



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACION

TESIS PROFESIONAL

***MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE
PRODUCCION APLICANDO LA METODOLOGIA SIX
SIGMA EN LA EMPRESA DISEÑOS &
TRANSFORMACIONES S.A. DE C.V.***

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA

ROBERTO SANTIAGO SALVADOR

DIRECTOR DE TESIS

MII. CENIA EDITH HERNANDEZ SAN JUAN

XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER.

Abilil 2022

DEDICATORIA

A mis padres Humberto Santiago García y Angélica Salvador Bautista, que en paz descansen y que dios lo tenga en su gloria, también a mis abuelitas, por apoyarme constantemente en cada proyecto de mi vida, por su valioso sacrificio, por el amor entregado a cada uno de sus hijos, sus valores, por la motivación, por ser mis guías para poder ser una persona de bien.

A mis hermanas Mariela, Martha, Jennifer, a mi hermano Alfredo, por su apoyo y motivación en todo momento de mi vida.

A mi sobrina angélica Joselyn, por ser un ángel que llena mi vida de felicidad.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A todo el personal Docente y Administrativo de la Facultad de Ingeniería Industria, por impartir los conocimientos y facilidades necesarias para desenvolverse en la carrera estudiantil.

A la Ing. Cenia Edith Hernández San Juan., por ser la guía del desarrollo del proyecto, por su interés y dedicación, por su paciencia, por brindarme sus conocimientos para poder terminar mi carrera universitaria con éxito.

Al Ing. Víctor Andrade Reboloso, gerente de ingeniería de la empresa Diseños & Transformaciones SA de CV, por su apertura y colaboración para la realización de la presente investigación.

RESUMEN

La uniformidad en las especificaciones de un Rack es una variable importante para el cliente interno y externo puesto que asegura un servicio seguro y un proceso estable.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo conocer los niveles de calidad sigma en el áreas de producción de la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V. La metodología aplicada para la determinación del nivel de calidad sigma se basa en la métrica DPMO, mientras que el análisis de los procesos se establece por la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Control). Los resultados indican niveles Sigma promedio muy por debajo de lo aceptable con un valor de 2.5 sigma; la identificación de los procesos críticos muestra que el proceso de ensamblaje de Escantilibres, de acuerdo con el número de defectos presentes en el proceso con 42 defectos.

En forma general con la propuesta de un diseño de Fixture se pudo obtener nuevos resultados a través de chequeo de hoja de verificación de datos en el área de ensambles de los Escantilibres.

Por lo tanto, requiere de un control estadístico de procesos que permita reducir la variabilidad, así como fomentar el desarrollo e implementación de las estrategias de mejora con la finalidad de cumplir con los objetivos definidos por la empresa.

SUMMARY

Uniformity in the specifications of a Rack is an important variable for the internal and external customer since it ensures a safe service and a stable process.

This research work aims to know the levels of sigma quality in the production areas of the company Diseños & Transformaciones S.A. de C.V. The methodology applied for determining the quality level sigma is based on the DPMO metric, while the analysis of the processes is established by the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and Control). The results indicate average Sigma levels well below what is acceptable with a value of 2.5 sigma; identification of critical processes shows that the Scandinavian assembly process, according to the number of defects present in the process with 42 defects.

In general with the proposal of a Fixture design, new results could be obtained through data check sheet check in the Scandinavian assembly area.

Therefore, it requires statistical control of processes to reduce variability, as well as promote the development and implementation of improvement strategies in order to meet the objectives defined by the company.

Índice

CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	3
1.2.1. Contexto del proyecto	4
1.2.1.1. Datos Generales de la Empresa.....	4
1.2.1.2. Posicionamiento en el mercado.....	4
1.2.1.3. Quienes son sus Clientes.....	4
1.2.2. Delimitación.....	5
1.2.2.1. Temporal	5
1.2.2.2. Espacial o geográfica.....	5
1.2.2.3. Presentación de la empresa.....	6
1.2.2.4. Mapa de procesos.....	6
1.2.3.5. Estructura organizacional.....	7
1.2.3.6. Cultura organizacional	8
1.3. Planteamiento del problema.....	9
1.4. Justificación	11
1.5. Hipótesis.....	12
1.6. Objetivos	12
1.6.1. Objetivo general	12
1.6.2. Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	13
2.1. Fundación teórica.....	13
2.1.1. Gestión por procesos.....	13
2.1.2. Tipos de mejora del proceso	14

2.1.3. Calidad	14
2.1.4. Gestión de la calidad total	15
2.1.5. Control estadístico de procesos.....	16
2.1.6. Seis Sigma.....	20
2.1.7. Procedimiento para la evaluación del nivel de calidad de los procesos.....	21
2.1.8. Procedimiento para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC	24
2.1.9. Determinación de capacidad del proceso	28
2.2. Metodología Seis Sigma DMAIC	29
2.2.1. Metodología para la aplicación de Seis Sigma DMAIC	29
2.2.2. Definir el proyecto (D).....	31
2.2.3. Medir la situación actual (M).....	32
2.2.4. Analizar las causas raíz (A)	32
2.2.5. Mejorar (M).....	33
2.2.6. Controlar para mantener la mejora (C)	34
CAPÍTULO III. ESTADO DEL ARTE.....	35
3.1. Descripción de los trabajos relacionados	35
3.2.1. Mejoramiento de la calidad aplicando six sigma en el servicio de reparación de cilindros hidráulicos en una empresa metal-mecánica.....	35
3.2.2. Implementación de la herramienta six sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa fusión mecánica industrial SAC, 2017	36
CAPÍTULO IV. METODOLOGIA	36
4.1. Aplicación de la metodología seis sigma.....	38
4.1.1 Etapa definir	38
4.1.1.1. Definición del problema.....	38
4.1.1.2. Identificación de los procesos crítico.....	38
4.1.1.3. Identificación de los clientes.....	40

4.1.1.4. Voz del cliente (VOC)	40
4.1.1.5. Diagrama de Kano	41
4.1.1.6. Identificación de los CTQ's	42
4.1.1.7. Declaración de variables	43
4.1.1.8. Carta del proyecto	44
4.1.2. Etapa medir	46
4.1.2.1. Medir y recopilar datos	46
4.1.2.2. Identificación de la medición y variación	46
4.1.2.3. Cálculo del nivel de calidad Six Sigma	47
4.1.2.4. Ejemplo de cálculo de la métrica DPMO y la eficiencia Yield	48
4.1.2.5. Ejemplo de cálculo sigma a partir de la interpolación	48
4.1.2.6. Resumen del nivel sigma	50
4.1.3. Etapa analizar	50
4.1.3.1. Análisis de los factores que originan la aparición de defectos de Escantilibre.....	51
4.1.3.2. Matriz causa-efecto	51
4.1.3.3 Graficos de control Xbarra & R de las dimensiones de escantilibres (Antes de la mejora)	53
4.1.4. Etapa mejorar	59
4.1.4.1. Generación de alternativas de mejora	59
4.1.4.2. Desarrollo de la propuesta.....	60
4.1.5. Etapa controlar	61
4.1.5.1. Lean manufacturing	62
4.1.5.2 Gráficos de control Xbarra & R de las dimensiones de escantilibres (Despues de la mejora)	63
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y RESULTADOS	68
5.1. Resultados del cálculo del nivel de calidad Six Sigma	68

5.2. Resultados del cálculo de la métrica DPMO y la eficiencia Yield	68
5.3. Resultados de cálculo sigma a partir de la interpolación	69
5.4. Resultados del nivel sigma.....	70
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	71
Bibliografía	72
ANEXO.....	75

Índice de figuras

Figura 1. Logotipo de la empresa.....	4
Figura 2. Ubicación de empresa Diseños y Transformaciones S.A de C.V.	5
Figura 3. Mapa de Procesos	6
Figura 4. Estructura organizacional	7
Figura 5. Elementos de una carta de control.....	18
Figura 6. Metodología para evaluación del nivel de calidad sigma.....	22
Figura 7. Metodología para la aplicación Six Sigma (DMAIC)	26
Figura 8. Pasos de la fase de medir como parte de la herramienta DMAIC	32
Figura 9. Pasos de la fase de mejora como parte de la herramienta DMAIC	34
Figura 10. Pasos de la fase de controlar como parte de la herramienta DMAIC	34
Figura 11. Pareto de defectos de ensamblajes de fabricación de Rack.....	38
Figura 12. Pareto de defectos de Escantilibres	39
Figura 13. CTO's del proyecto	43
Figura 14. Variables a medir en los procesos de producción D y T S.A de C.V.....	47
Figura 15. Diagrama de Ishikawa de las causas-efecto	51
Figura 16. Subensamble de Escantilibre	53
Figura 17. Plano de subensamble de Escantilibre.....	53
Figura 18. Dimensiones de ancho de Escantilibre 1 y 2.....	54
Figura 19. Dimensiones de altura de Escantilibre 1 y 2.....	55
Figura 20. Dimensiones de ancho de Escantilibre 3 y 4	55
Figura 21. Dimensiones de altura de Escantilibre 3 y 4.....	56
Figura 22. Dimensiones de ancho de Escantilibre 5 y 6	56
Figura 23. Dimensiones de altura de Escantilibre 5 y 6.....	57
Figura 24. Dimensiones de ancho de Escantilibre 7 y 8	57
Figura 25. Dimensiones de altura de Escantilibre 7 y 8.....	58
Figura 26. Método de cuadratura de los Escantilibres defectuosos	60
Figura 27. Fixture.....	60
Figura 28. Fixture a prueba de error	62
Figura 29. Dimensiones de ancho de Escantilibre 1 y 2	63
Figura 30. Dimensiones de altura de Escantilibre 1 y 2.....	64
Figura 31. Dimensiones de ancho de Escantilibre 3 y 4	64
Figura 32. Dimensiones de altura de Escantilibre 3 y 4.....	65
Figura 33. Dimensiones de ancho de Escantilibre 5 y 6	65
Figura 34. Dimensiones de altura de Escantilibre 5 y 6.....	66
Figura 35. Dimensiones de ancho de Escantilibre 7 y 8	66
Figura 36. Dimensiones de altura de Escantilibre 7 y 8.....	67

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de calidad Sigma.....	23
Tabla 2. Tiempos de inspección por áreas de producción	24
Tabla 3. Etapas y herramientas de Seis Sigma.....	27
Tabla 4. Valores Cp y su interpretación.....	28
Tabla 5. Descripción de los clientes.....	40
Tabla 6. Requisitos de los clientes internos y externos.....	41
Tabla 7. Requisitos de los clientes internos y externos.....	41
Tabla 8. Árbol de CTQ's del proyecto	42
Tabla 9. Carta del proyecto	44
Tabla 10. Detalle de la muestra para la identificación y cuantificación de los defectos	47
Tabla 11. Mediciones de nivel de calidad Sigma.....	49
Tabla 12. Resumen del nivel de calidad sigma.....	50
Tabla 13. Matriz causa-efecto	52
Tabla 14. Resultados de la muestra para la identificación de los defectos	68
Tabla 15. Mediciones de nivel de calidad Sigma (Después de la mejora).....	69
Tabla 16. Resumen del nivel de calidad sigma (Antes de la mejora)	70
Tabla 17. Resumen del nivel de calidad sigma (Después de la mejora).....	70

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

En la actualidad, la necesidad de servicios complementarios de un producto crece y avanza aceleradamente, provocando que las empresas deban ser cada vez más competitivas. Ante este panorama, ya no sólo basta con los atributos de los productos para tener éxito, sino que también deben existir procesos eficientes que le permitan a la empresa tener una respuesta adecuada a los requerimientos de los clientes. En algunas ocasiones estos requerimientos se establecen en contratos donde se incluyen multas por incumplimiento en los plazos de entrega, cantidades, variedad de productos y confiabilidad.

