas. Disponibilidad de bombeo máximo para el usuario final.

- La válvula de descompresión protege la bomba contra lado de la propulsión de líquido la sobrepresión.
- Alta confiabilidad; nuestro diseño está basada en amplia experiencia.
- Diseño de bomba para trabajo pesado en el entorno minero.
- Vida útil larga, fiable y de bajo mantenimiento.

3.2.3 Productividad

La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados. Es usual ver la productividad a través de dos componentes: eficiencia y eficacia. La primera es simplemente la relación

entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados. Así, buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos; mientras que la eficacia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados (hacer lo planeado). Se puede ser eficiente y no generar desperdicio, pero al no ser eficaz no se están alcanzando los objetivos planeados. (Gutiérrez Pulido, Humberto), 3° edición.



FIGURA 1: La productividad y sus componentes.

Fuente: calidad total y productividad. Gutiérrez Pulido, 2005.

En general, la productividad se entiende como la relación entre lo producido y los medios empleados; por lo tanto, se mide mediante el cociente: resultados logrados entre recursos

empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas, clientes atendidos o en utilidades. Mientras que los recursos empleados se cuantifican por medio del número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. De manera que mejorar la productividad es optimizar el uso de los recursos y maximizar los resultados. De aquí que la productividad suele dividirse en dos componentes: eficiencia y eficacia.

Eficiencia: es la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados, se mejora principalmente optimizando el uso de los recursos, lo cual implica reducir tiempos desperdiciados, paros de equipo, falta de material, retrasos, etc.

Eficacia: es el grado con el cual las actividades previstas son realizadas y los resultados planeados son logrados. Por lo tanto, ser eficaz es cumplir con objetivos y se atiende mejorando los resultados de equipos, materiales y en general del proceso.

Programas para incrementar la productividad: **mejorar eficiencia**, en la que se busque reducir los tiempos desperdiciados por paros de equipos, carencia de materiales, falta de balance en las capacidades, retrasos en los suministros y en las órdenes de compra, así como por

mantenimiento y reparaciones no programadas. Por otro lado, está la mejora de la eficacia, en la cual se busca la disminución de los productos con defectos, las fallas en arranques y en la operación de procesos. Es decir, se busca disminuir las deficiencias en materiales, diseños y equipos; además de incrementar y mejorar las habilidades del personal y generar programas que le ayuden a la gente a realizar mejor su trabajo. (Gutiérrez Pulido, H; De La Vara Salazar, Román)2° edición.

3.3 Definición de términos

- a. Actividades que añaden valor:** fases de un proceso que cumple los tres criterios que definen el valor percibido por el cliente externo: 1) al cliente le importa; 2) el elemento que fluye a lo largo del proceso cambia; 3) se hace bien a la primera.
- b. Actividades que no añaden valor:** Fases de un proceso que no añaden valor al cliente externo y que no cumple con los tres criterios de valor añadido; incluyen la repetición de trabajo, entrega, inspección/control espera/retrasos, etc.
- c. Análisis (DMAIC):** En esta etapa se Identifican las causas raíz del problema o situación identificando las X's vitales, entender cómo es que estas se generan y conformarlas con datos
- d. ANOVA:** Por sus siglas en inglés, es un análisis estadístico que consiste en separar la contribución de cada fuente de variación en la variación total observada.

- e. **Calidad Actual:** Es el valor agregado actual por unidad, medido a la salida del proceso.
- f. **Cp:** Índice de capacidad de proceso, que se obtiene de dividir la tolerancia entre 6 veces la desviación estándar poblacional.
- g. **Cpk:** Índice de capacidad a corto plazo o real., se obtiene multiplicando el valor del Cp por la diferencia de la unidad menos el valor de k.
- h. **Defecto:** Cualquier error o no conformidad, cualquier costo que se adhiera sin agregar ningún valor al producto.
- i. **Defectuoso:** Una parte que no es aceptable debido a uno o más defectos.
- j. **Desperdicio:** La diferencia entre el valor potencial y valor actual.
- k. **Desviación estándar muestral:** Refleja que tan esparcidos se encuentran los datos con respecto a su media o promedio.
- l. **Diseño de Experimentos (DOE):** Conjunto de técnicas activas que manipulan el proceso para inducirlo a proporcionar la información que se requiere para mejorarlo.
- m. **Diseño Factorial 2 (Súper Índice k):** Diseño que estudia k factores con dos niveles cada uno.
- n. **DMAIC:** Es la metodología empleada para realizar proyectos six sigma y consiste en Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar, DMAIC por sus siglas en inglés.

- o. DPPM:** Son los defectos en partes por millón, y se obtiene multiplicando la cantidad de unidades defectuosas por un millón entre el total de unidades auditadas.
- p. DPU:** Defectos por unidad, se calcula dividiendo los defectos por unidad entre número de unidades procesadas.
- q. Hipótesis Estadístico:** Es una afirmación sobre los valores de los parámetros de una población o proceso que se prueba a través de una muestra representativa
- r. Histograma:** Gráfica que permite visualizar la tendencia central, la dispersión y la forma de la distribución de un conjunto de datos.
- s. Lambda:** Es una potencia para ajustar los valores de una muestra a una distribución normal
- t. Six sigma:** Es la metodología de Clase Mundial que nos permite la eliminación del desperdicio controlando principalmente las variaciones en el proceso y el entendimiento de los errores que de este se generan para los clientes. La eliminación del desperdicio controlando principalmente las variaciones en el proceso y el entendimiento de los errores que de este se generen para los clientes.
- u. Variación de respuesta:** Es la característica del producto cuyo valor interesa mejorar.

IV. HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES

4.1 Formulación de hipótesis

4.1.1 Hipótesis general

- La implementación de la metodología six sigma muestra diferencia entre el antes y después de aplicado el proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.

4.1.2 Hipótesis específicos

- La implementación de la metodología six sigma muestra diferencia en la eficacia aplicado antes y después del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.
- La implementación de la metodología six sigma muestra diferencia en la eficiencia aplicado antes y después del proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.

4.2 Cuadro Operacional de variables, dimensiones e indicadores

Variable	Definición	Dimensión	Indicador
<u>Var. Indep.</u> Six sigma	Es una metodología de mejora de procesos, se centra en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar defectos y fallas (número de válvulas reprocesadas)	Definir y Medir	Diagrama de Pareto, matriz de priorización, project Charter, diagrama SIPOC. Prueba de normalidad
		Analizar y Mejorar	Lluvia de ideas, diagrama de ISHIKAWA (Causa - Efecto), método 5 W's. Plan de acción, plan de capacitación, plan de mantenimiento, metodología 5's.
		Controlar	Gráfica de control, diagrama de capacidad del proceso.
<u>Var. Depen.</u> Productividad del proceso de soldadura.	Referido a establecer una unión sólida entre dos objetos metálicos con las mismas características, a través de la fusión agregando material de aporte (electrodos)	Eficacia	$\frac{\text{Número de válvula atendido (Unid)}}{\text{Número total de válvulas (Unid)}} * 100$
		Eficiencia	$\frac{\text{Costo de válvulas no reprocesadas}}{\text{Costo total de todas las válvulas}} * 100$

V. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Tipo de investigación

La presente investigación es una investigación del tipo Aplicada. Este tipo de investigación se utilizó porque se propone aplicar los conocimientos referentes a six sigma con el fin de resolver problemas y obtener resultados; cuyo beneficio está orientado a mejorar los procesos existentes en la empresa. Además, EIMEN SAC es una empresa manufacturera y según Landeau la investigación aplicada “es un tipo de estudio que se emplea con frecuencia en el contexto industrial, orientado a la producción de materiales, instrumentos, sistemas, métodos, procedimientos y modelos” (Landeau, 2007: 55).

5.2 Nivel o alcance de la investigación

La investigación según el nivel de investigación es Descriptiva - Correlacional. Porque se buscó especificar las características del proceso de mantenimiento de las válvulas BODY, es decir se buscó datos históricos para determinar los valores de los datos de pre y post test los cuales se midieron sobre la variable independiente y dependiente. (Sampiere 2010: 63).

5.3 Diseño de investigación

La presente investigación correspondió a un diseño de investigación pre-experimental. Una característica importante de

esta investigación fue la no manipulación de la variable independiente. Ya que la investigación mide los resultados ante y post implementación de la variable independiente.

5.4 Metodología

El diagrama es el siguiente:

G: O1 → X → O2

Donde:

G: grupo: Área de soldadura de Válvulas BODY en la Empresa EIMEN S.A.C.

O1: Medición al grupo: Número de Válvulas BODY con fallas antes de la implantación de la metodología six sigma.

X: Aplicación de la metodología six sigma.

O2: Medición al grupo: Número de válvulas BODY después de la implantación de la metodología six sigma

5.5 Población y muestra

5.5.1 Población

La población fue de 40 válvulas BODY reportadas en los diferentes centros mineros (Compañía minera el brocal, Milpo, Casapalca, Chungar, Cerro SAC, Animon). Porque es el promedio de válvulas body que la empresa repara mensualmente.

5.5.2 Muestra

La muestra fue la población total, es decir 40 válvulas BODY.

TABLA 5. 1:Recopilación de datos

Unidad Minera	Numero de válvulas BODY
El Brocal	6
Milpo	8
Chungar	6
Cerro SAC	2
Animon	6
Atacocha	12
Total	40

Fuente: Elaboración propia

5.6 Técnica e instrumento de recolección de datos

5.6.1 Técnica

Observación. Consistió en observar todo el proceso tales como torneado, lavado y principalmente soldadura. Con el fin de obtener información, necesaria para la investigación tales como número de válvulas en proceso y reproceso.

5.6.2 Instrumento

Ficha de observación. Es el instrumento de la observación. Son instrumento de investigación, evaluación y recolección de datos referido al proceso de soldadura. Por ejemplo, se observó el número de válvulas reprocesadas durante el mes. Su objetivo fue suministrar información para fortalecer, modificar y mejorar los procesos de soldadura.

5.7 Método de análisis de datos

Para esta actividad se utilizó paquetes o herramientas estadísticas de calidad tales como el MINITAB, donde se usó:

- Grafica de Pareto. Nos ayudó a determinar qué área genera más reprocesos.
- Graficas de control. Se usó para determinar cómo fue la producción antes y después de la implementación de la metodología
- La prueba T. Se usó para contrastar las hipótesis.
- Prueba de Normalidad. Se usó para ver que el proceso esté dentro de lo normal.

5.8 Desarrollo de la propuesta

5.8.1 Descripción de la empresa

EIMEN SAC es una empresa peruana, que se sitúa en el área de servicios de ingeniería mecánica eléctrica para la industria y minería, principalmente en mantenimiento y reparación de maquinarias, vehículos overhauls de equipo de mina, mantenimiento y reparación de equipos de planta concentradora, trabajos de metalmecánica, fabricaciones y montaje de estructuras, capacitación y entrenamiento de operadores de equipo de mina.

El recurso humano; el bienestar y la seguridad; es un factor primordial para la empresa EIMEN SAC.

Visión:

Ser reconocidos como uno de los mejores proveedores de servicios mecánicos, eléctricos, fabricaciones – montajes estructurales.

Misión:

Proveer soluciones de alta calidad a las necesidades de nuestros clientes.