Los efectos de Seis Sigma han demostrado ser una gran herramienta para el incremento de la calidad de productos reduciendo la variabilidad de los procesos. (Castillo, Leandro, & Jessica, 2013).

El aumento del nivel de calidad del producto es el resultado esperado de la metodología Seis Sigma ya que se basa en métodos estadísticos. Cuando el nivel calidad del producto se reduce ya sea por el aumento de la ocurrencia de defectos o el control adecuado, el nivel sigma se reduce al límite permisible de 1,5 Sigma, por lo que significa desperdicio de esfuerzo por parte de la empresa. Por lo tanto, es necesario un plan de control de los procesos contra la aparición de defectos dentro de las áreas de producción; para este propósito, el primer paso es realizar una evaluación de los procesos mediante herramientas validas, como el índice DPMO. (Santos & Leonor , 2009)

A medida que reduce el nivel de calidad, los defectos aumentan desarrollando procesos que no son los adecuados para el cumplimiento de las demandas de los clientes; Por lo tanto, toda variación en los procesos conlleva a la disminución del nivel sigma del proceso. De este modo, existen límites para hasta qué punto la variabilidad es permisible, propuesto por Seis Sigma. El nivel sigma depende del cuan contenida este la variación en relación a su especificación y menor es la probabilidad de errores o fallas.

Además, Seis Sigma emplea el método DMAIC, para analizar el comportamiento de los datos cuando las causas de los problemas no son conocidas o no son claras ya que emplea cartas de control, análisis de capacidad de procesos, experimentos diseñados entre otras herramientas estadísticas. Al conocer el nivel sigma de los procesos se lo puede comparar con los límites sigma admisibles para saber si el proceso puede satisfacer las especificaciones de los clientes. (De la vara S & Gutierrez P, 2009)

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el niveles de calidad sigma en el proceso de producción de armado de estructura "Rack" de la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., debido a los defectos que están presentes en las dimensiones de los ensambles de las piezas, para lo cual se aplica la metodología DMAIC, para analizar las causas que generan la variabilidad de disminución de la calidad del producto, de tal manera proponer las mejores medidas de prevención y disminución de la variación.

1.2. Antecedentes

Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., es una empresa privada formada en el año 2010 y constituida legalmente en el año 2012 como metalmecánica. Comenzó en sus inicios en la fabricación de Rack para el embalaje de piezas automotrices.

En la actualidad es una empresa dedicada al diseño de embalaje y fabricación de rack para posicionar piezas automotrices, y ser transportados a otros lugares en donde están ubicadas las industrias automotrices.

Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., cuenta con instalaciones propias totalmente equipadas con un área útil de 200 M^2 , con una capacidad de producción aproximadamente de 500 Pza. Por mes, el departamento de diseño y desarrollo cuenta con un staff de ingenieros especializados en cálculo estructural con software de última generación, sometiendo los productos fabricados con soldadura TIG, GMAW, FCAW.

La producción en Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., es de forma intermitente es decir por proyectos relacionada al área industrial metalmecánico, donde se realizan varias planificaciones de trabajo, elaboración y entrega del producto. La empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., tiene la infraestructura ideal, para llevar a cabo proyectos de construcción de Rack de cualquier magnitud.

1.2.1. Contexto del proyecto

1.2.1.1. Datos Generales de la Empresa



Figura 1. Logotipo de la empresa Fuente: Diseños & Transformaciones

La empresa Diseños & Transformaciones S.A de C.V., a más de tener cuatro líneas de producción y dos líneas en acabados como lo es la fabricación de Rack en general, y también, lo que es la construcción de estructuras metálicas en proyectos de gran magnitud.

Esta empresa también se dedica a trabajos de montajes de estructuras, constando con un buen equipo de trabajo, calificados de acuerdo a sus desempeños en el área industrial, satisfaciendo a sus clientes.

Donde su mayor objetivo de calidad se basa en la terminación de sus productos y para ello realiza sus trabajos con varios tipos de soldadura de alta calidad, bajo varios tipos de procesos tales como: ultrasonido, radiografías, con su mano de obra calificada.

1.2.1.2. Posicionamiento en el mercado

Diseños & Transformaciones en la actualidad su punto más fuerte de su producción es el área industrial en donde uno de sus proveedores más grandes que tiene en la actualidad es GM, a la cual presta sus servicios de: diseño, ingeniería, construcción, mantenimiento a los Rack, en donde tiene alrededor del 60% de construcción de los nuevos proyectos de dicha empresa.

1.2.1.3. Quienes son sus Clientes

La empresa metalmecánica Diseños & Transformaciones S.A. de C.V. Es el principal proveedor en lo que corresponde al área de fabricación de Rack para el embalaje de piezas automotrices donde sus principales clientes son:

- General Motors.
- Chrysler.
- Ford Motor Company
- Metalsa

1.2.2. Delimitación

Sector industrial:	Metalmecánica
Línea de investigación:	Producción
Sublínea de investigación:	Sistema de Gestión de la Calidad
Puesto de trabajo:	Auditor de calidad

1.2.2.1 Temporal

El proyecto se desarrollara en la empresa “Diseños & Transformaciones S.A. de C.V.”, durante un periodo de 5 meses el cual tuvo como punto de inicio el 29 de julio del 2019 a 20 de diciembre del 2019.

1.2.2.2. Espacial o geográfica

La presente investigación se realiza en la empresa metalmecánica “Diseños & Transformaciones S.A. de C.V.” está localizado en la colonia Futuro Nogalar #90, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, (Ubicación remarcada en un cuadro color rojo).

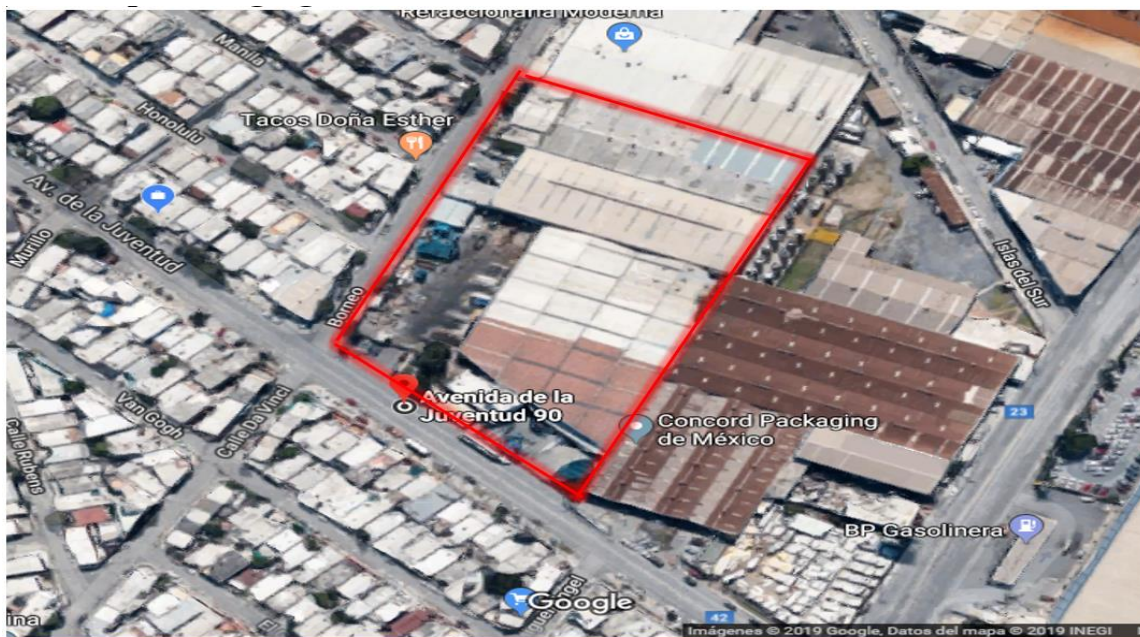


Figura 1. Ubicación de empresa Diseños y Transformaciones S.A de C.V. Fuente: (Google Maps)

1.2.2.3. Presentación de la empresa

La empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., es una empresa innovadora, con altos estándares de calidad, fieles cumplidores de los valores éticos, de personas comprometidas con lo que hacen, que buscan llegar más allá de las metas, de satisfacer a sus proveedores, colaboradores y clientes, con lo mejor de su trabajo y sobre todo ofrecer a sus proveedores un mejor producto.

Sus proveedores han podido constatar que es una empresa responsable y que siempre mantenemos nuestros estándares de calidad. A empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V. Le agrada trabajar en un buen ambiente, con compañeros comprometidos y colaboradores.

1.2.2.4. Mapa de procesos

Al definir los pasos para el Control de Calidad se debe considerar un formato fundamental de la documentación para la certificación. Esta documentación se debe basar en un mapa de procesos que se muestra en la Figura 3.

El enfoque a procesos ayuda a la empresa Diseños & Transformaciones, a definir y gestionar de manera sistemática sus procesos y sus interacciones, contribuyendo a la eficacia y eficiencia en el logro de sus resultados planificados.

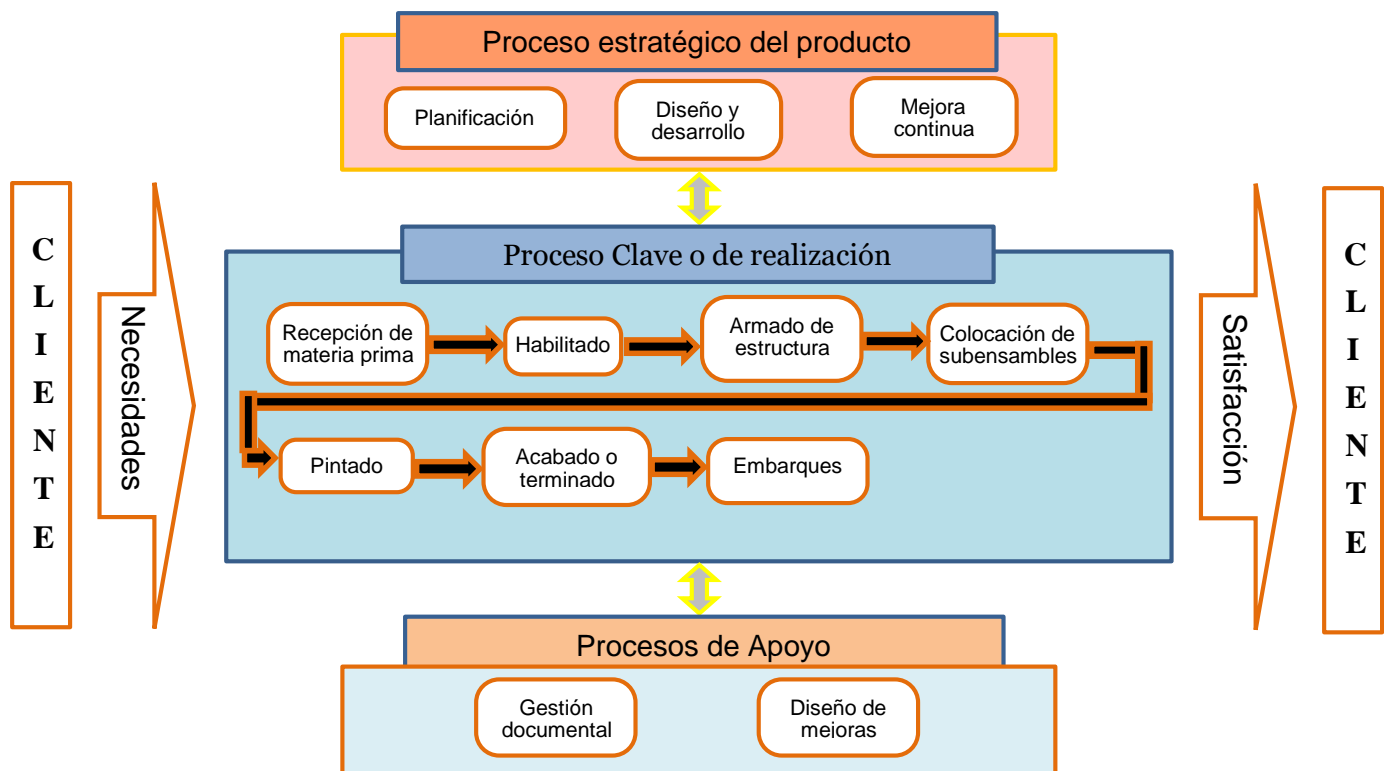


Figura 2. Mapa de Procesos

Fuente: (Elaboración propia) **Página | 6**

El mapa de procesos involucra los procesos directivos con los procesos operativos y los de soporte o apoyo. Los procesos directivos se encuentran dirigidos por la alta gerencia de la empresa. En los procesos operativos se realiza toda la elaboración del cuero en la línea de producción. Los procesos de soporte están encargados de ayudar a la realización de todos los procesos en la empresa.

1.2.2.5. Estructura organizacional

La estructura organizacional utilizada por la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., es un esquema de organización lineal como se muestra en la figura 4, en estos tipos de organigramas las jerarquías se presentan en la parte superior, ligadas por líneas que representan la comunicación de autoridad y responsabilidad a las demás jerarquías que se colocan hacia abajo a medida que decrece su importancia.

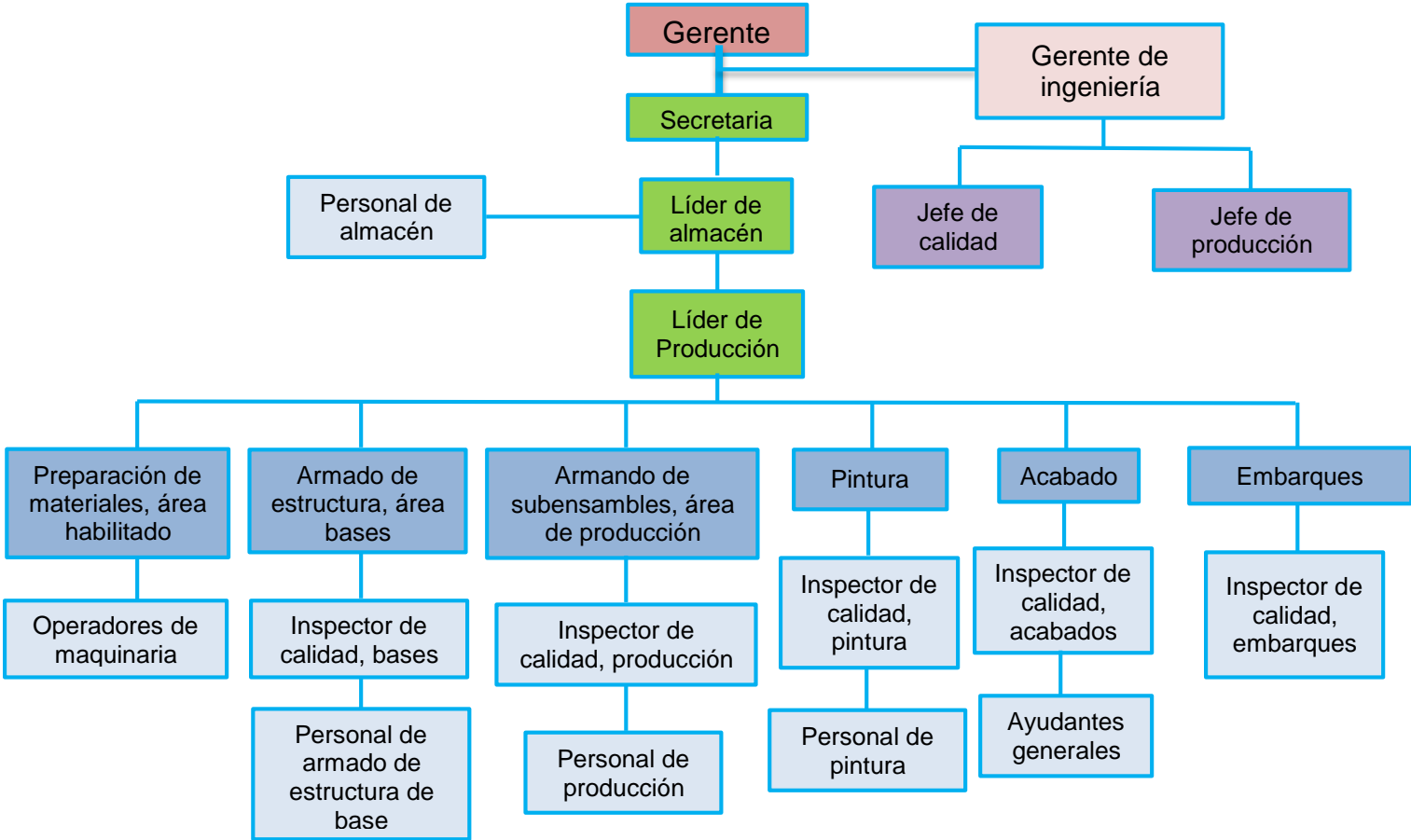


Figura 3. Estructura organizacional

Fuente: (Plan de trabajo D & T S.A. de C.V.)

1.2.2.6. Cultura organizacional

La cultura organizacional se ve plasmada en su:

- **Misión**

Fabricar, diseñar y solucionar las necesidades de nuestros clientes a través de la innovación, eficiencia y productividad en cuanto a contenedores metálicos, de acuerdo a los estándares y calidad requerido por nuestros clientes.

- **Visión**

Convertirnos en el más eficiente y productivo fabricante de Rack o contenedores para la industria en general alcanzando los más altos niveles de calidad y eficiencia y lograr penetración en los mercados internacionales.

- **Política de calidad**

D & T se compromete a fabricar productos y proporcionar servicios a tiempo con las exigencias de calidad requeridas por la industria, promoviendo exceder la satisfacción de nuestros clientes con calidad.

1.3. Planteamiento del problema

Para los últimos años según Lloyd's Register Quality Assurance Limited de Londres, indica que la variación de los procesos tiene un impacto directo en términos de costo, tiempo de ciclo, y el número de defectos, generando insatisfacción del cliente y a todos los aspectos de los procesos, está presente en los diferentes factores como son: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente presente en toda industria metalmecánica. (Lloyd's, 2016)

En los diferentes procesos de la línea de producción donde se produce mucha variación (disconformidades, residuos, etc.) o diferencias que están afectando a la producción, lo que lleva a generar productos de baja calidad y a su vez al no contar con planes de acciones se manufactura productos defectuosos; cuando la variación aumenta afecta a todas las especificaciones de cada parte del producto. (J & E, 2007)

Hoy en día, es ampliamente reconocido que la variabilidad se encuentra en todas partes de las industrias no solamente afectando directamente al proceso, sino que crea efectos sobre la productividad. Por lo tanto, los procesos donde la variación está controlada tienen diferencias en el cumplimiento de los requisitos del cliente que los procesos con muchas fuentes de variación de otras industrias, no se puede suprimir por completo la variabilidad, pero sí minimizarla. (Carro & Gonzalez, 2010)

La variabilidad puede afectar la calidad de un producto generando inconvenientes a la industria, investigar y analizar las causas de variación como son: hombre, materiales, máquina y entorno. Se estable límites de variabilidad para evitar diferencias entre un producto y otro, por lo tanto, si la variabilidad es menor se obtiene una mejor calidad en los productos. (Boarin, Monteiro , & Lee, 2013)

El controlar la variabilidad origina la disminución de fallos en los procesos, el uso adecuado de técnicas del control estadístico de procesos y el diseño de experimentos trae consigo grandes beneficios a la línea de producción. Los resultados que se obtienen, en un principio, detecta la variación de los procesos de fabricación, y mediante el uso de las gráficas de control, es posible reducir significativamente la variación y ajustar el proceso a su valor nominal, por lo tanto, reflejando una reducción de pérdidas de materias y costos.

Para los países que se encuentran en vía de desarrollo continuo, es importante el conocimiento sobre calidad el cual es un requisito para el ingreso a los mercados nacionales e internacionales, además varios países tienen dificultades para cumplir con los estándares de calidad y demostrar que los productos cumplan con las especificaciones del cliente. Es importante que todas las empresas realicen un control permanente en los procesos, alcanzando una producción con altos estándares técnicos, mediante la aplicación de sistemas de gestión de calidad, con el objeto de detectar las posibles fallas que puedan presentar y corregirlos a tiempo.

Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., es una empresa dedicada al diseño de embalaje y fabricación de RACK para transportar piezas automotrices a otros lugares. Al ser una empresa en desarrollo su marca, ha ido ganando competitividad en el mercado reflejado por la satisfacción de sus clientes al adquirir productos de embalaje "Rack". Esta empresa tiene una demanda considerada en la fabricación de diferentes diseños de embalaje "Rack" para posicionar las diferentes piezas automotrices, de la misma forma cuenta con las instalaciones y el personal necesarias para satisfacer los estándares impuestos por los clientes, por otra parte la inexistencia de procedimientos que ayuden a mejorar la calidad de los procesos productivos de la misma forma la falta de control de fabricación en cada una de las fases ha ocasionado que los Rack tengan fallas tales como: dimensiones de cuadratura fuera de especificación, piezas de ensambles con medidas diferentes, piezas con mala aplicación de soldadura, defectos de soldadura; por lo tanto ocasiona que los clientes pierdan confianza y tiendan a buscar otra empresa que cumpla con sus expectativas, provocando que la empresa de estudio pierda competitividad en el mercado por consiguiente también a sus clientes.

Por otra parte, la empresa no cuenta con un control estadístico de calidad para cada uno de los procesos de producción ocasionando el desconocimiento del nivel de calidad del producto. La aparición de defectos en el producto genera actividades adicionales en las fases de fabricación por tanto ocasionando entregas tardías y el malestar por parte de los clientes, al contrario de la competencia con otras empresas del mismo sector ubicadas en Monterrey N.L., y en otros estados de la república mexicana.

1.4. Justificación

En el entorno actual de los mercados nacionales e internacionales, así como el constante crecimiento de la competitividad, es necesario que los productos tengan un alto grado en el control de la calidad, además del mejoramiento continuo dentro de los procesos y ser cada vez más eficientes.

La importancia en desarrollar una evaluación de calidad y mejora de la misma, es proporcionar una documentación adecuada y eficaz a toda la empresa para conocer el grado de calidad que posee el producto, y poder detectar y controlar de mejor manera las fallas en los procesos.

La factibilidad teórica de esta investigación se realiza con el propósito de aportar el conocimiento referente a la metodología Seis Sigma, como herramienta para el control de calidad en los procesos de fabricación. Y a partir de los resultados obtenidos de la investigación se elabora una propuesta para ser incorporado dentro de los procesos, demostrando que el uso de las herramientas mejora el nivel de calidad del producto.