Experiencia:

- Taller de maestranza equipado ubicado en el km 21 de la panamericana Sur antigua de Villa El Salvador, para la fabricación, reparación de trabajos de metal mecánica.
- Taller de maestranza y fabricación de metal mecánica ubicado en la ciudad de Villa Pasco (Cerro De Pasco)
- Servicio de mantenimiento y operación del proceso metalúrgico de la planta concentradora de 3,500 Ton/día, incluyendo montaje de Molino, Chancadoras, Fajas de transmisión, Filtros y Celdas entre otros de la Compañía Minera Atacocha SAA.
- Servicios de mantenimiento de equipos de minería subterránea y Operación y Mantenimiento de la Central

Hidroeléctrica de Chaprín en la Compañía Minera Atacocha SAA.

- Servicios de mantenimiento, reparaciones y montajes de los equipos de la Planta Concentradora de Catalina Huanca Sociedad Minera SAC en Ayacucho.
- Servicios de mantenimiento y reparaciones de los equipos de la Empresa Minera Los Quenuales SA, unidad Yauliyacu de la Corporación Glencore.
- Servicios de Mantenimiento y Reparaciones de la Planta Concentradora de la Empresa ICM Pachapaqui en el departamento de Áncash.

5.8.2 Descripción del proceso

El proceso presenta 4 actividades que se desarrolla a continuación:

a) Lavado:

Este proceso consiste en quitar la grasa y elementos extraños impregnada en las válvulas. Las válvulas BODY son llevadas al área de lavado, donde con un trapo y una espátula se procede a quitar toda la grasa impregnada en la válvula. Después de esto, se sumerge en una tina metálica que contiene disolvente (petróleo) con la ayuda de una brocha y trapos; se procede a lavar la parte desgastada de la válvula BODY. El mecánico

debe utilizar adecuadamente los implementos de seguridad tales como guantes de jebe en buen estado, un respirador adecuado para productos químicos y mandil de plástico para protección contra insumos químicos.

b) Soldadura:

Una vez que la válvula BODY se encuentra limpia de grasa y elementos extraños, el siguiente paso consiste en rellenar el área desgastada con soldadura especial llamada “Citodur 600”. Generalmente se utiliza electrodos de 1/8 de diámetro con un amperaje 100 a 135. El soldador debe utilizar los implementos de seguridad con la máscara de soldador, guantes de soldador que protege los brazos, respirador contra los humos tóxicos y mandil de soldador. El Citodur 600 tiene una alta dureza al desgaste; por ende, el soldador debe usar el material en forma eficiente.

c) Precaentado

El siguiente paso es el precalentado de la válvula BODY. Este proceso se realiza debido a la alta dureza del material de aporte (Citodur 600 posee una dureza de 52 – 55 HRc). Previo al torneado, se sujeta la válvula BODY en el torno y se procede a calentar con el equipo de oxicorte a una temperatura aproximadamente de 400 – 500 °C. Si se intenta tornear en frío, la cuchilla de desgaste del torno se romperá.

d) Torneado:

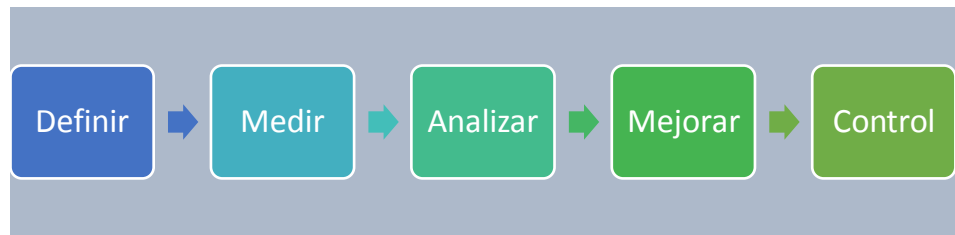
El torneado es el último proceso que consiste en dar el acabado a la válvula BODY. Este proceso se realiza mientras la válvula se encuentra a temperaturas superiores a 400 °C. debido a la dureza del electrodo. El maestro tornero usa una cuchilla de desbaste de código "2915" especialmente para materiales extra duro.

5.9 Implementación de la metodología six sigma

El six sigma o seis sigmas es una metodología que mejora los procesos. Se centra en la reducción de la variabilidad, disminuyendo o eliminando defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de esta metodología es tener 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO).

Este proyecto nos permitió usar dos tipos de herramientas: el primero del tipo general el cual se emplea para para recoger información (diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, etc.) y la segunda, son herramientas estadísticas (Capacidad de proceso, Normalidad, contraste de hipótesis, etc.) A continuación, se detallan las cinco fases que componen la metodología six sigma: Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control (DMAIC).

FIGURA 2: Fases de la metodología six sigma



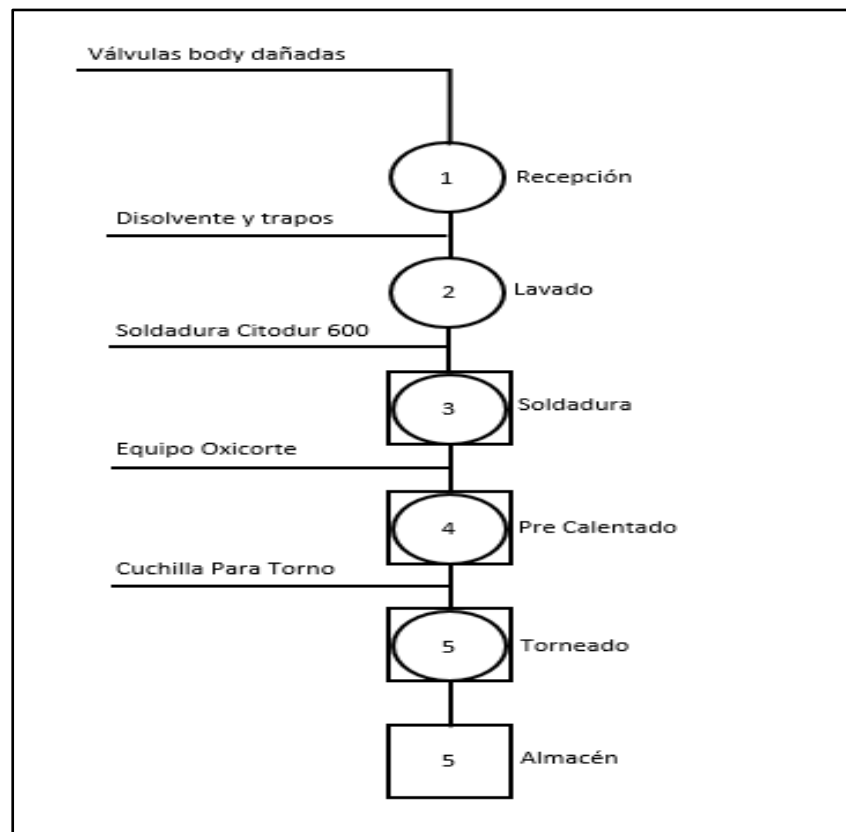
Fuente: Elaboración propia

5.9.1 Definir

Esta es la primera etapa donde se definió el área que presenta la mayor cantidad de válvulas reprocessadas.

5.9.1.1 Diagrama de operaciones del proceso:

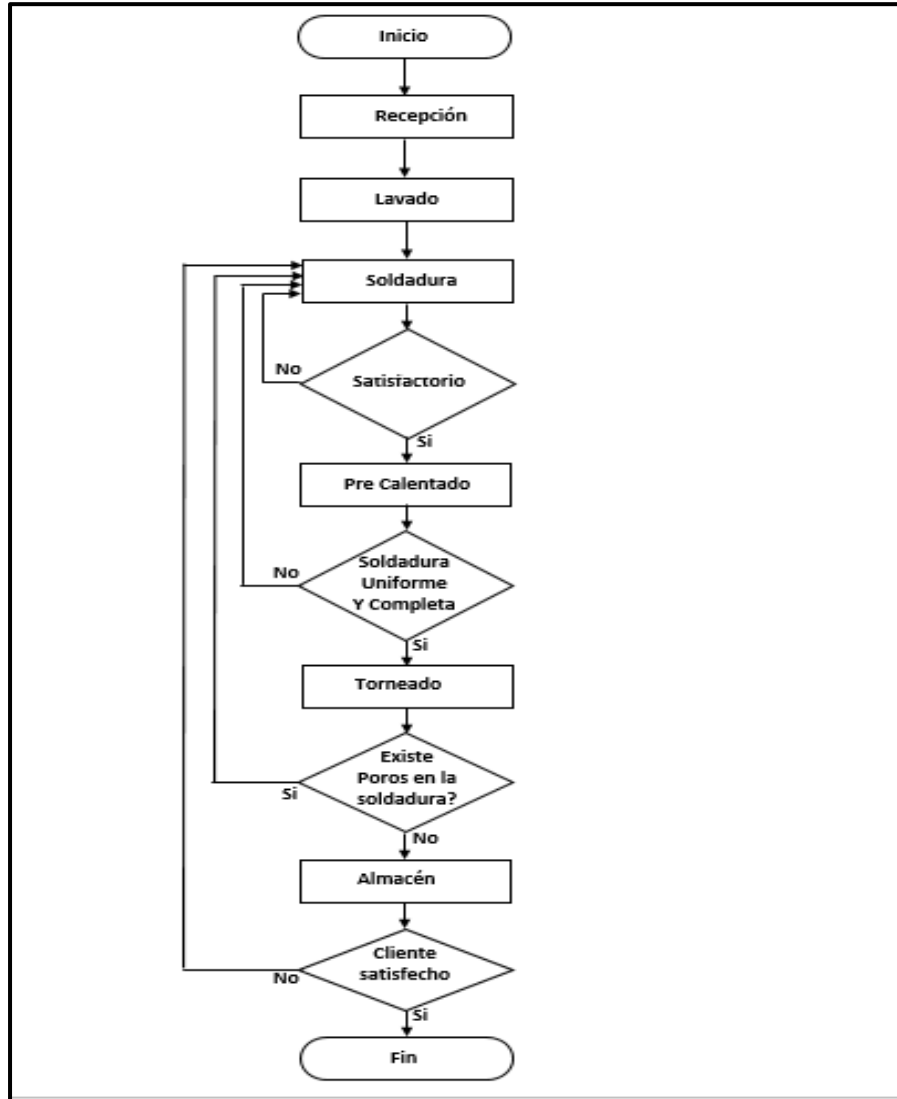
FIGURA 3: diagrama de operaciones del proceso



Fuente: Elaboración propia

5.9.1.2 Diagrama de flujo de proceso

FIGURA 4: diagrama de flujo del proceso



Fuente: Elaboración propia

5.9.1.3 Análisis de válvulas BODY en cada área de trabajo

A continuación, se presenta la cantidad de válvulas por cada proceso en los meses de enero, febrero y marzo del presente año.