El trabajo a realizarse posee un alto grado de interés, debido a eventos anteriores en fabricación de productos, cumplir con estándares de calidad es un factor decisivo en los productos para ser comercializados dentro del mercado nacional. Por otra parte, las empresas dedicadas a fabricación de Rack para embalaje de piezas automotrices, hace obtener una mayor competitividad en el mercado, estas están obligadas a que sus productos posean un alto grado en el control y mejora continua de calidad, por lo que las empresas buscan asesoramiento de entidades dedicadas a la mejora de la calidad.

El beneficiario principal de este estudio es la empresa, empleados de las distintas áreas y los clientes que adquieren los productos ya que al reducir fallas en los procesos de fabricación de rack, se obtiene un producto final de calidad, siendo el principal beneficio el crecimiento de la empresa en el mercado.

La investigación que se realiza tendrá un impacto positivo en la rentabilidad dentro de la empresa, a través de mejorar el rendimiento de los procesos y aumentar la satisfacción del cliente.

1.5. Hipótesis

Mejora de la calidad de un 15% en el proceso de fabricación de Rack aplicando la metodología six sigma.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de mejora de calidad en el proceso de producción aplicando la metodología Six Sigma en la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V.

1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de procesos de fabricación de contenedores de rack.
- Evaluar el nivel de fallas en los procesos de la línea de producción.
- Desarrollar la metodología Seis Sigma (DMAMC) para la mejora de la calidad.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

2.1. Fundación teórica

2.1.1. Gestión por procesos

La Gestión por Procesos o Business Process Management (BPM) es una forma de organización, diferente de la clásica organización funcional, en la que prima la visión del cliente sobre las actividades de la organización. Los procesos así definidos son gestionados de modo estructurado y sobre su mejora se basa la de la propia organización (Valdivia, 2013) .

Características principales de todo proceso son:

- **Variabilidad del proceso**

Son variaciones inevitables o imperceptibles que se producen cada vez que se repite el proceso, y generan inestabilidad en los resultados del mismo (Carro R. G., 2010).

- **Repetitividad del proceso como clave para su mejora**

Los procesos se crean para producir un resultado, la repetitividad permite trabajar sobre el proceso y mejorarlo (Carro R. G., 2010).

Tipos de procesos productivos

Según (Carvajal, 2017) nos dice que los procesos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Por proyecto.* Su producción es exclusiva e individualizada, lo que conlleva diseñar un proceso productivo específico para cada proyecto.
- *En línea.* Es un proceso productivo altamente mecanizado y automatizado, empleando máquinas muy especializadas que precisan del trabajo de una cantidad elevada de trabajadores. Se fabrica gran cantidad de productos uniformes y similares entre sí, y con un coste relativamente bajo.
- *Por lotes.* Se identifica por producir un volumen pequeño de una gran variedad de productos, los cuales son uniformes entre sí y existe una relación entre las distintas tareas a realizar.

Mejora de procesos

La mejora de los procesos consiste en una metodología para analizar las oportunidades de mejora en los procesos de la organización, para a partir del análisis de causas, desarrollar alternativas e implantar soluciones que mejora la competitividad (Carvajal, 2017). La mejora de procesos comprende los siguientes pasos:

Hacerlo ocurrir tal y como queremos que ocurra

Para poder mejorar un proceso primero hay que hacerlo ocurrir es decir; se empieza por definir la forma de ejecutar del proceso, las instrucciones sobre cómo debe de ser ejecutadas las actividades del proceso, comprobar que el proceso siga de forma definida las instrucciones y garantizar que la próxima repetición se va desarrollar de acuerdo a ellas (Pérez, 2010).

Mejorarlo una vez que lo hemos hecho ocurrir

Cuando el proceso no se adapta a las necesidades del cliente, es necesario aplicar el ciclo de mejora. Estas mejoras se deben reflejar en una mejora de los indicadores del proceso. Existen un sinnúmero de técnicas y herramientas para provocar la mejora de los procesos (Sica, 2012.).

2.1.2. Tipos de mejora del proceso

Mejoras estructurales

Se consigue mejorar un proceso mediante herramientas y técnicas de tipo creativo o conceptual, así como nuevas herramientas para la gestión de la calidad, encuestas a clientes, la reingeniería, el análisis del valor, el QFD entre otras (Carro R. G., 2010).

Mejoras en el funcionamiento

Las herramientas o técnicas que se emplean son el diseño de experimentos y otras basadas en datos, orientadas a la eliminación de desperdicios, como 5 S o 5w+1H (Carro R. G., 2010).

2.1.3. Calidad

Tiene como objetivo la satisfacción de las necesidades del cliente, mediante productos y servicios elaborados con cero defectos, cumpliendo las expectativas de los mismos. Además, la calidad es multidimensional, debido a que las necesidades de los consumidores son múltiples y diversas, ya que incluyen; aspectos, diseño, tamaño entre otros.

La calidad, por lo tanto, es considerada como una estrategia administrativa primordial de los negocios, debido principalmente fomenta positivamente el crecimiento del negocio, proporciona una ventaja competitiva, está orientada a la plena satisfacción del cliente planeando de esta manera costos razonables de calidad (Giorgio, “Aplicación de la Metodología Six Sigma para la Identificación y Propuesta de Mejoras en el Área de Producción en la Empresa Rabe S.a. Industria Plástica”, 2015).

La norma ISO 9001; 2015 indica una definición más trascendente de la calidad; Satisfacción del cliente. El concepto de calidad ha cambiado, el objetivo es determinar las expectativas de los clientes, poner objetivos que permitan cumplirlas y establecer los procesos que hagan posible la consecución de los mismos (9001, 2008).

La búsqueda por hacer las cosas mejor, más rápido y a un menor costo, mediante los tres componentes de una estrategia de calidad: innovación, control y mejora, también ha provocado un cambio continuo en los conceptos y métodos de la calidad (Aguirre, 2010).

2.1.4. Gestión de la calidad total

Es un sistema de gestión para las organizaciones centrada en el cliente que involucra a todos los empleados en la mejora continua. Utiliza estrategias, datos y comunicaciones efectivas para integrar la disciplina de calidad en la cultura y las actividades de la organización. Muchos de estos conceptos están presentes en los modernos sistemas de gestión de calidad (Sánchez, 2009).

Características de calidad

Es raro el producto con una sola característica de calidad. La mayoría tienen muchas y hay que distinguir claramente la importancia relativa de las mismas. Según (Sánchez, 2009) citan los defectos y fallas clasificados de la siguiente forma:

- **Un defecto crítico.** Aquella característica de calidad que se relaciona con la vida y la seguridad.
- **Un defecto grande.** Es el que causa que el producto no funcione de acuerdo al propósito para el cuál fue producido.
- **Un defecto menor.** Es una discrepancia con respecto a los estándares de calidad que no afecta la capacidad de uso del producto, pero que no gusta a los clientes.
- Para productos de alto riesgo para la salud o medio ambiente, la clasificación es muy rigurosa.

2.1.5. Control estadístico de procesos

Es una herramienta que ayuda en la toma de decisiones y facilita el proceso de mejora constante de una empresa. Además se dice que un proceso está en control estadístico cuando solo trabaja con causas comunes de variación, y su variación a través del tiempo es predecible (Carro R. G., 2010).

Los métodos estadísticos de mayor uso para el control de procesos se tienen:

Hoja de control

También llamada hoja de obtención de datos, es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos.

La finalidad de la hoja de control es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permita orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente (Carro R. G., 2010).

Estratificación

Estratificación o clasificación de datos, consiste en analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos o agrupándolos de acuerdo con los factores que se cree pueden influir en la magnitud de los mismos, a fin de localizar las mejores pistas para resolver los problemas de un proceso. Además es una estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de forma que sea posible localizar diferencias, prioridades y pistas que permitan profundizar en la búsqueda de las verdaderas causas de un problema (Hidalgo, 2013).

Histograma y tabla de frecuencias

Permiten visualizar su tendencia central, la dispersión y la forma de la distribución de un conjunto de datos. El histograma es una representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de grupos o clases, y cada clase es representada por una barra, cuya longitud es proporcional a la frecuencia de los valores representados según (Giorgio, Aplicación de la Metodología Six Sigma para la Identificación y Propuesta de Mejoras en el Área de Producción en la Empresa Rabe S.a. Industria Plástica, 2015).

Diagrama de flujo de proceso

Es un esquema gráfico de la secuencia de actividades de un proceso, Cada actividad del proceso se representa por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso ya sea transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de retrabado o reproceso y se encuentran unidos entre sí con flechas indicando la dirección del flujo del proceso.

Diagrama de Pareto

Se reconoce que más del 80% de la problemática en una organización es por el 20% de las causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos.

El diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras que clasifica de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados en torno a un fenómeno según (Giorgio, Aplicación de la Metodología Six Sigma para la Identificación y Propuesta de Mejoras en el Área de Producción en la Empresa Rabe S.a. Industria Plástica, 2015).

El diagrama de Pareto permite asignar un orden de prioridades y mostrándolo gráficamente colocándolos los “pocos que son vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha facilitando el estudio de las fallas en las empresas manufactureras o de servicio.

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa también conocido como diagrama de espina de pescado es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. Donde el problema representa la “cabeza del pescado”, de la que emerge una espina central de donde se derivan las causas mayores o espinas grandes (Arce, 2017).

Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica:

- Método de las 6 M
- Método tipo flujo del proceso

Cartas de control

Es un método gráfico que permite evaluar si un proceso se encuentra o no en un estado de control estadístico, es decir cuando sólo actúan causas comunes o aleatorias, inherentes a cualquier proceso (Pulido G. and Salazar, 2009).

De ese modo las cartas de control permiten identificar permanentemente las posibles causas de variación de las características esperadas de los procesos mediante un control estadístico. Es así que, cuando un proceso está fuera de control (límites) se debe a causas especiales o no esperadas, ya que las causas comunes o esperadas están contempladas en el desempeño del proceso.

Los límites de control, inferior y superior, definen el inicio y final del rango de la variación, de forma que cuando el proceso está en control estadístico existe una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores caigan dentro de los límites. En la Figura 5 se muestra las partes que tiene una gráfica de control.

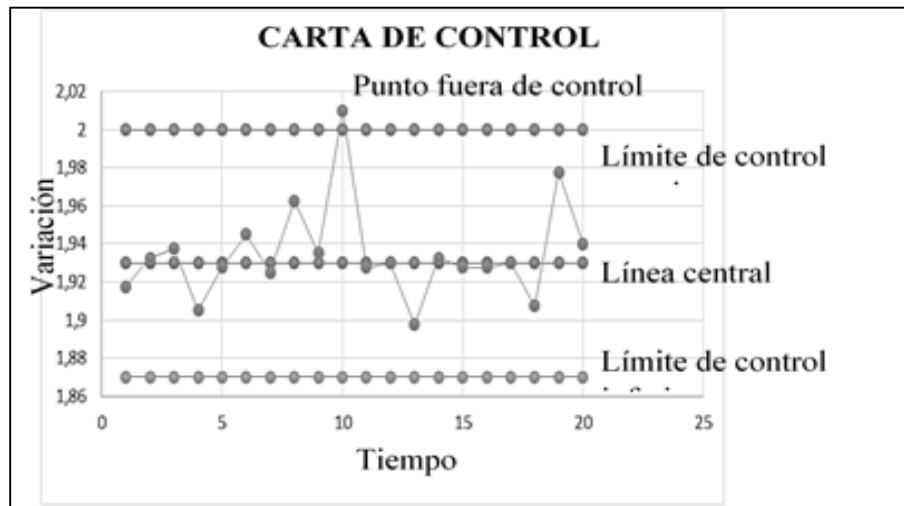


Figura 4. Elementos de una carta de control. Fuente: (Pulido G. and Salazar, 2009)

Tipos de cartas de control

Las características de calidad sobre las cuales se constituyen las cartas de control generalmente caen en dos categorías:

Cartas de control para variables

Se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (peso, volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, etc.).

Las cartas para variables más usuales son (Pulido G. and Salazar, 2009):

- **Carta X-S:** Diagrama para variables que se aplican a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar pequeños cambios. Por lo general, el tamaño de los subgrupos es $n > 10$.
- **De medias \bar{X} :** Analiza las medias de subgrupos como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso, es aplicada en procesos masivos (de mediano a alto volumen), donde en un corto tiempo se producen varios artículos o mediciones.
- **Rangos (R):** Analiza los rangos de los subgrupos como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso.
- **Desviación estándar (S):** Analiza la desviación estándar que se calcula a cada subgrupo, como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso.
- **Individuales (X):** Analiza cada medición individual del proceso y detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión. Usado en procesos de bajo volumen, donde se requiere un tipo considerable para obtener un resultado o medición.
- **Cartas de control X-R:** Diagramas para variables que se aplican a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtiene un subgrupo de productos, se miden y se calcula la media y el rango R para registrarlos en la carta correspondiente.

Cartas de control para atributos

Se aplican al monitoreo de características de calidad del tipo “pasa, o no pasa”, o donde se cuenta el número de no conformidades que tienen los productos analizados.

Las cartas para atributos más usuales son:

Proporción de defectuosos (p): Analizar la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas/ unidades inspeccionadas). Se supone una distribución binomial. Utilizada para reportar resultados en puntos de inspección, donde una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto el artículo es aceptado o rechazado (Pulido G. and Salazar, 2009).

Número de defectuosos (np): Monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada), y es una distribución binomial. Aplica en la misma situación que la carta p, pero con el tamaño de subgrupo constante (Pulido G. and Salazar, 2009).

Número de defectos por subgrupo (c): Analiza el número de defectos por subgrupo o unidad, ésta puede ser un artículo o un lote, una medida de longitud o de tiempo, una medida de área o volumen, y es una distribución de Poisson. Su uso es en los puntos de inspección, donde se busca localizar uno o más tipos de defectos relativamente menores, de tal forma que aunque se encuentren defectos, así como también es utilizada para variables como número de quejas, de errores, de paros, de clientes, entre otras cosas (Pulido G. and Salazar, 2009).

Número promedio de defectos por unidad (u): Monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada, en muestras o subgrupos que pueden tener un tamaño variable (Pulido G. and Salazar, 2009).

2.1.6. Seis Sigma

Seis Sigma se desarrolló en la década de los 80's en los Estados Unidos de América, desde entonces en la literatura se encuentran diversos casos de aplicación exitosa. El éxito de seis sigma reside en el impacto positivo que tiene en la rentabilidad de las organizaciones, a través de mejorar el rendimiento de los procesos y aumentar la satisfacción del cliente (Oltra Á., 2016).

Seis Sigma (6σ) es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. La estrategia 6σ se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico, usando una metodología de mejora continua (DMAIC) o un enfoque de diseño/rediseño, también conocido como diseño para Seis Sigma (DFSS) (Oltra Á., 2016)..

El propósito de Seis Sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes; es llevar los procesos a un rendimiento eficiente en un 99.99966% con solo 3.4 posibles defectos entre mil posibilidades.

2.1.7. Procedimiento para la evaluación del nivel de calidad de los procesos

a) Finalidad

La evaluación del nivel de calidad sigma de los procesos tiene como propósito definir métodos y lineamientos para reducir o eliminar las causas que producen productos no conformes en la línea de producción.

b) Objetivo

Establecer la metodología de evaluación de nivel de calidad sigma en la línea de producción de fabricación de Rack en la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V.

c) Alcance

Este procedimiento es aplicable en el área de producción de la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., las mismas que presentan no conformidad en sus productos.

d) Periodicidad

El programa Seis Sigma es una metodología de mejora continua, los métodos y herramientas de calidad deben de revisarse y actualizarse según los resultados obtenidos entre puntos de comparación (valores iniciales de los programa-valores finales del programa) del nivel de calidad.

e) Responsable

Investigador: Es el encargado de escoger el método y procedimiento adecuado para realizar la evaluación, además selecciona los materiales para realizar las respectivas observaciones y mediciones a lo largo de la línea de producción de la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V.

Revisor: Es el encargado de aprobar formatos, procesos, registros y medidas planteadas por el investigador referentes al nivel de calidad sigma, con el fin que cubran los requerimientos de los clientes.

f) Abreviaturas y definiciones

Nivel de calidad sigma: Es el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que un producto sea conforme. Cuanto más grande sea, menos productos no conformes tendrá el proceso, y por lo tanto tendrás menos costes de no calidad.

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

g) Metodología

Las fases para una correcta evaluación del nivel de calidad sigma de los procesos se muestran la Figura 6.

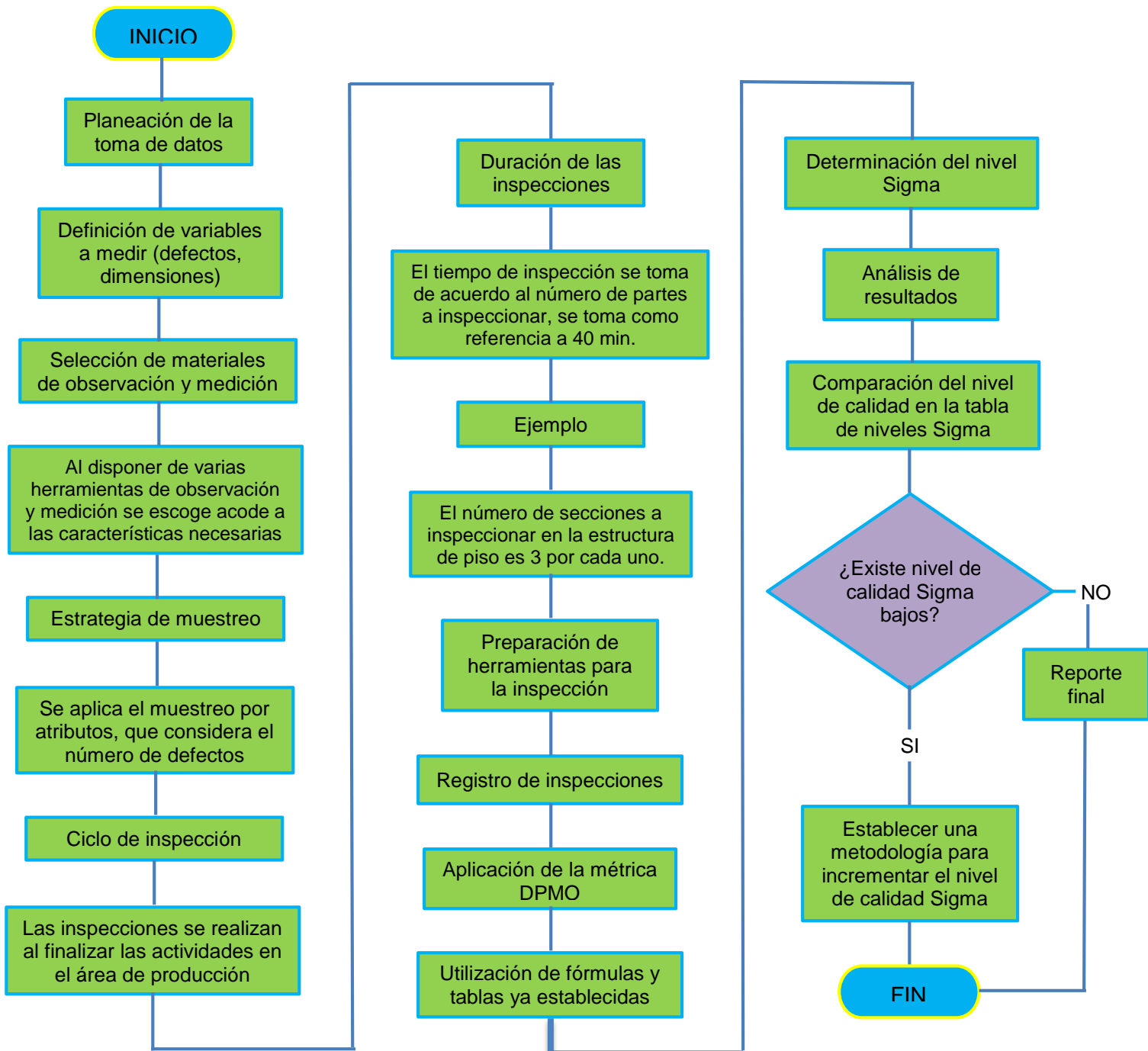


Figura 5. Metodología para evaluación del nivel de calidad sigma

Fuente: (Sánchez, 2009)

- Selección de la métrica de medición

La métrica de medición a utilizar es el DPMO que sirve para comparar con la escala Seis Sigma y establecer el nivel de eficiencia de un proceso, lo que es factible para el estudio, en el anexo se muestra los niveles sigma según el DPMO obtenido.

- Obtención de la métrica DPMO

Para medir la eficiencia y el nivel sigma al que se encuentra los procesos se va utilizar una de las métricas Seis Sigma, en este caso se utiliza como métrica a los defectos esperados en un millón de oportunidades de error (DPMO) de un producto. Este indicador a su vez se compara con la escala valorativa del Seis Sigma para establecer el nivel de eficiencia de un proceso (Oltra Á., 2016).

La métrica DPMO requiere de tres valores: número de unidades de la muestra U , número de defectos observados d , y el número de oportunidades de error por unidad O los valores son obtenidos de las inspecciones realizadas a la muestra.

$$(1.1) \text{ DPMO} = \frac{d}{U \times O} \times 1'000'000$$

A continuación, en la Tabla 1 se muestra el valor de Sigma correspondiente al DPMO.

Tabla 1. Niveles de calidad Sigma

Nivel sigma	DPMO	Rendimiento (Y_{FT})
6	3,4	99,9997%
5	233	99,98%
4	6210	99,3%
3	66807	93,3%
2	308537	69,15%
1	690000	30,85%
0	933200	6,68%

Fuente: (Serrato, 2017)

A partir del valor de la métrica DPMO y la tabla del anexo 4, se halla el valor sigma correspondiente al DPMO. Igualmente, para el cálculo del porcentaje de rendimiento del proceso (Yield) se la obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$(1.2) Y_{ield} = \left(1 - \frac{d}{U \times O}\right) * 100$$

- Duración de la inspección

Para cada inspección se toma en cuenta el número de partes e ítems de cada proceso, lo que es factible realizar una relación a cuarenta y cinco minutos que el inspector se mantiene en el área designada para la revisión, ya que genera la confiabilidad adecuada.

Existen procesos que poseen mayor número de partes e ítems a ser inspeccionadas, por lo que, generan los siguientes tiempos de revisión, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Tiempos de inspección por áreas de producción

N°	Ciclo de inspección	Área de trabajo	Parámetro	Tiempo de revisión
1	Una vez finalizado el proceso	Armado de estructura	Defectos	25 minutos
2	Una vez finalizado el proceso	Lado frontal / posterior	Defectos	20 minutos
3	Una vez finalizado el proceso	Lado derecho / izquierdo	Defectos	20 minutos
4	Una vez finalizado el proceso	Escantilibres	Defectos	30 minutos

Fuente: (Elaboración propia)

Los tiempos son establecidos por parte de la administración junto con el jefe de producción, e base a inspecciones realizadas previamente.