- En el mes de enero ingresó 28 válvulas BODY al área de lavado; de igual manera ingresaron la misma cantidad al área de soldadura. En el área de Pre Calentado, el mecánico se percató que una válvula presentaba soldadura no uniforme, haciendo retornar al área de soldadura para su corrección. Las demás válvulas no presentaron defectos ni quejas del cliente.
- En el mes de febrero ingresaron 34 válvulas, en el área de pre Calentado al momento de hacer la inspección el mecánico se percata que 1 válvula no se terminó de soldar. En el área de torneado el mecánico detecta 3 válvulas con poros y 1 válvula que tiene que volver a calentar. Las 4 válvulas retornan al área de soldadura y 1 válvula al área de precalentado. Las 29 válvulas son entregadas al almacén y no presentan reclamo alguno.
- En el mes de marzo ingresaron 38 válvulas. En el área de pre calentado se detectaron 2 válvulas con soldadura no uniforme, retornándolos al área de soldadura. En el

área de torneado el mecánico detectó 3 válvulas con poros retornando al área de soldadura y 2 válvulas que necesitaban el pre calentamiento pues no se calentaron a la temperatura requerida. Entregando al almacén 31 válvulas. Sin embargo, el cliente presentó su queja al momento de recoger sus válvulas, pues 2 de ellas presentaban demasiada holgura (estos retornaron al área de soldadura) y 1 válvula no presentaba la holgura requerida por lo que se retornó al área de torneado. Al final el cliente solo recogió 28 válvulas BODY.

TABLA 5. 2:Análisis de válvulas en cada área de trabajo

	Ingreso	Lavado	Soldadura	Pre Calentado	Torneado	Salida
Enero	28	28	28	27	27	27
Retorno		0	1	0	0	
Febrero	34	34	34	33	29	29
Retorno		0	4	1	0	
Marzo	38	38	38	36	31	28
Retorno		0	7	2	1	
Total Retorno		0	12	3	1	

Fuente: Elaboración propia

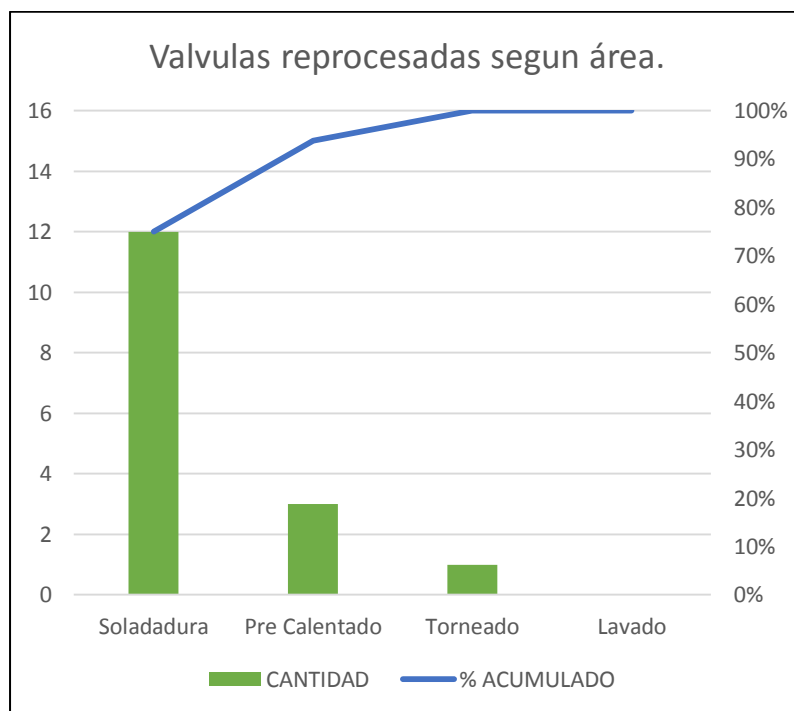
TABLA 5. 3: Porcentaje de retornos de válvulas

Mes	N° Válvulas	N° Retornos	% retornos
Enero	28	1	1%
Febrero	34	5	5%
Marzo	38	10	10%
Total	100	16	16%

Fuente: Elaboración propia

Analizando las válvulas que retornan según el diagrama de Pareto.

FIGURA 5: diagrama de Pareto de válvulas reprocesadas



Fuente: Elaboración propia

Como muestra el diagrama de Pareto el 80% de las fallas y reprocesos de válvulas BODY son ocasionadas por el área de soldadura.

5.9.1.4 Identificación del problema

Entre los problemas identificados en todo el proceso tenemos:

Lavado:

- Falta de trapos
- Disolvente de mala calidad

Soldadura:

- Electrodo húmedo y deteriorado
- Soldadura con poros
- Alto consumo de soldadura
- Soldaduras incompleta y no uniforme

Precautado:

- Boquilla del equipo de oxicorte desgastado

Torneado:

- Pastillas de torno frágil
- Acabado de válvulas con especificaciones erróneas
- Acabado grumoso de las válvulas BODY
- Pérdida de dureza de la válvula BODY

Para determinar el principal problema se usó una matriz de priorización de problemas. Previamente se realizó un cuadro con los criterios a calificar con su respectivo valor o puntaje de medición.

TABLA 5. 4: Escala de criterio de matriz de priorización

N°	Criterio	Descripción	Puntaje
1	Tiempo del Trabajo (Tiempo que tomara solucionar el problema)	Hasta 1 día	10
		De 1 día a 1 semana	30
		De 1 semana a 1 mes	50
2	Costo para solucionar (Inversión para solucionar el problema)	Costo bajo (0 a 50 soles)	10
		Costo mediano (51 a 100 soles)	30
		Costo alto (101 a más soles)	50
3	Resultados esperados (Medición de los efectos de la mejora)	Bajo impacto (hasta 2 reclamos/mes)	10
		Moderado Impacto (3 a 5 reclamos/mes)	30
		Alto Impacto (más de 5 reclamos /mes)	50

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 5. 5: Matriz de priorización de problemas

Área	Problema	Tiempo del trabajo	Costo para solucionar	Resultados esperados	Frecuencia	Puntaje total
Lavado	Falta de trapos y waipes	10	10	10	5%	1.5
	Disolvente de mala calidad	10	10	10	5%	1.5
Soldadura	Soldadura con poros	30	30	30	30%	27
	Alto consumo de soldadura	10	30	50	30%	27
	Soldadura incompleta y no uniforme	30	50	50	20%	24

Pre Calentado	Boquilla de equipo oxicorte deteriorado	10	50	30	2%	18
Torneado	Pastillas de torno frágil	30	30	30	3%	2.7
	Acabado con especificaciones erróneas	10	30	50	15%	13.5
	Acabado grueso	10	30	50	15%	13.5
	Perdida de dureza de válvula	10	10	10	3%	0.9

Fuente: Elaboración propia

Según la matriz de priorización de problemas, el área de lavado presentó 3 puntos, el área de soldadura presenta 78 puntos, el área de pre calentado presenta 18 puntos y el área de torneado presenta 30.6 puntos. Por lo tanto, el área de soldadura presenta el mayor puntaje.

TABLA 5. 6: Puntaje del proceso para la mejora

Área	Puntaje
Lavado	3.0
Soldadura	78.0
Pre calentado	18.0
Torneado	30.6

Fuente: Elaboración propia

5.9.1.5 Cuadro del proyecto (Project Charter)

A continuación, se muestra el resumen del proyecto:

TABLA 5. 7: el cuadro de Project Charter

Nombre del proyecto		
Reducción del número de reprocesos de válvulas BODY en el área de soldadura de 16% a 10% en la empresa EIMEN SAC.		
Descripción del proyecto		
Este proyecto consiste en disminuir y/o eliminar los reprocesos de válvulas BODY en el área de soldadura, generados por poros, soldaduras incompletas y no uniformes. El proyecto estará a cargo de los maestristas que contará con el apoyo del supervisor de operaciones de la planta concentradora EIMEN SAC.		
Definición del producto del proyecto		
La implementación del proyecto requiere conocer cuáles son las causas que generen poros de soldadura, cuáles son las causas de soldadura incompleta y no uniforme en el área de soldadura.		
Definición de requerimientos del proyecto		
El proyecto requiere información fidedigna y concreta. Se tomarán tiempos de trabajo por cada válvula BODY y por cada soldador. El requerimiento de los clientes es tener un producto (Válvula BODY) que cumpla con las normas de calidad.		
Objetivos del proyecto		
Concepto	Objetivos	Criterio de éxito
Alcance	Reducir el número de reprocesos de válvulas BODY en la empresa EIMEN SAC.	Entregar resultados en sustentación a los directivos de la empresa EIMEN SAC.

Tiempo	Concluir dentro del cronograma planificado.	Concluir el proyecto en 4 meses
Costo	Cumplir con el presupuesto planificado.	No exceder el presupuesto planificado
Finalidad del proyecto		
Reducir costos de fabricación de válvulas BODY e incrementar la rentabilidad de la empresa EIMEN SAC.		
Equipo de trabajo		
<ul style="list-style-type: none"> • Gerente general • Residente • Supervisor de planta • Administrador • Almacenero • Operario del área de soldadura • Maestristas. 		

Fuente: Elaboración propia

5.9.1.6 Diagrama de SIPOC del área de soldadura

A continuación se presenta el diagrama de SIPOC, donde se muestra en detalle el proceso realizado en el área de soldadura.

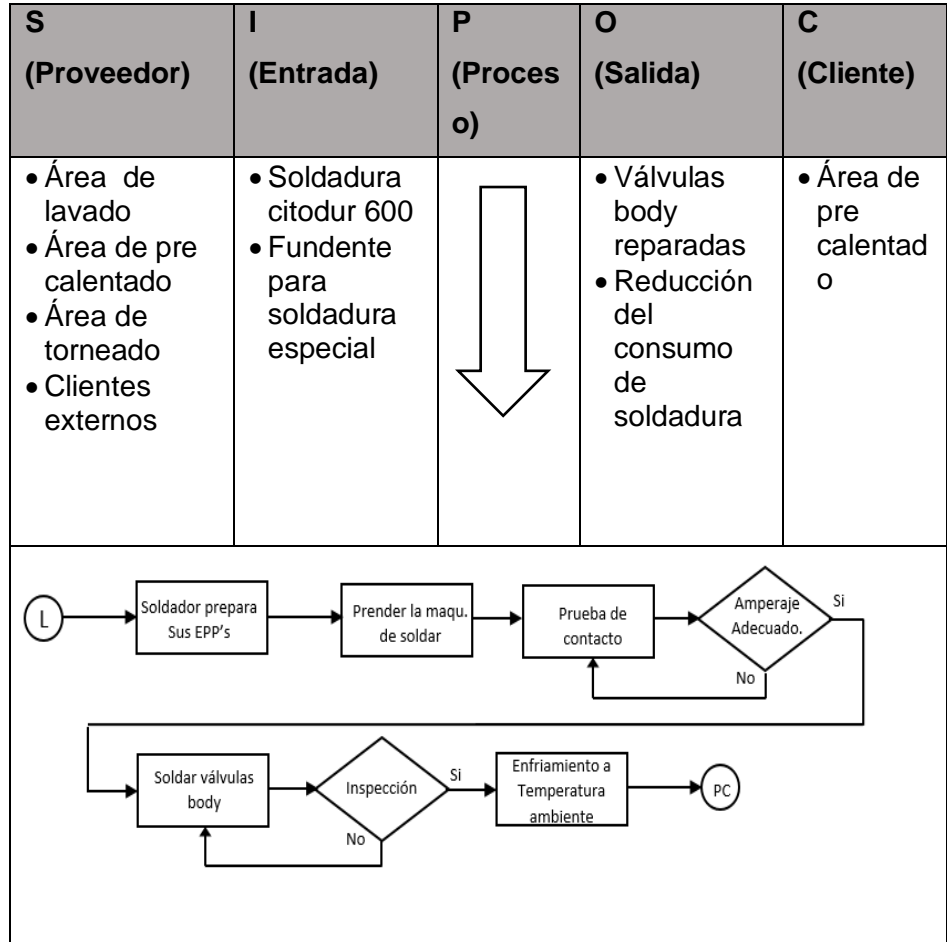


TABLA 5. 8: el diagrama de SIPOC
Fuente: Elaboración propia

5.9.2 Medir

En esta atapa se determinó la situación actual del proceso. Se medirá el aspecto más importante encontrado en la etapa de definición. Además, se determinó la forma de medición, estableciendo un plan de recolección de datos. Esta etapa garantiza la presión, rigor y confiabilidad de los datos obtenidos.