2.1.8. Procedimiento para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC

a) Finalidad

La aplicación de la metodología Seis Sigma en los procesos de armado de estructura, Lado frontal / posterior, Lado derecho / izquierdo y Escantilibres, en la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., tiene como propósito reducir productos no conforme.

b) Objetivo

Establecer la metodología de aplicación del programa Seis Sigma en la línea de producción de fabricación de Rack en la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V.

c) Alcance

Este procedimiento es aplicable en el área de producción en la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., las mismas que presentan productos no conforme.

d) Periodicidad

Según el programa Seis Sigma, una vez ejecutado las cinco etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, dentro del proceso de producción, se evalúa el control estadístico de proceso dentro de un periodo de tiempo establecido por la dirección no menor a cinco meses, si en el periodo de control la variabilidad disminuye y los procesos se encuentran bajo control es recomendable continuar con el programa caso contrario se requiere de una nueva evaluación aplicando nuevas herramientas de calidad, lo que lleva al inicio de un nuevo ciclo.

e) Responsable

Investigador: Es el encargado de escoger el método y procedimiento adecuado para aplicar de la metodología Seis Sigma-DMAIC, además de selecciona las herramientas de calidad.

Revisor: Es el encargado de aprobar formatos, procesos, registros y medidas planteadas por el investigador referentes a la metodología Seis Sigma, con el fin que cubran los requerimientos de la empresa.

f) Abreviaturas y definiciones

Seis Sigma: Metodología bien estructurada de mejora continua que enfrenta la variabilidad del proceso controlando fallas en los mismos con la aplicación de herramientas y técnicas estadísticas de manera rigurosa.

Cliente: Organización o persona que recibe un producto.

Voz del cliente: Se emplea para describir las necesidades, expectativas, y/o percepciones del cliente en relación a los productos o servicios provistos por la empresa.

Árbol crítico para la calidad: Parámetros clave de los requerimientos de calidad formulados por el cliente.

Diagrama de Kano: Es una herramienta para determinar el grado de cumplimiento de un producto a partir de los requisitos del cliente obtenidos en del método de la voz del cliente.

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar Y Controlar.

CTQ: Críticos para la Calidad.

VOC: Voz del Cliente.

g) Metodología

Las fases para una correcta aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC, se muestra en la figura 7.

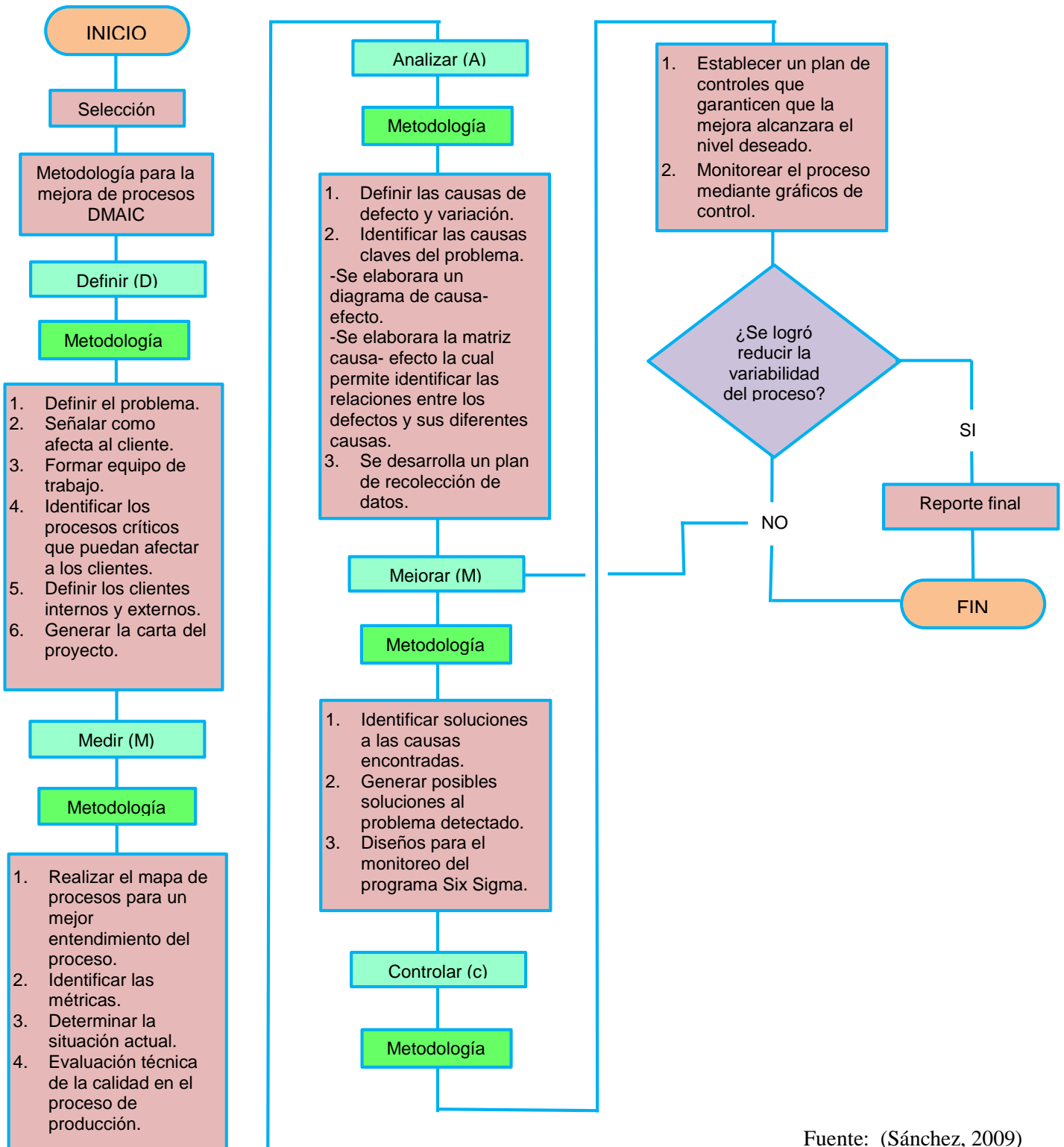


Figura 6. Metodología para la aplicación Six Sigma (DMAIC)

Fuente: (Sánchez, 2009)

h) Protocolo de desarrollo del programa Seis Sigma - Selección de herramientas de calidad.

En la Tabla 3, se presentan las herramientas de calidad aplicadas en cada una de las etapas del DMAIC para el presente estudio.

Tabla 3. Etapas y herramientas de Seis Sigma

Etapa Seis Sigma	Herramientas
Definir	<ul style="list-style-type: none">● Diagrama de Pareto● Lluvia de ideas● La voz del cliente (VOC)● Diagrama de Kano● Matriz críticos para el cliente
Medir	<ul style="list-style-type: none">● Diagrama de Pareto● Diagrama de causa-efecto de Ishikawa● Matriz causa-efecto
Analizar	<ul style="list-style-type: none">● Gráficas de multivarianzas● Métrica de desempeño proceso● Gráficos de control Xbarra y R
Mejorar	<ul style="list-style-type: none">● Técnicas analíticas● Diseño Fixture a prueba de error
Controlar	<ul style="list-style-type: none">● Lean manufacturing● Gráficos de control

Fuente: (Elaboración propia)

- Utilización de las herramientas de calidad

Las herramientas para la mejora de la calidad están diseñadas para que la empresa esté en condiciones de realizar la planificación, el control, el aseguramiento y la mejora de la calidad, en el marco del sistema de gestión de la calidad que ha sido implantado, adaptado a las condicionantes de su realidad interna y a las impuestas por el entorno en el cual se encuentra.

- Recomendaciones

- Verificar si la herramienta cumple con la finalidad requerida.
- La herramienta debe ser de fácil utilización en el trabajo en equipo.
- La herramienta debe de servir de soporte para las acciones de gestión de la calidad en la empresa.

2.1.9. Determinación de capacidad del proceso

La capacidad de proceso consiste en saber la amplitud de la variación natural del proceso y se calcula para confirmar que existe un problema dentro del proceso y que está causando insatisfacción a los clientes. Se busca establecer la capacidad de proceso inicial con el propósito de mantener o cambiar los objetivos del proyecto de acuerdo a los resultados obtenidos (Pulido G. and Salazar, 2009).

Para la estimación puntual del índice Cp o capacidad de producción, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$(1.3) C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde, Cp es el índice de capacidad del proceso, ES y EI son los límites de especificación superior e inferior y σ es la desviación estándar del proceso.

En la Tabla 4, se presentan cinco categorías de procesos según el valor del índice Cp obtenido.

Tabla 4. Valores Cp y su interpretación

VALORES DEL ÍNDICE Cp		
Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

Fuente: (Sánchez C. and Duquay, 2009)

Índice Cpk

El índice Cpk se conoce como índice de capacidad real del proceso, es considerado una versión mejorada del Cp que sí toma en cuenta el centrado del proceso. Para calcularlo el índice Cpk se define de la siguiente forma:

$$(1.4) \text{ Cpk} = \text{mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Donde μ representa la media del proceso, mientras que EI y ES son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad.

Si el índice $\text{Cpk} > 1,25$, se dice que el proceso es capaz y si $\text{Cpk} < 1$, entonces el proceso no cumple con las especificaciones y se debe tomar medidas para corregirlo el problema de descentrado y alcanzar la capacidad potencial indicada por el índice Cp.

Para el cálculo del índice Cp y Cpk, se requiere de la variación del proceso o la desviación estándar σ , y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$(1.5) \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que X_i y \bar{X} son los valores individuales y media del proceso y n corresponde al número de datos tomados del proceso. (Valbuena, 2018)

2.2. Metodología Seis Sigma DMAIC

La técnica Seis Sigma para mejorar procesos, se desarrolla en cinco fases de forma cíclica, DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Éstas se centran en reducir la variación más que en probar o controlar los productos/servicios ya terminados. (Pellegero, 2015).

2.2.1. Metodología para la aplicación de Seis Sigma DMAIC

Las etapas del DMAIC de mejora de procesos, es aplicada a las áreas donde presentan una alta variación de datos.

El proceso a seguir se muestra a continuación, con los diferentes aspectos que son necesarios como indica el programa Seis Sigma:

Toma de datos de la empresa

Son necesario los datos más relevantes como es el nombre de la empresa, la actividad a la que se dedica, número de procesos que posee y el número de Rack a inspeccionar.

Nombre de la empresa: Diseños & Transformaciones S.A. de C.V.

Actividad: Fabricación de embalaje de contenedores Rack para piezas automotrices

Numero de procesos: cinco

Muestra: 15 Rack

Levantamiento de información de los procesos

Se realiza el levantamiento de la información de los procesos de la línea de producción de Rack, desde el momento en que la materia prima entra al área de habilitado, hasta la entrega del producto al cliente.

Identificación de fallas existentes en el área de producción

Para identificar las fallas existentes en las áreas de producción se aplica la ficha de registro de inspecciones (ver anexo 2), con la finalidad de obtener el tipo y numero de defectos presentes en el producto, así como el número de oportunidades de mejora.

Calcular los defectos por millón de oportunidades (DPMO) y la eficiencia (Y_{ield})

Para este cálculo se utiliza la ecuación 1 y 1.1, así como el anexo 2.

Hallar el valor sigma del proceso

Dependiendo del valor DPMO obtenido en los procesos, y la tabla del anexo 4, se obtiene el valor sigma.

Si se encuentra valores intermedios como en nuestro caso es necesario realizar una interpolación lineal cuya fórmula básica se muestra en la ecuación 1.6.

$$(1.6) \quad Y = y_a + (X - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

En donde:

- Y: nivel Sigma a encontrar.
- X: valor Yield encontrado.
- ya, yb: rango de valores Sigma establecidos en el anexo 4.
- xa, xb: rango de valores Yield establecidos en el anexo 4.