5.9.2.1 Análisis del sistema de medición

Para la medición de la cantidad de reprocesos se usaron datos encontrados en la base de datos de la empresa del año 2017 y de los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo del presente año. Con un nivel de confianza de 95%.

TABLA 5. 9:Datos recogidos en la base de datos año

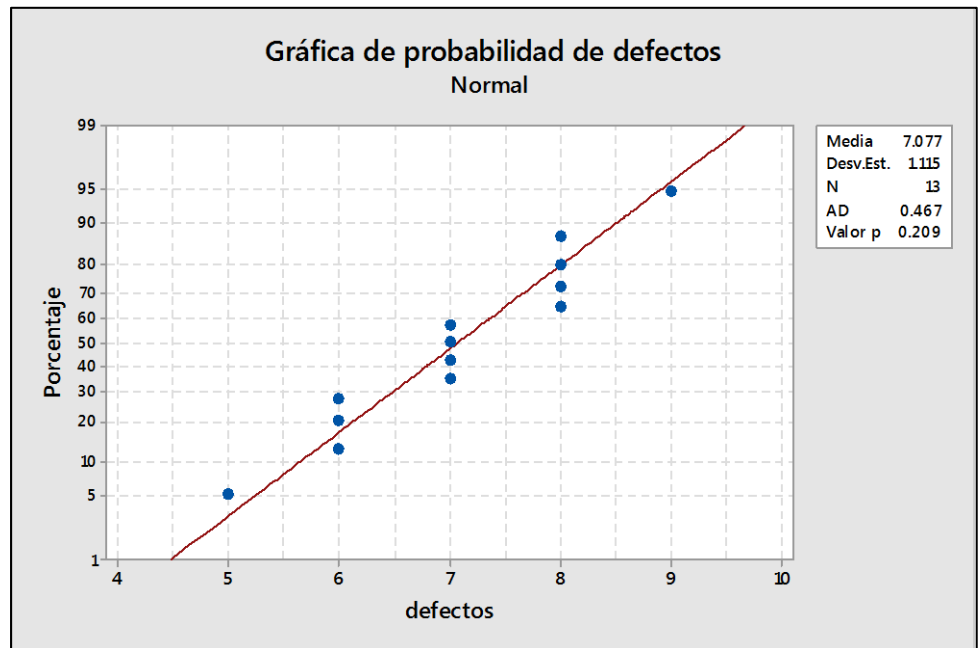
Meses	N° Válvulas	N° de defectos
Octubre 2016	40	8
Noviembre 2016	42	7
Diciembre 2016	35	6
Enero 2017	38	5
Febrero 2017	38	8
Marzo 2017	44	6
Abril 2017	43	6
Mayo 2017	45	9
Junio 2017	46	8
Julio 2017	43	7
Agosto 2017	48	7
Setiembre 2017	50	8
Octubre 2017	42	7

Fuente: datos de la empresa

5.9.2.2 Prueba de normalidad

A continuación, se presenta el diagrama de normalidad:

FIGURA 6: gráfica de normalidad



Fuente: Elaboración propia

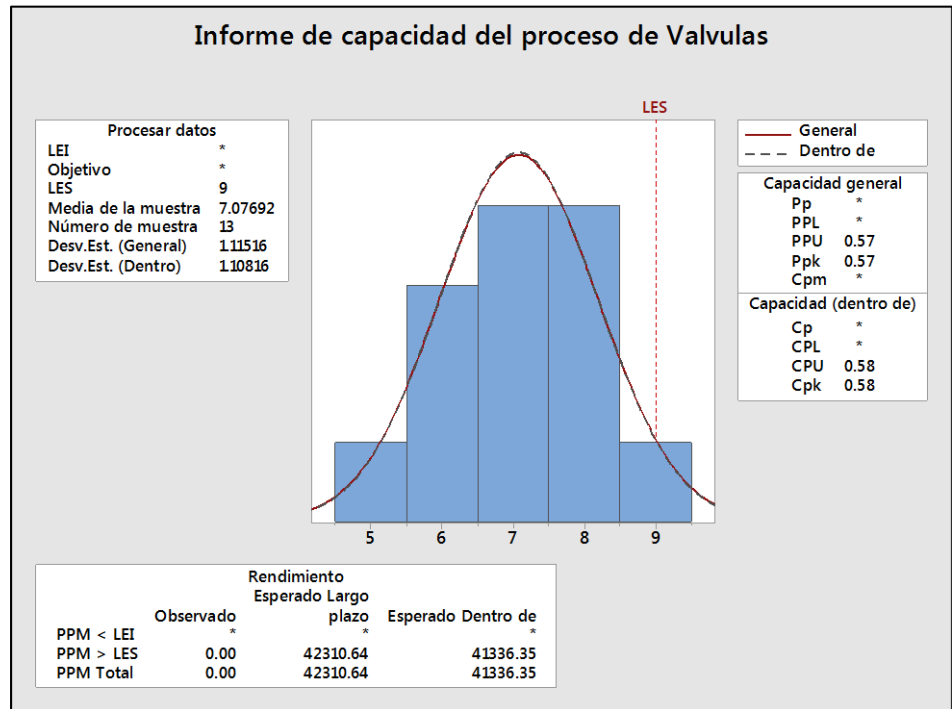
El diagrama muestra que los datos se consideran Normales cuando el valor de P es mayor a 0.05. Se evidencia que los datos obtenidos tienen una distribución normal debido a que el valor de P es 0.209 mayor que 0.05.

5.9.2.3 Análisis de la capacidad del proceso.

Sabiendo que los datos tienen un comportamiento Normal, se procede a conocer la capacidad del proceso en donde se pudo identificar que, de 13 datos de muestra, se obtuvo una media de 7.07692 y un Ppk 0.57 que indica que el proceso no es capaz. Además, se puede observar que de un millón de

válvulas BODY reparadas por la empresa EIMEN S.A.C.,
42310.64 válvulas BODY necesitan reprocesos.

FIGURA 7: capacidad del proceso de válvulas



Fuente: Elaboración propia

5.9.2.4 Sigma del proceso.

A través del análisis de capacidad se obtiene la información para hallar el nivel de sigma del proceso.

TABLA 5. 10:Nivel de sigma del proceso

Valor	
X bar	7.0769
S	1.1152
USL	9
ISL	0
Sigma	1.72
Ppk	0.578

Fuente: Elaboración propia

5.9.3 Analizar

En esta fase se analizó los datos obtenidos en la fase de medición para identificar las causas del problema y encontrar la mejora más adecuada para implementar, en la cual se utilizan herramientas de la metodología Lean Six Sigma, buscando no solo reducir las unidades de reprocesos del proceso de soldaduras de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C., sino también estandarizar creando el hábito de implementación de mejora continua del proceso para que siga funcionando con eficiencia y eficacia.

5.9.3.1 Lluvia de ideas

Esta herramienta se utiliza para identificar las causas que afectan un problema en un proceso. La lluvia de ideas es una herramienta que integra la opinión de todas aquellas personas que forman parte del proceso. Se realizó con la opinión de los operarios, del gerente general, residente, y supervisor de planta de la empresa EIMEN SAC, a raíz de la pregunta central: “¿Cuál cree usted que son los principales problemas que ocasiona los reprocesos de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C?”. A lo cual se obtuvieron las siguientes respuestas:

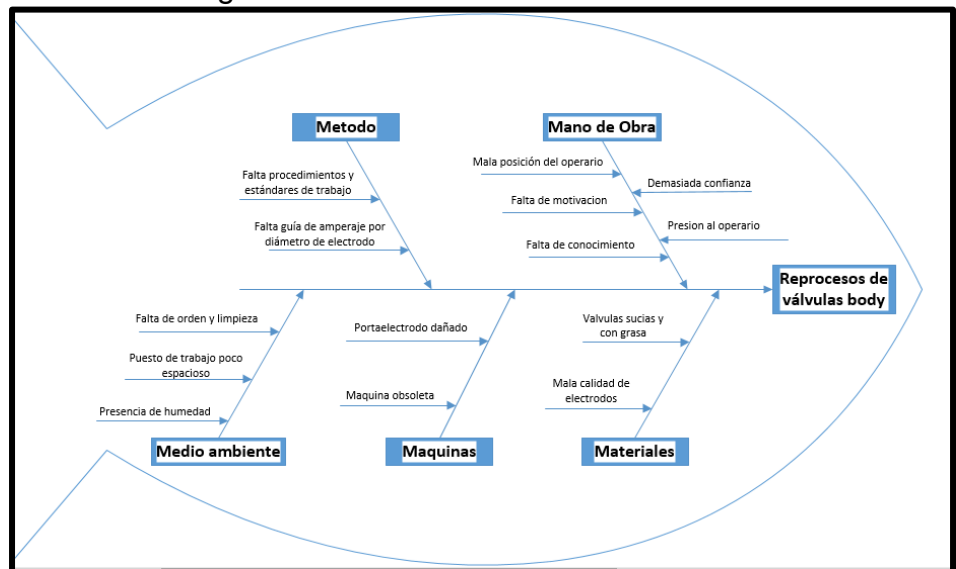
- Mala posición del operario
- Falta de motivación al operario
- Falta de conocimiento del operario
- Trabajo bajo presión
- Desconcentración o descuido del operario
- Falta de orden y limpieza del área de trabajo
- Falta de un procedimiento de trabajo
- Mala manipulación de los insumos (Soldadura húmeda).
- Mala toma de medidas

A raíz de estas ideas se decidió realizar un diagrama de Ishikawa para encontrar las posibles causas raíces al problema de las unidades reprocesadas.

5.9.3.2 Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto)

El diagrama Ishikawa fue una herramienta que ayuda a identificar las causas raíces de un problema definido.

FIGURA 8: diagrama de ISHIKAWA



Fuente: Elaboración propia

Después de organizar las causas de los problemas, se realizó una encuesta al personal de la planta concentradora involucrado en el área de soldadura, para conocer cuáles de estas causas son las que más inciden en los reprocesos de válvulas BODY.

TABLA 5. 11:Calificación de la encuesta

Encuesta EIMEN SAC					
Marque en cada causa el valor que usted considere que más impacta en la producción de reprocesos de válvulas BODY					
Valores: 1=muy bajo 3=bajo 5=Intermedio 7=Fuerte 9=Elevado					
Categoría	Causa	¿Usted cree que esta causa origina los reprocesos de válvulas BODY?			
		Ope 1	Ope. 2	Ope. 3	Total
Método	Falta de procedimientos y estándares de trabajo	7	9	7	23
	Falta guía de amperaje por diámetro de electrodo	3	3	3	9
Mano de Obra	Mala posición del operario	1	5	3	9
	Falta de motivación	7	9	9	25
	Falta de conocimiento	5	7	7	19
	Sensación de presión al operario	7	9	9	25
	Demasiada confianza	3	5	3	11
Medio ambiente	Falta orden y limpieza	1	3	1	5
	Puestos de trabajo poco espacioso	3	3	5	11
	Presencia de humedad	9	9	7	25
Máquinas	Porta electrodo Dañado	1	1	1	3
	Maquinas obsoletas	1	3	1	4
Material	Válvulas sucias y con grasa	3	5	5	13
	Mala calidad de electrodos	9	9	9	27

Fuente: Elaboración propia

5.9.3.3 Método 5 W's

Con los resultados encontrados en la ponderación de la encuesta se realizó una matriz de herramienta 5 Why, por cada uno de los problemas que obtuvieron el mayor puntaje y poder analizar las posibles soluciones de mejora. La matriz 5 Why se realizó con el trabajo en conjunto del supervisor de planta y los soldadores, pues son las personas que tiene conocimiento del proceso.

- **Matriz 5 W**

TABLA 5. 12: Matriz 5W Causa critica N° 1

Causa N° 1	
Falta de motivación al operario	
¿Por qué?	Porque falta de reconocimientos laborales
¿Por qué?	Porque no existe un programa de reconocimientos.
¿Por qué?	Porque el gerente no designa recursos económicos para el programa.
¿Por qué?	Porque no existe una iniciativa.
¿Por qué?	Por el estado anímico de los trabajadores durante sus horas de trabajo.
Causa Raíz	No existe motivación extra para los trabajadores.

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 5. 13: Matriz 5W Causa critica N° 2.

Causa N° 2	
Sensación de presión al operario	
¿Por qué?	Porque el supervisor exige a los operarios.
¿Por qué?	Porque tiene que entregar trabajos a medida y a tiempo
¿Por qué?	Porque existe estándares de cumplimiento de operación y tiempo
¿Por qué?	Porque el operario cambia su fuerza de trabajo durante el día
¿Por qué?	Porque el estado de ánimo varía durante el día con factores externos.
Causa Raíz	Presión por terminar el trabajos a tiempo.

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5. 14: Matriz 5W causa critica N° 3

Causa N° 3	
Falta de procedimiento y estándares de trabajo	
¿Por qué?	Porque no existe la forma de explicar los procedimientos de trabajo.
¿Por qué?	Porque ha sido guiado solo por una persona.
¿Por qué?	Porque solo esa persona tiene los conocimientos
¿Por qué?	Porque los trabajadores solo siguen sus indicaciones
¿Por qué?	Porque no hay una guía física expuesta
Causa Raíz	No existe un procedimiento de trabajo

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5. 15: Matriz 5W causa critica N° 4

Causa N° 4	
Presencia de humedad	
¿Por qué?	Porque afecta el proceso de soldadura
¿Por qué?	Porque deteriora o afecta el electrodo en el almacén
¿Por qué?	Porque el electrodo pierde la calidad deseada.
¿Por qué?	Porque existe poros en la soldadura.
¿Por qué?	Porque el recubrimiento del electrodo no está a temperaturas adecuadas.
Causa Raíz	No existe un horno para los electrodos

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5. 16: Matriz 5W causa critica N° 5

Causa N° 5	
Mala calidad de insumos	
¿Por qué?	Porque el almacenero no tiene la suficiente experiencia en soldadura
¿Por qué?	Porque el almacenero solo conoce de mantenimiento
¿Por qué?	Porque solo ha trabajado en producción y no en almacén
¿Por qué?	Porque tiene las capacidades del mecánico
¿Por qué?	Porque ha estudiado mecánica de producción.
Causa Raíz	Poca experiencia de almacenero en elegir el electrodo adecuado

Fuente: Elaboración propia

5.9.4 Mejorar

En esta etapa se evidencia las mejoras aplicadas a las causas raíces de los problemas hallados en la fase de Análisis. Para ello se realizó las siguientes acciones:

5.9.4.1 Plan de acción

A continuación, se presenta un plan de acción

PLAN DE ACCIÓN FASE MEJORAR					
N°	Nombre de la Solución	Problema a solucionar	Descripción de la solución	Impacto	Status
1	Plan de capacitación	Mala calidad de electrodos	Establecer capacitaciones al almacenero en la calidad de los electrodos para realizar la compra	Se pretende incrementar el conocimiento técnico de operador evitando errores en el proceso	100%
		Falta de conocimiento	Capacitar a los operarios en soldaduras especiales tales como el citodur 600.		
2	Plan de mantenimiento	Presencia de humedad	La humedad se eliminara con una adecuado plan de mantenimiento a los hornos existentes	Los hornos existentes se optimizara mediante un mantenimiento adecuado.	100%
			Se necesita la compra de un horno eléctrico para el secado de electrodos húmedos	Los hornos existentes presentan fallas y necesitan cambios	50%
3	Procedimiento y estándares de trabajo	Falta de procedimientos y estándares de trabajo	El diseño de procedimiento y estándar al área de soldadura	El operario podrá tener a su alcance paso a paso el procedimiento	100%
4	Actividad motivacional	Falta de motivación al operario	Se entregara diplomas, certificados y/o incentivos monetarios	El trabajador evitara cometer errores y será lealtad a la empresa	100%
5	5 s	Sensación de presión al operario	Un ambiente ordenado y limpio genera buen ambiente agradable.	Se podrá identificar los insumos fácilmente y mejor ambiente de trabajo	100%
			Distribución de trabajo adecuado en tiempo y personal.		En proceso

TABLA 5. 17:Plan de acción de la fase Mejorar

Fuente: Elaboración Propia

5.9.4.2 Plan de capacitación

Se decidió implementar un plan de capacitación debido a la mala calidad de electrodo que compra el almacenero y a la falta de conocimiento en soldaduras especiales de dos operarios. Estos factores generan errores en el proceso produciendo reprocesos de válvulas. Con la ayuda del residente y supervisor de planta se capacito al personal ubicado en la planta concentradora. Se busca que las reuniones sean periódicas sobre el proceso de soldadura.

Plan de Capacitación											
N	Actividad	Personal a capacitar	Objetivo	Capacitador							
					Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	
1	Tipos de electrodo	Personal de almacén y soldador	Conocer las principales ventajas de las soldaduras	Supervisor de planta	x						
2	Posiciones de soldadura	Personal de almacén y soldador	Conocer las posiciones de soldadura: vertical, horizontal	Supervisor de planta		x					
3	Optimización del electrodo	Personal de almacén y soldador	Mantener los electrodos en ambientes adecuados.	Supervisor de planta			x				
3	Habilidades del soldador	Soldador y personal planta	Optimizar la soldadura en ambientes confinados.	Maestro soldador				x			
4	Programa 5s orden y limpieza	Todo el personal de planta	Implementar una disciplina de orden y limpieza	Residente	x	x	x	x	x	x	x

TABLA 5. 18: Plan de Capacitación

Fuente: Elaboración propia

5.9.4.3 Plan de mantenimiento

Se realizó un plan de mantenimiento debido al deterioro que sufre los hornos para soldadura y las máquinas de soldadura.

Plan de mantenimiento									
N	Actividad	Objetivo	Encargado						
				1 Dic	14 Ene	4 Feb	5 Mar	4 Abr	1 May
1	Limpieza y mantenimiento del primer horno de electrodo.	Limpieza y recambio a las piezas eléctricas y mecánicas del horno eléctrico.	Personal de almacén	x		x		x	
2	Limpieza del segundo horno de electrodo.	Realizar el recambio de la resistencia eléctrica. Posteriormente realizar el mantenimiento periódico	Personal de almacén y electricista		x		x		x
3	Mantenimiento de la máquina de soldar por arco eléctrico (2da maquina)	Mantener el cambio del tablero de control eléctrico. Posterior a eso realizar el mantenimiento periódico.	Soldador	x		x		x	
4	Manteamiento de los torno	Limpieza y engrase de los engranajes, rodajes y la bancada de los tornos.	Los 2 maestros torneros		x			x	

TABLA 5. 19: Plan de acción de la fase Mejorar

Fuente: Elaboración propia

En el plan de mantenimiento de los hornos eléctricos para electrodos, se recomienda la compra de otro horno eléctrico nuevo, ya que los que tiene la empresa no funcionan correctamente.

5.9.4.4 Procedimiento y estándar de trabajo

En el área de soldadura no se cuenta con un procedimiento de trabajo para soldaduras especiales. Se diseñó el procedimiento de trabajo seguro para soldadura con la ayuda del supervisor.

FIGURA 9: Portada de documento



Fuente: Elaboración propia.

5.9.4.5 Actividades motivacionales

A continuación, presento las actividades motivacionales distribuidos en la tabla.

Plan de actividades recreativas									
N	Categoría motivacional	Descripción	Responsable	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
				1	Psicológico	Las veces que el obrero necesite ser escuchado Felicitaciones en publico	Gerente y supervisor		
2	Recreativas	Por días especiales en el calendario (Feriados en el calendario) Prácticas de deporte 1 vez a la semana después de trabajo con su respectiva comida	Supervisor de planta y obreros mismos						
3	Educativo	Entrega de certificado y constancias por prácticas de calidad (recojo de desechos, prácticas de seguridad industrial, etc.)	Gerente y supervisor						
4	Fechas especiales	Entrega de un presente (Torta) al obrero que cumple años.	Gerente y supervisor						
5	Monetario	Esto dependerá de la gerencia. Consiste en entregar bonos extras al trabajador que tenga un desempeño optimo en la empresa.	Gerente						

TABLA 5. 20:Plan de acciones recreativas

Fuente: Elaboración propia

5.9.4.6 Metodología 5s

a) Seiri (Clasificar /Seleccionar)

Se procede a identificar cada elemento según su naturaleza. Separar lo que sirve de lo que no sirve; identificar lo necesario ya sean herramientas, material reciclable, electrodos, etc.

b) Seiton (Ordenar)

Consiste en disponer un sitio adecuado para cada elemento. necesario frecuentemente (herramientas de uso diario), necesario con poca frecuencia (herramientas de uso ocasional).

FIGURA 10: SEITON antes y después de la implementación

Antes



Después



c) Seiso (Limpiar)

La limpieza empezó a ser parte diaria de las labores en el trabajo. Un ambiente limpio brinda mayor comodidad al trabajador y evita posibles accidentes laborales. Se usó como herramienta de gestión el cronograma de limpieza.

d) Seiketsu (Estandarizar)

En esta fase se mantiene el grado de organización, orden y limpieza con las tres primeras fases. el estandarizar las fases anteriores inculca el hábito de limpieza en cada trabajador. Es necesario que la gerencia establezca controles para que los trabajadores implementen.

e) Shitsuke (Disciplina)

Esta fase consiste en establecer una cultura de respeto por los estándares establecidos, promover el hábito de autocontrol acerca de los principios de la metodología. Se aprende haciendo.

5.9.5 Controlar

Esta es la última etapa de la metodología six sigma. El objetivo es verificar que la implementación esté bajo control. Identificar las actividades y los procesos que están fuera de control para corregirlos inmediatamente.