2.2.2. Definir el proyecto (D)

Definir es la primera etapa del modelo DMAIC. La etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito.

Desde el punto de partida del cliente, se centra en cuáles van a ser los objetivos de la implementación de Seis Sigma, cuál va ser el impacto en la empresa y quienes van a ser los responsables. Se establecerá cual es el propósito de la implementación, cuáles son los parámetros de inicio y hasta qué nivel se quiere involucrar al equipo (Pellegero, 2015).

Identificar cuáles son las características críticas para la calidad (CTQ), tanto externas como internas. Siendo las primeras las que se rigen por exigencias de los clientes y las segundas las que dan rentabilidad a la compañía. Al fin y al cabo, centrarse en los procesos que mayor importancia puedan tener (Productividad, 2017).

- Se forma el equipo de trabajo para llevar a cabo el programa, posteriormente identificar y definir el problema el cual presenta la empresa.
- Se identifica los procesos críticos a partir del diagrama de Pareto en base al número de defectos presentes en cada proceso.
- Para analizar los principales factores que originan la aparición de fallas en la fabricación de carrocerías se emplea el diagrama de Ishikawa.
- Se identifica los clientes internos y externos a la empresa, y con la herramienta VOC se identifican los requisitos por parte de los clientes y se clasifica según los requerimientos mediante el diagrama de Kano, finalmente se realiza la matriz con los críticos para el cliente.
- Se realiza la carta del proyecto, el cual es el entregable al final de la etapa definir que contiene todo el análisis previo.

2.2.3. Medir la situación actual (M)

La fase de medición consiste en localizar el origen de la variación que se está produciendo en el proceso. Es decir, se trata de acotar las causas que están produciendo los problemas y encontrar la raíz de dichos problemas. Se analiza su dimensión a través de las mediciones del proceso y que datos nos permitirán su resolución (Productividad, 2017).

En este sentido se convierte en un factor clave la recogida de datos. Esta etapa es la que más recursos suele consumir, puesto que de ello depende en gran medida el éxito de las fases posteriores. Al fin y al cabo, se trata de comprender que factores de los que intervienen en el proceso producen variaciones o defectos y porque, volviendo otra vez a buscar la causa raíz (Pérez, 2016).

Los pasos a tomar en cuenta para la fase medir se indica a continuación en la figura 8.

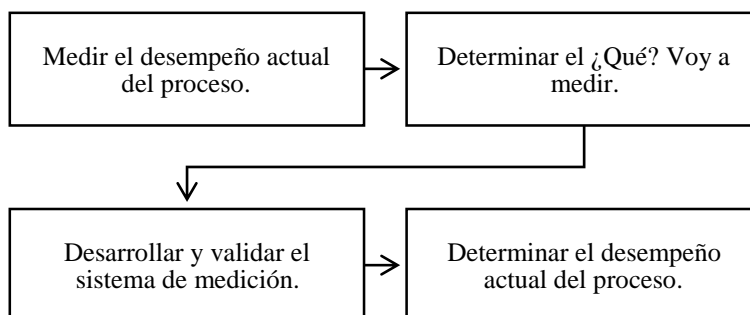


Figura 7. Pasos de la fase de medir como parte de la herramienta DMAIC Fuente: (Pérez, 2016)

- Se realiza el mapa de proceso para tener una mayor comprensión del cómo está organizada la empresa.
- Se identifica los procesos críticos a partir del diagrama de Pareto en base al número de defectos presentes en cada proceso
- Por otra parte, con la ayuda del diagrama de Ishikawa del análisis previo se desarrolla la matriz causa-efecto para medir de manera cuantitativa las causas raíz de los problemas detectado.

2.2.4. Analizar las causas raíz (A)

Se trata de “Analizar el sistema con el fin de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado”.

La meta de esta fase es identificar la causa raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos.

Entonces, se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos.

Las herramientas de utilidad en esta fase son muy variadas: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, estratificación, gráficos de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, diagrama de dispersión, entre otras. A continuación, se indica los pasos a tener en cuenta dentro de la fase analizar (Hidalgo, 2013).

Se evalúa la capacidad del proceso teniendo en cuenta los defectos ya sea: los defectos por unidad (DPU), defecto por oportunidades (DPO), defectos por millón de unidades (DPMU), defectos por millón de oportunidades (DPMO) o el rendimiento del proceso (Yield).

- De acuerdo a los datos recolectados en el anexo 2 donde se muestra el número de defectos encontrados en cada proceso y correspondientes a cada producto estudiado, se evalúa los procesos a partir de la métrica DPO propio de cada proceso.
- Se halla el valor del DPO aplicando la fórmula de la ecuación 1.7.

$$(1.7) \quad DPO = \frac{D}{N*O}$$

En donde:

- D: es el número de defectos
- N: Número de unidades producidas
- O: Oportunidades de presentar defectos en la unidad.

2.2.5. Mejorar (M)

Esta fase consiste en aplicar los cambios o las mejoras que se han propuesto en las hipótesis de la fase Analizar.

Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, pokayoke, etc. Logrando encontrar soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto (Hidalgo, 2013).

Los pasos a tomar en cuenta para la fase mejorar se indica a continuación en la figura 9.

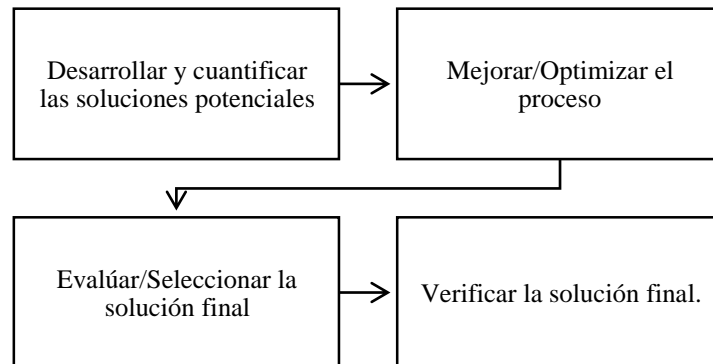


Figura 8. Pasos de la fase de mejora como parte de la herramienta DMAIC Fuente: (Esdras, 2014).

2.2.6. Controlar para mantener la mejora (C)

La etapa de control se enfoca en cómo conservar las mejoras, las mismas que pueden incluir el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, la capacitación del personal y la institución de controles para tener la seguridad de que las mismas no desaparecerán con el tiempo (Pellegero, 2015).

En este sentido es necesario establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

A continuación en la figura 10, se indica los pasos a tener en cuenta dentro de la fase controlar.

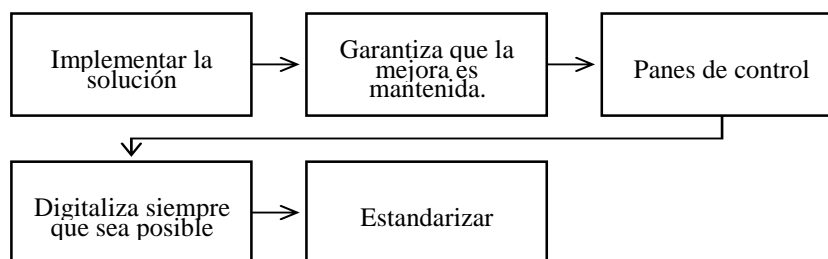


Figura 9. Pasos de la fase de controlar como parte de la herramienta DMAIC Fuente: (Esdras, 2014).

CAPÍTULO III. ESTADO DEL ARTE

3.1. Descripción de los trabajos relacionados

¿Quiénes utilizan Seis Sigma?

Empresas comprometidas con la satisfacción del cliente en la entrega oportuna de productos y servicios, libres de defectos y a costos razonables. Algunos ejemplos: Motorola, Allied Signal, G.E., Polaroid, Sony, Lockheed, NASA, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Toshiba, etc.

Por ejemplo, Motorola entre 1987 y 1994 redujo su nivel de defectos por un factor de 200. Redujo sus costos de manufactura en 1,4 billones de dólares. Incrementó la productividad de sus empleados en un 126,0 % y cuadruplicó el valor de las ganancias de sus accionistas.

3.2. Análisis de los trabajos relacionados

3.2.1. Mejoramiento de la calidad aplicando six sigma en el servicio de reparación de cilindros hidráulicos en una empresa metal-mecánica

Según (MEDINA & INGAR MEDINA , 2016) implementó la metodología SIX SIGMA para mejorar los procedimientos actuales en las áreas significativas de la planta. Realizó un análisis de causas (variables) que afectaban al índice de cumplimiento con el cliente. Se determinó las variables significativas aplicando ANOVA, después se optó por realizar un diseño de experimentos empleando el método de TAGUCHI con el cual se determinó los niveles de mejoras en los procesos de reparación. Una vez establecido dichos niveles; la capacidad de proceso con respecto a la reparación de los cilindros hidráulicos ha mejorado notablemente teniendo como consecuencia la reducción de los costos en la mala calidad del producto, mejoró la reducción de los defectos al mínimo aplicando una adecuada capacitación al personal con el fin de realizar una adecuada reparación. Se consideró el DMAIC como un sistema de control de mejoras con el fin de evitar los reprocesos.

Se ha mejorado el centrado del proceso de 3.86 a 4.64 sigmas. La implementación de la metodología SIX SIGMA ayudó a incrementar la eficiencia del área de maquinado (la más crítica) de 65% a 82% promedio. La puesta en práctica de la metodología SIX SIGMA trajo como consecuencia las mejoras de la eficiencia en las áreas de rectificado (69% a un 90% en el proceso de alineamiento), y también en el área de soldadura (84% a un 94%).

3.2.2. Implementación de la herramienta six sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa fusión mecánica industrial SAC, 2017

(FLORES GOMERO, 2017) Implemento la herramienta Six Sigma para mejorar la capacidad de proceso en el área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C., debido a que la media DESPUÉS es mayor que la media ANTES ($0.26 > 0.1125$), es decir antes de la mejora y el desarrollo de la propuesta el proceso no cumplía con las especificaciones del producto en base a la medida solicitada por el cliente.

Se mejoró la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles, logrando disminuir la cantidad de productos defectuosos en un 32.25% aproximadamente, viéndose esto reflejado en un aumento en la productividad de 12.13%, la eficiencia en 14.85% y eficacia en 5.46%; generando esto un incremento en la efectividad de 36.23%.

Gracias a las mejoras implementadas en la empresa se ha logrado un aumento del nivel sigma de 2.87 a 3.08, lo cual indica que se ha reducido en 32.25% los defectos por millón de oportunidad siendo esta una muestra significativa para el beneficio de la organización.

Con la implementación de las propuestas de mejora se redujeron los costos de fabricación de los plásticos flexibles, lo cual generó un ahorro de costos de S/. 12 000 mensuales aproximadamente.

3.2.3. Desarrollo de un modelo de dinámica de sistemas basado en la metodología Seis Sigma

Según (Ortega, 2017). Desarrolló un modelo dinámico del sistema de producción textil de tejido de punto; la implementación se realizó en una empresa textil del sur de Guanajuato. Los resultados muestran un aumento en el desempeño del proceso incrementando el nivel de sigma, lo que valida el enfoque propuesto.

Con la simulación del modelo dinámico fue posible identificar el comportamiento del proceso. La utilización de métricas Six Sigma permitió evaluar el rendimiento del proceso. En la tercera fase, se realizó el análisis de los resultados sobre el comportamiento y el desempeño del proceso.