5.9.5.1 Grafica de control

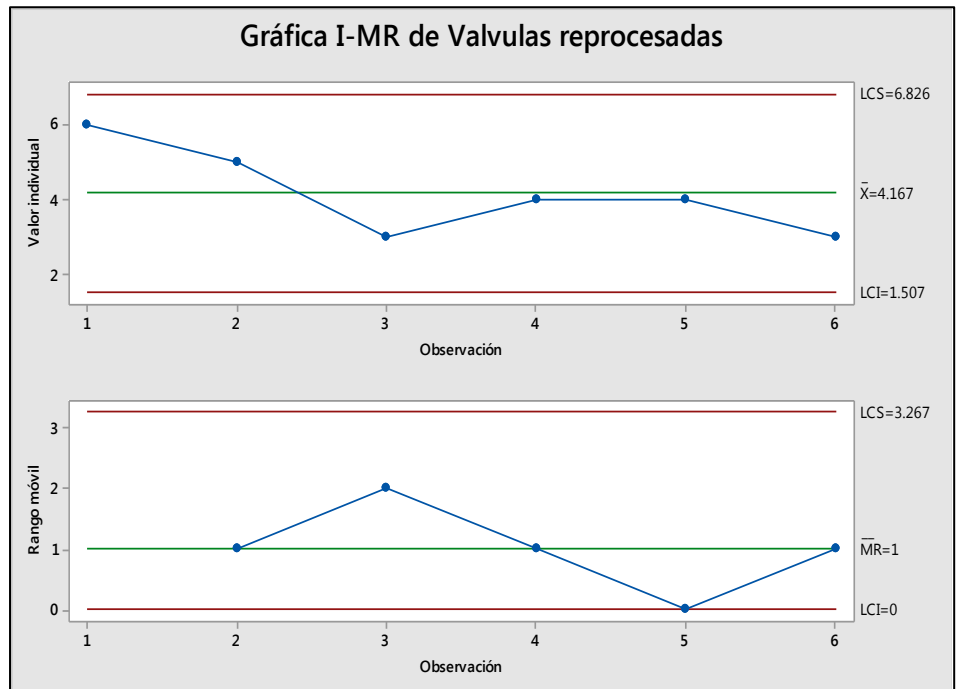
Esta herramienta se usó para medir la influencia de la metodología six sigma. Previamente se recogieron datos de válvulas reprocesadas, después de la implementación de la metodología six sigma.

TABLA 5. 21:Datos tomados después de la implementación six sigma.

	Diciembre 2017	Enero 2018	Febrero 2018	Marzo 2018	Abril 2018	Mayo 2018
N° válvulas	43	42	39	42	39	46
N° Reprocesos	6	5	3	4	4	3

Fuente: datos de la empresa

FIGURA 11: gráfica I-MR



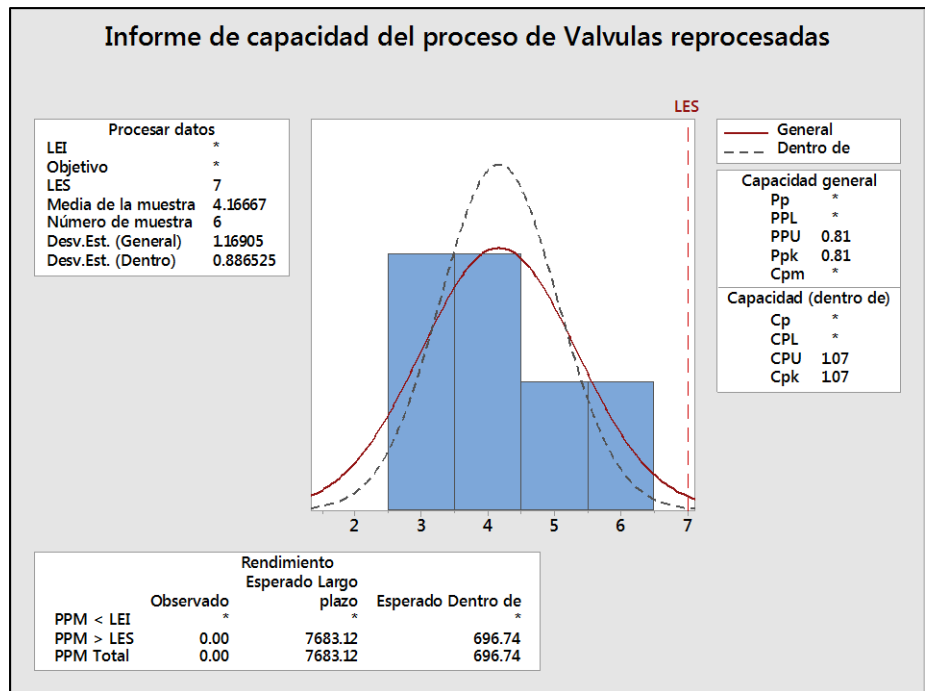
Fuente: Elaboración propia

Como muestra el gráfico de valor individual, existe un descenso de válvulas reprocesadas desde el mes de diciembre (1 en observación) de 6 válvulas a marzo (3 en observación) de 3 válvulas. Además, el límite de control superior es 6.83 es decir 7.

5.9.5.2 Capacidad de proceso

Realizamos el diagrama de capacidad de proceso para medir el avance de la metodología.

FIGURA 12: gráfica de capacidad del proceso de válvulas reprocesadas



Fuente: Elaboración propia

El diagrama se elabora con límite igual a 7. Se observa una media de 4.167, una desviación estándar de 1.169. Además, se puede observar que el Cpk es 1.07. esto indica que el proceso es capaz.

5.9.5.3 Cuadro de sigma

Se realizó una comparación antes y después de la implementación de la metodología six sigma.

TABLA 5. 22: indicadores antes y después

Indicador	Antes	Después	Diferencia
Promedio	7.077	4.167	-2.910
Desviación (s)	1.116	1.169	0.053
Capacidad de proceso (Cp, Cpk)	0.58	1.07	0.49
Sigma del proceso	1.72	2.42	0.70
DPMO	42311	7683	-34628

Fuente: Elaboración propia

5.9.5.4 Check list

Esta herramienta nos ayuda a controlar si los planes implementados se cumplen. Nos ayuda a controlar el proceso en general.

TABLA 5. 23: formato check list

Check list de control			
N°	Criterios	Si	No
1	¿Se realiza la capacitación en mejora de procesos según el plan programado?		
2	¿Los temas en la capacitación son temas que interesan a los operarios?		
3	Existen planes de mantenimiento para los equipos tales como:	Horno eléctrico para soldadura	
		Máquina de soldar	
		Torno	
4	¿Los procedimientos y estándares de trabajo están a disposición de los operarios?		
5	¿Las actividades motivacionales se cumplen según el plan de actividades recreativas?		
6	¿Las herramientas implementadas para mejorar la metodología 5s están rellenas por los responsables del área?		
7	¿El gerente se siente involucrado con la implementación de la metodología six sigma en la empresa?		

Fuente: Elaboración propia

VI. RESULTADOS

6.1 Influencia de la metodología six sigma en la eficacia del proceso de soldadura de válvulas BODY.

Realizando una comparación antes y después de la implementación de la metodología six sigma.

Sabemos que: $Eficacia = \frac{Válvulas\ atendidas}{Total\ de\ válvulas} * 100$

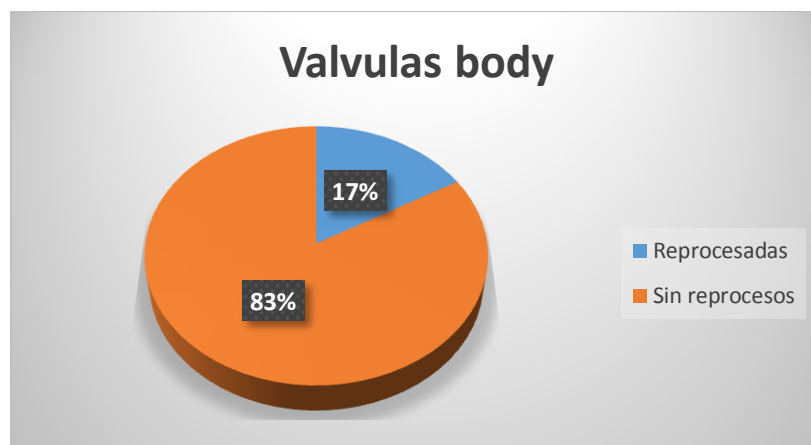
6.1.1 Antes de la implementación de la metodología six sigma

TABLA 6. 1: resultados obtenidos para hallar le eficacia antes de la implementación de la metodología six sigma

Válvulas	Unidades	%
Reprocesadas	92	17%
Sin reprocesos	462	83%
Total	554	100%

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 13: gráfica de la eficacia antes de la implementación



Fuente: Elaboración propia

$$Eficacia = \frac{462}{554} * 100 = 83.39\%$$

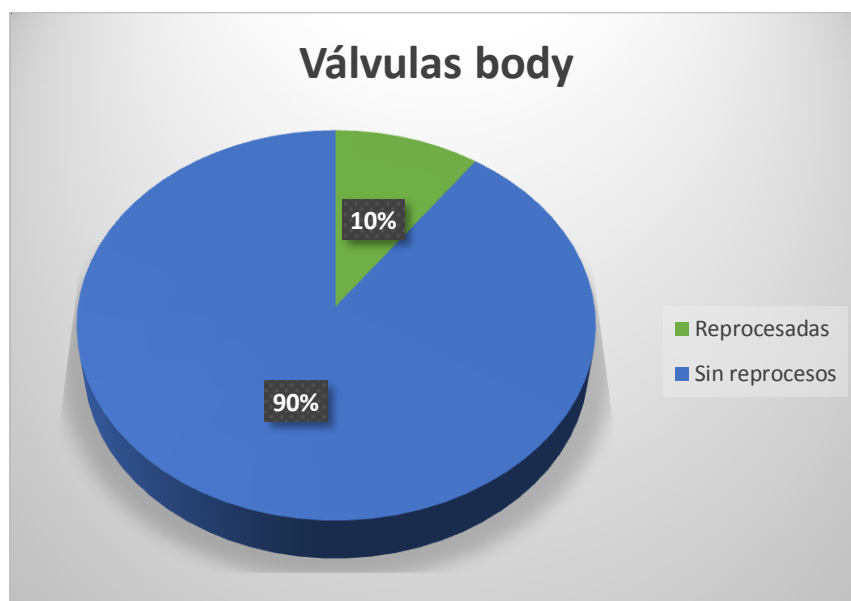
6.1.2 Después de la implementación de la metodología six sigma.

TABLA 6. 2: resultados obtenidos para hallar le eficacia después de la implementación de la metodología six sigma

Válvulas	Unidades	%
Reprocesadas	25	10%
Sin reprocesos	226	90%
Total	251	100%

Fuente Elaboración propia

FIGURA 14: gráfica de la eficacia después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

$$Eficacia = \frac{226}{251} * 100 = 90.04\%$$

6.2 Influencia de la metodología six sigma en la eficiencia del proceso de soldadura de válvulas BODY

Realizando una comparación antes y después de la implementación de la metodología six sigma se procedió a calcular la eficiencia sabiendo que el costo de cada válvula sin reprocesos es de 90 dólares (315 soles) y que cada válvula reprocesada cuesta 30% más que una normal, es decir 117 dólares (409.50 soles).

Sabemos que:
$$Eficiencia = \frac{\text{Costo de válvula sin reproceso}}{\text{Cost.válvula sin reproc.} + \text{cost.válvula con reproc.}} * 100$$

6.2.1 Antes de la implementación de la metodología six sigma

Costo producción:

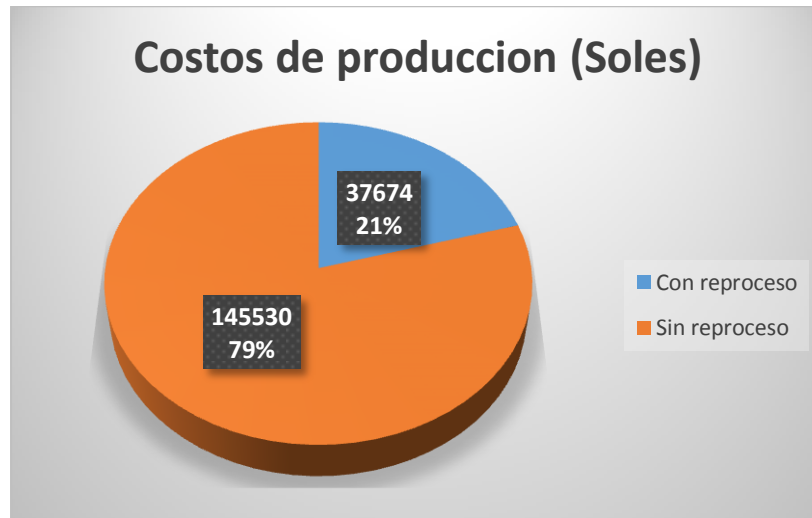
- Válvulas sin reprocesos = 315 soles
- Válvulas con reprocesos = 409.5 soles

TABLA 6. 3: resultados obtenidos para hallar le eficiencia antes de la implementación de la metodología six sigma

Válvulas	Unidades	%	Costo soles
Con reproceso	92	17%	37674.00
Sin reproceso	462	83%	145530.00
Total	554	100%	183204.00

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 15: gráfica de la eficiencia antes de la implementación



Fuente: Elaboración propia

$$Eficiencia = \frac{145530}{145530+37674} * 100 = 79.44\%$$

6.2.2 Después de la implementación de la metodología six sigma.

Costo producción:

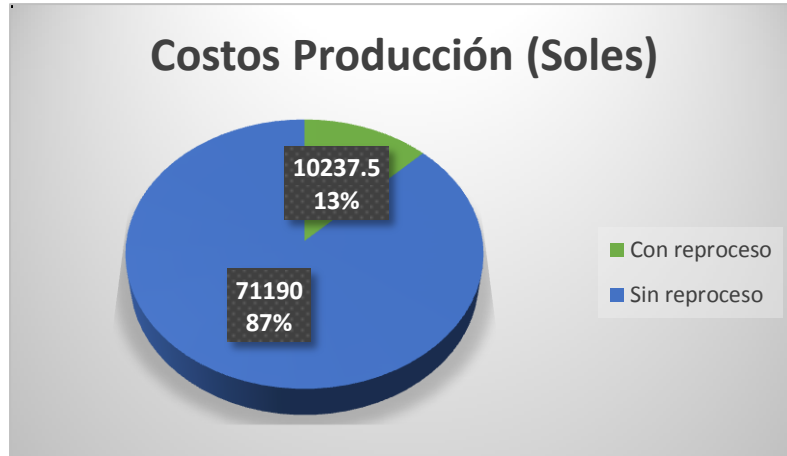
- Válvulas sin reprocesos = 315 soles
- Válvulas con reprocesos = 409.5 soles

TABLA 6. 4: resultados obtenidos para hallar le eficiencia después de la implementación de la metodología six sigma

Válvulas	Unidades	%	Costo soles
Con reproceso	25	10%	10 237.50
Sin reproceso	226	90%	71 190.00
Total	251	100%	81 427.50

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 16: gráfica de la eficiencia antes de la implementación



Fuente: Elaboración propia

$$Eficiencia = \frac{71190}{71190+10237.5} * 100 = 87.43\%$$

6.3 Influencia de la metodología six sigma en la mejora de la productividad en el proceso de soldadura de válvulas BODY

La productividad tiene como fórmula:

$$Productividad = Eficiencia * eficacia * 100$$

6.3.1 Antes de la implementación de la metodología six sigma.

TABLA 6. 5 : resultados obtenidos para hallar la productividad antes de la implementación de la metodología six sigma

	Eficiencia	Eficacia
Antes	79.44%	83.39%
$Productividad\ Antes = 0.7944 * 0.8339 * 100$ $Productividad\ Antes = 66.25\%$		

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Después de la implementación de la metodología six sigma.

TABLA 6. 6: resultados obtenidos para hallar la productividad después de la implementación de la metodología six sigma

	Eficiencia	Eficacia
Después	87.43%	90.04%
$\text{Productividad Después} = 0.8743 * 0.9004 * 100$ $\text{Productividad Después} = \mathbf{78.72\%}$		

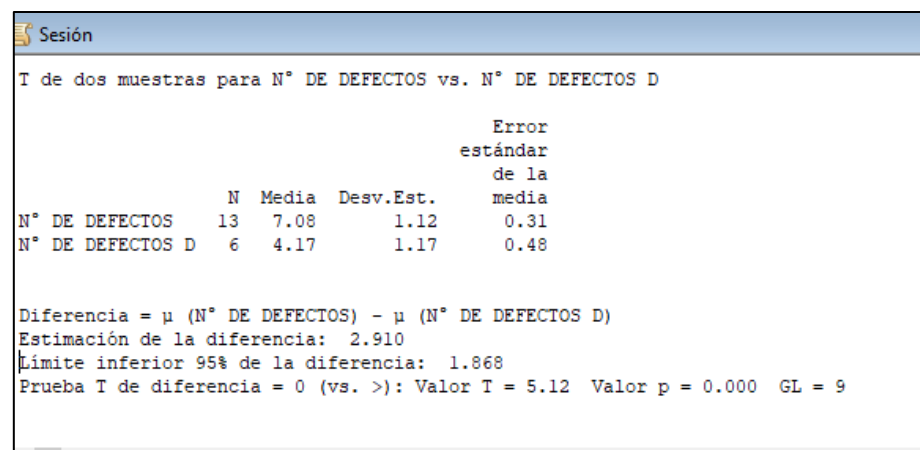
Fuente: Elaboración propia

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 Contrastación de hipótesis.

Estadísticamente se decide hacer una prueba para validar que las medias de los datos anteriores y los nuevos datos calculados después de implementadas las mejoras.

FIGURA 17: prueba de hipótesis antes de la implementación



```
Sesión
T de dos muestras para N° DE DEFECTOS vs. N° DE DEFECTOS D

                Error
                estándar
                de la
                media
N° DE DEFECTOS      N  Media  Desv.Est.  Error
N° DE DEFECTOS D   6   4.17   1.17     0.48
N° DE DEFECTOS     13  7.08   1.12     0.31

Diferencia =  $\mu$  (N° DE DEFECTOS) -  $\mu$  (N° DE DEFECTOS D)
Estimación de la diferencia: 2.910
Límite inferior 95% de la diferencia: 1.868
Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): Valor T = 5.12  Valor p = 0.000  GL = 9
```

Fuente: Elaboración propia

Realizando la contrastación de la hipótesis diremos que el valor obtenido $p = 0.000$, lo que quiere decir se rechaza la hipótesis nula, esto significa que es razonable que la implementación de la metodología six sigma mejora el proceso de soldadura de válvulas BODY.

7.2 Contrastación de resultados

Se contrastan los resultados obtenidos por los investigadores citados en los antecedentes del marco teórico de la presente investigación con los resultados de nuestra investigación.

Las tesis Karen Julieth López Tello y Eliana Marcela Ducuara Vásquez presentaron la tesis “Propuesta de Mejora Basada en la Metodología Seis Sigma en el Proceso de Soldadura de la Empresa Metalmecánica Los Pinos”. Llegaron a la conclusión que la empresa debería diseñar un plan de mejora, donde se tiene que capacitar al personal, mejorar la cultura de mejora continua en los obreros, y llevar un control estricto del plan. Mientras que nuestra investigación titulada “La metodología six sigma y su influencia en la productividad en el proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.” se realizó planes de mejora como capacitaciones, plan de mantenimiento, actividades motivacionales; las cuales nos ayudaron a mejorar la productividad en el proceso de soldadura de válvulas BODY quiere decir que coincidimos con los mencionados tesis.

Los tesis Leandro Barahona Castillo y Jessica Navarro Infante en su tesis: “Mejora del Proceso de Galvanizado en una Empresa Manufactura de Alambres de Acero aplicando la Metodología Lean Six Sigma”. Llegaron a la conclusión que para lograr los objetivos es indispensable que los directivos, jefes y trabajadores colaboren

con la implementación de la metodología; se logró disminuir la capa de Zinc de 330 g/m² a 274.7 g/m², se mejoró el flujo continuo del proceso, reducir las paradas y las vibraciones de los equipos. Mientras que con nuestra investigación titulada “La metodología six sigma y su influencia en la productividad en el proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.” se logró mejorar la productividad de 66.25 % al 78.72%; la eficacia de 83.39% a 90.04%; la eficiencia de 79.44% a 87.43 %; así también se mejoró el problema de la existencia de poros de soldadura en las válvulas.

La tesista Dora Emilia Yuiján Bravo, presentó la tesis titulada: “Mejora del Área de Logística Mediante la Implementación de Lean Six Sigma en una Empresa Comercial”. Concluyó que la implementación de la metodología six sigma fue un éxito, pues se redujo la entrega de productos no oportuna en un 20%. Se redujo los costos en papel y material de S/. 8500 a S/. 5200. Mientras que con nuestra investigación titulada “La metodología six sigma y su influencia en la productividad en el proceso de soldadura de válvulas BODY en la empresa EIMEN S.A.C.” se logró reducir los costos tanto en válvulas con reproceso y sin reproceso de 183, 204.00 soles a 81, 247.50 soles determinado entonces que la metodología aplicada logra un proceso de mejora continua.

VIII. CONCLUSIONES

- Se logró mejorar la productividad del proceso de soldadura de válvulas BODY de 66.25% al 78.72% con un incremento de 12.47%.
- Se logró mejorar la eficacia del proceso de soldadura de válvulas BODY de 83.39% a 90.04% con un incremento de 6.65 %.
- Se logró mejorar la eficiencia del proceso de soldadura de válvulas BODY de 79.44% a 87.43% con un incremento de 7.99 %.
- Se obtuvo un incremento en el nivel Sigma de 1.72 a 2.42. por lo que se asume que la capacidad del proceso aumentó generando beneficios a la empresa EIMEN S.A.C.

IX. RECOMENDACIONES

- Elaborar planes de mejora continuamente basados en gestión de calidad y 5s.
- Elaborar y actualizar los procedimientos de trabajo, para la formación de instructores. Es decir, operarios seleccionados y capacitados para que sean los encargados de enseñar las buenas prácticas y procedimientos de trabajo al personal nuevo.
- Realizar capacitación permanente a todo el personal.
- Monitoreo permanente de las diversas actividades que se realizan en el proceso de soldadura de válvulas BODY, como también en las diversas áreas con las que cuenta la empresa.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARAHONA C. L., NAVARRO I, J. (2013) *Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología lean six sigma*. (Tesis pre- grado) Universidad Pontificia Católica del Perú. – Perú.
- BERNAL T.C. (2006) *Metodología de la investigación*. 2da ed. México D.F. Editorial Pearson Prentice Hall.
- BESTERFIELD, DALE H. *Control de Calidad* Octava edición. Pearson Educación, México, 2009.
- ESCALANTE, E (2003). *Seis-Sigma: metodología y técnicas*. México, D.F.: Limusa.
- GUTIERREZ PULIDO H. (2005, 2008) *Calidad Total y Productividad*. (Tercera edición) México. Editorial McGraw-Hill.
- GUTIÉRREZ PULIDO, H; DE LA VARA SALAZAR, ROMÁN (2009) *Control Estadístico De Calidad y Seis Sigma*. (segunda edición) México. Editorial McGraw-Hill.
- KHAN LONG ZHANG A.R. (2008). *Applying six sigma in software companies for process improvement*. (Tesis post-grado) Institute of technology- USA.
- KUEHL ROBERT O. (2001) *Diseño de Experimentos* (Segunda edición) México. Editorial Thomson.
- LEFCOVICH M, L. (2009) *Seis Sigma hacia un Nuevo Paradigma en Gestión*. Front Cover.

- LOPEZ T. K.J., DUCUARA V.E.M (2012) Propuesta para la mejora basada en la metodología seis sigma en el proceso de soldadura de la empresa metalmecánica Los Pinos (Tesis pre-grado). Universidad de San Buenaventura- Colombia.
- MONTGOMERY DOUGLAS C. (2007) Diseño y Análisis de Experimentos. (Segunda edición) México. Editorial Limusa Wiley.
- PANDE P.S., NEUMAN R.P, CAVANAGH R.R. (2000) The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top companies Are Honing Their Performance. Editorial McGraw-Hill.
- PYZDEK, TOMAS. (2003) The Six Sigma Project Planner: A step-by-step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC. Editorial McGraw-Hill.
- SAMPIERE H, R. (2010) Metodología de la Investigación. 5° edición. Mexico.
- SUMMERS DONNA C.S. (2006) Administración de la calidad (Primera edición) México. Editorial Pearson.
- VASILE KIFOR C. (2010). Integrating knowledge Management Concepts with Six Sigma Framework to apply for textile manufacturing process. (Tesis Pre-grado) University Lucian Blaga – Rumania.
- YUIJÁN B, Dora E. (2014) Mejora del área de logística mediante la implementación de Lean Six Sigma en una empresa

comercial (Tesis de Pregrado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.

- PPG Consultores. Gestión y cambio organizacional.

Recuperado de <http://www.detextiles.com/files/6%20SIGMA.pdf>

XI. ANEXOS

ANEXO 1: formato de evaluación de las 5 s

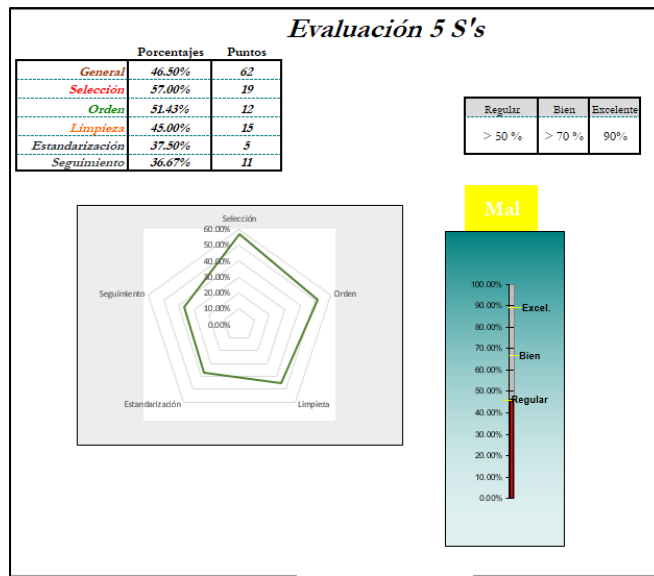
FORMATO DE EVALUACIÓN de las 5s		Calif.
SELECCIONAR		
1	Los herramientas de trabajo se encuentran en buen estado para su uso	2
2	El mobiliario se encuentra en buenas condiciones de uso	2
3	Existen objetos sin uso en los pasillos	1
4	Pasillos libres de obstáculos	2
5	Las mesas de trabajo se encuentran despejadas y libres de objetos sin uso	2
6	Se cuenta con solo lo necesario para trabajar	2
7	Los herramientas de trabajo se encuentran bien ordenados	2
8	Se encuentran materiales o herramientas en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado	3
9	Es difícil encontrar lo que se busca inmediatamente	2
10	Se cuenta con documentos actualizados	1
ORDENAR		
11	Las áreas de trabajo están debidamente identificadas	3
12	No hay herramientas u otros objetos encima de las mesas o áreas de trabajo	2
13	Los contenedores de basura están en el lugar designado para éstos	1
14	Lugares marcados para todo el material de trabajo (Equipos, materiales, etc.)	1
15	Todas las mesas de trabajo están el lugar designado	2
16	Los equipos de seguridad se encuentran visibles y sin obstáculos	2
17	Todas las identificaciones en los estantes de materiales están actualizadas y se res	1
LIMPIAR		
18	Las mesas, vitrinas, pisos y áreas de trabajo se encuentran limpios	1
19	Las herramientas de trabajo se encuentran limpios	2
20	el piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas	2
21	Los estantes que resguardan los insumos a utilizarse en el proceso están libres de p	2
22	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida	1
23	Los contenedores de basura están limpios y en buen estado	2
24	Las paredes y techo se encuentran limpias, correctamente pintadas y libres de hume	1
25	Los equipos de protección del personal es adecuado y se mantiene en condiciones d	2
26	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida	1
27	El área de trabajo está libre de grasas, aceites u otros objetos	1
ESTANDARIZAR		
28	Todos los contenedores cumplen con el requerimiento de la operación	1
29	El personal usa la vestimenta adecuada dependiendo de sus labores	2
30	Todo los instructivos cumplen con el estándar	1
31	La capacitación está estandarizada para el personal del área	1
SEGUIMIENTO		
32	Existe control sobre el nivel de orden y limpieza	1
33	Se hace la limpieza de forma sistemática	1
34	Se cumple con los programas de mantenimiento a la infraestructura	1
35	Se cumple con los programas de mantenimiento a los equipos	2
36	Existe reconocimiento por las mejoras	2
37	Existen sanciones para los que incumplen en lo establecido	1
38	Existe un plan de mejora	1
39	Existe Programa de aplicación de 5s	1
40	Se identifica la causa raíz de las problemáticas en las 5s	1

Fuente: Elaboración propia

Guía de calificación

- 0 = No hay implementación
- 1 = Un 30% de cumplimiento
- 2 = Cumple al 65%
- 3 = Un 95% de cumplimiento

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: plan de mantenimiento del torno universal

	NOBRE DE LA MAQUINARIA	CODIGO MAQUINA	PARTES	CODIGO	
	TORNO UNIVERSAL	TU	bancada	BCD	
			caja sistema eléctrico	CFJ	
			poleas de transmision de velocidad (motor)	CMV	
			carro de desplazamiento transversal	CDT	
			cabezal	CBZ	
PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
TORNO UNIVERSAL	PARTES DEL TORNO UNIVERSAL	ACTIVIDAD	RECURSOS HUMANOS	HERRAMIENTAS Y MÁQUINAS	EPP
PARTES DEL TORNO UNIVERSAL	PARTE TU - 01-BCD	limpiar y lubricar	personal encargado del mantenimiento	alicates, llaves	Guantes, mame lucos, zapatos de seguridad, lentes de protección
	PARTE TU - 01-CFJ	limpiar	personal encargado del mantenimiento	desarmadores, alicates, llaves	Guantes, mame lucos, zapatos de seguridad, lentes de protección
	PARTE TU - 01-CMV	limpiar y lubricar	personal encargado del mantenimiento	desarmadores, alicates, llaves	Guantes, mame lucos, zapatos de seguridad, lentes de protección
	PARTE TU - 01-CDT	ajustar, limpiar y lubricar	personal encargado del mantenimiento	llaves, alicates	Guantes, mame lucos, zapatos de seguridad, lentes de protección
	PARTE TU - 01-CBZ	limpiar	personal encargado del mantenimiento	desarmadores	Guantes, mame lucos, zapatos de seguridad, lentes de protección

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: plan de mantenimiento de la máquina de soldar

	NOMBRE DE LA MAQUINARIA	CODIGO MAQ	PARTES	CODIGO	
	MÁQUINA DE SOLDAR POR ARCO ELÉCTRICO	MSAE	MOTOR	MTR	
			CAJA DE DISTRIBUCION	CDD	
			RECIPIENTE DE ELECTRODO	RDE	
			CABLE DE ENTRADA	CDE	
			ESTRUCTURA	EST	
PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
MÁQUINA DE SOLDAR POR ARCO ELÉCTRICO	PARTES DE LA MÁQUINA DE SOLDAR ELÉCTRICO	ACTIVIDAD	RECURSOS HUMANOS	HERRAMIENTAS Y MÁQUINAS	EPP
PARTES DE LA MÁQUINA DE SOLDAR ELÉCTRICO	PARTE MSAE - 01-MTR	limpieza y refaccion	Mecánico electricista	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de
	PARTE MSAE - 01-CDD	limpieza y refaccion	electricista	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario
	PARTE MSAE - 01-RDE	limpieza y refaccion	operario	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario
	PARTE MSAE - 01-CDE	limpieza	operario	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario
	PARTE MSAE - 01-EST	limpieza	operario	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4: plan de mantenimiento del horno de soldadura

	NOMBRE DE LA MAQUINARIA	CODIGO MAQ	PARTES	CODIGO	
	HORNO DE SOLDADURA	HDS	RESISTENCIA ELÉCTRICA	RE	
			CERÁMICA (base de la resistencia)	C	
			INTERRUPTOR ELÉCTRICO	IE	
			REGULADOR DE T°	RT	
			PLACA DE ASBESTO	PDA	
PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
HORNO DE SOLDADURA	PARTES DE LA MÁQUINA DE SOLDAR ELÉCTRICO	ACTIVIDAD	RECURSOS HUMANOS	HERRAMIENTAS Y MÁQUINAS	EPP
PARTES DE LA MÁQUINA DE SOLDAR ELÉCTRICO	PARTE HDS - 01-RE	refaccion y cambio	operario	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de
	PARTE HDS - 01-C	refaccion y cambio	operario	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario
	PARTE HDS - 01-IE	refaccion y cambio	operario	desarmadores, llaves, alicates, cutter	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario
	PARTE HDS - 01-RT	refaccion y cambio	operario	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario
	PARTE HDS - 01-PDA	limpieza y cambio	operario	desarmadores, llaves, alicates	Guantes, mamelucos, zapatos de seguridad, lentes de protección operario

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5: válvula BODY defectuosa



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: válvula BODY después del proceso de soldadura



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7: válvula BODY después del proceso de torneado



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: pieza de la válvula BODY



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9: Válvula BODY



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10: válvulas BODY terminadas



Fuente: Elaboración propia