Para cumplir con la cuarta fase, se realizó un análisis de sensibilidad que fue un modelo validado, se crearon tres escenarios eligiendo el rendimiento más alto para validar aún más el modelo dinámico en una empresa textil en el sur de Guanajuato. Con la validación, se verifica que el modelo es útil para mejorar el rendimiento en la capacidad del proceso textil y permite obtener un proceso de aprendizaje para establecer políticas operativas en la última fase de la metodología. Como trabajo futuro, se considera desarrollar un modelo de dinámica de sistemas de la cadena de suministro de la empresa, analizado a través del enfoque de la metodología Six Sigma.

3.2.4. Implementación Six Sigma

(Orozco, 2004) Implementó la metodología six sigma en la empresa maquiladora de cinturones de seguridad, en su investigación observo que los problemas que están afectando es en el área de inspección y con la implementación de un fixture incrementó la eficiencia, redujo el tiempo de inspección y se incrementó la capacidad del departamento de inspección de recibo para detectar el material no conforme, antes de que llegue a producción, utilizando métodos estadísticos de Seis Sigma.

Los resultados que obtuvo a través de su investigación fue reducir el indicador tiempo de inspección de un promedio de 2:00 hrs. a 1:23 hrs. Comparación en Gráfico MR del tiempo por máquina Microview vs. Quickvision.

Posteriormente hizo un diseño de experimentos (DOE), Diagrama de interacción del diseño de experimentos con los factores Tiempo y Operador - Tiempo y Máquina, confirma un beneficio al pronosticar la mejora aún antes de tener datos fidedignos del proceso en función; para finalmente medir la mejora y seguir controlando esta con las Gráficas de control, Planes de capacitación, Lean manufacturing.

CAPÍTULO IV. METODOLOGIA

4.1. Aplicación de la metodología seis sigma

4.1.1 Etapa definir

4.1.1.1. Definición del problema

Existen fallas o defectos en el proceso de producción de fabricación de Rack en la empresa Diseños & Transformaciones S.A. de C.V., debido a que hay Rack fuera de dimensiones de ensambles de los límites de especificación exigido por los clientes externos. La detección de fallas por parte de los clientes ha ocasionado, además de quejas, reclamos y en general insatisfacción, gastos adicionales en reparaciones y en restos de producto rechazado por problemas de ensambles de piezas que conllevan medidas fuera de especificaciones del cliente.

4.1.1.2. Identificación de los procesos crítico

Actualmente la Empresa D & T S.A. de C.V., se ha visto afectada por la falta de control en sus procesos, lo que genera no conformidades dentro de sus clientes internos, razón por la que se hace necesario prestar atención en procesos relevantes.

Con la información obtenida del anexo 2, se procede a realiza un diagrama de Pareto para identificar los procesos críticos, los mismo que presentan mayor número de defectos o fallas, misma se convierte en oportunidades de mejora según la metodología seis sigmas.

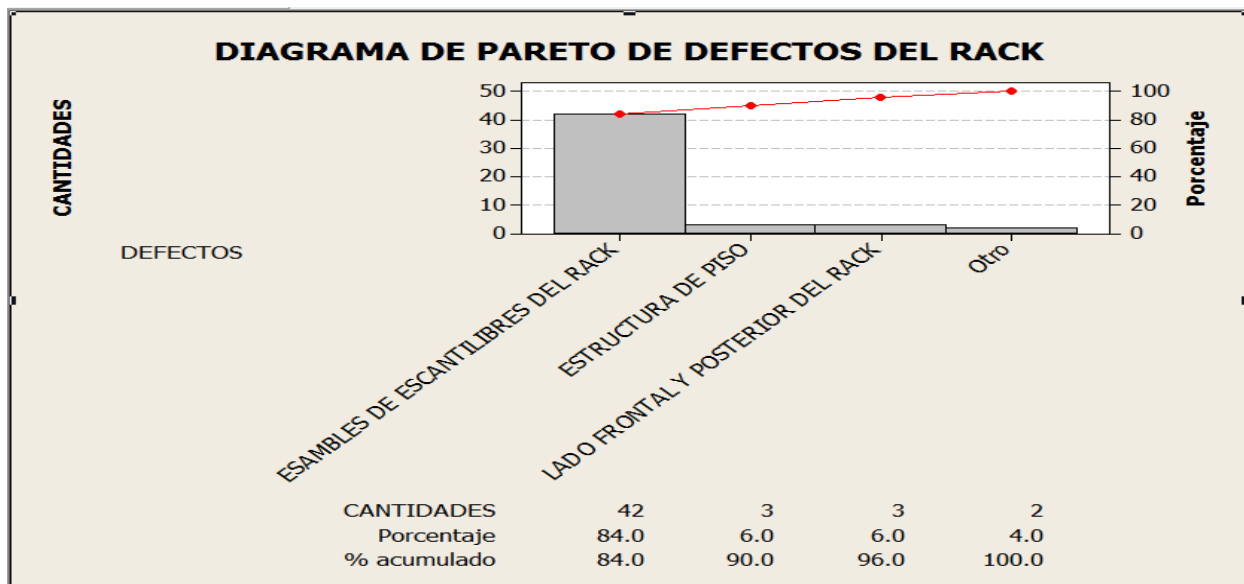


Figura 10. Pareto de defectos de ensambles de fabricación de Rack

Fuente: (Elaboración propia)

De la Figura 11, el problema principal se debe en su mayor parte al proceso de ensamblaje de Escantilibres ya que representa el 84.0 % del total de los defectos, este porcentaje indica que los procesos que se realizan en la línea de producción son los más críticos, debido a que la soldadura es una variable que no se puede controlar por la alta temperatura que funde el metal y depende la aplicación de la soldadura mueve al Escantilibre y lo posiciona en una distancia fuera de las especificaciones del cliente, por lo que se debe centrar sus esfuerzos para dar solución a las causas que las ocasionan. Para un análisis más objetivo se realiza un Pareto de segundo nivel considerando la ubicación de los defectos en los Rack.

Identificación de las causas potenciales para los procesos críticos

Ensamblajes de Escantilibre del Rack

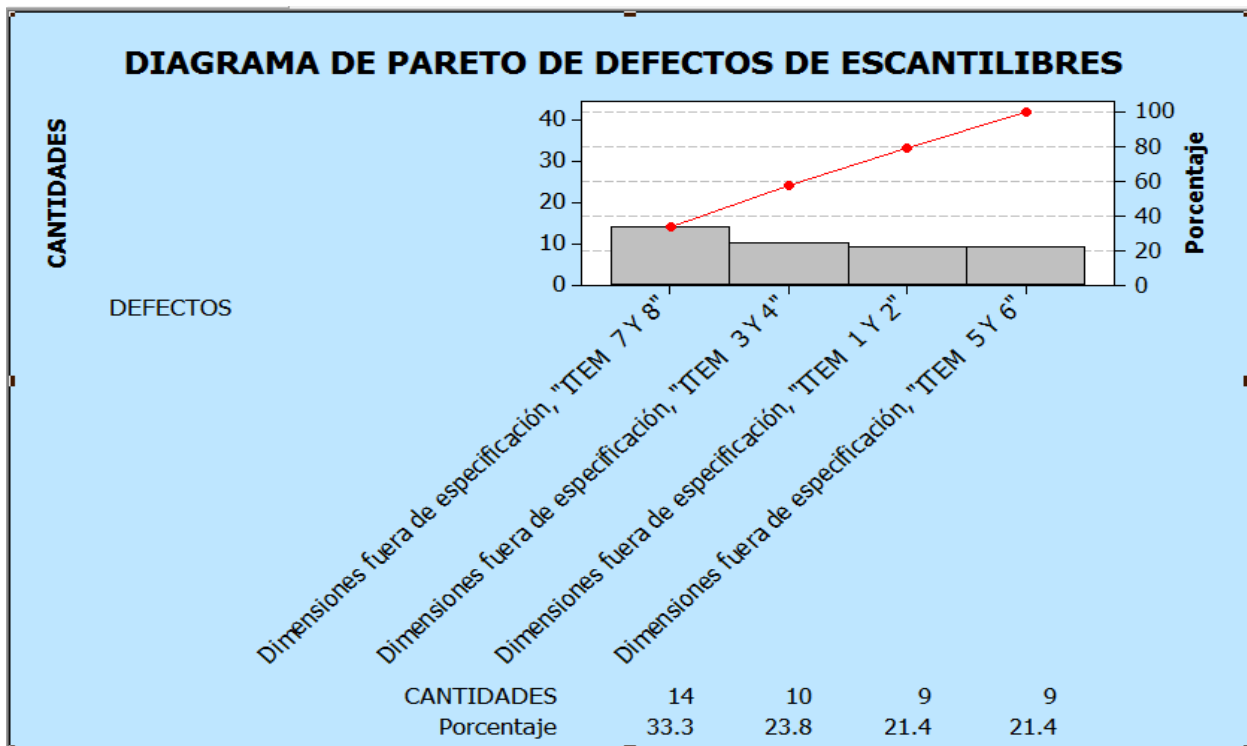


Figura 11. Pareto de defectos de Escantilibres

Fuente: (Elaboración propia)

La Figura 12, se observa que el problema de las dimensiones de los Escantilibres se presenta principalmente en los dos últimos ensambles, por lo tanto, los defectos que ocasionan que el proceso este fuera de control, sea un crítico en la línea de producción, se debe exclusivamente en los subprocesos de los Escantilibres.

4.1.1.3. Identificación de los clientes

Las empresas que tiene un lugar dentro del mercado nacional, cuentan con diversos clientes según su frecuencia, su volumen de compra, activos, inactivos, satisfechos e insatisfechos; por lo tanto, las empresas actualmente orientan todos sus esfuerzos al tipo de cliente según sus necesidades y expectativas. Para la presente investigación se ha identificado a dos tipos de clientes; internos (operarios del proceso de fabricación) y externos (consumidor), por consiguiente, estos dos tipos de clientes no son iguales y la empresa debe adaptarse y entender sus necesidades.

En la Tabla 5, se clasifica a los dos tipos de clientes.

Tabla 5. Descripción de los clientes

CLIENTES INTERNOS	
Proceso	Clientes (operarios del proceso de fabricación)
Recepción de materia prima	Encargado de preparación
Transformación de materia prima en ensambles	Operarios de habilitado
Armado de estructura de piso	Operarios de bases
Línea de producción	Operarios de líneas
Pintado	Operarios de pintura
Acabados	Operarios de acabados
Inspección	Jefe de producción
CLIENTES EXTERNOS	
Tipo	Detalle
Cliente final	Producto final

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.1.4. Voz del cliente (VOC)

La voz del cliente permite determinar las necesidades y requisitos de los clientes, gracias a la ayuda de los sistemas proactivos como es las entrevistas, cuestionarios y sistemas reactivos como son las quejas, garantías y reclamos.

En la Tabla 6, se presenta los requisitos que se obtienen por parte del investigador para alcanzar un Rack de calidad:

Tabla 6. Requisitos de los clientes internos y externos

Requisitos	
Clientes externos	Clientes internos
<ul style="list-style-type: none"> • Entrega a tiempo • Entrega completa • Terminado superficial • Coordinación entre personal y gerencia • Garantía del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales facialmente maquinable • Alineación de piezas • Dimensiones de ensambles correctas • Piezas perfectamente cuadradas • Soldadura sin porosidades

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.1.5. Diagrama de Kano

El objetivo de esta herramienta es determinar a partir de los requisitos del cliente obtenidos en del método VOC. Para lo cual se empleó un cuestionario ver anexo 1, al personal de la empresa clientes internos y clientes externos, con el objetivo de obtener los requerimientos de los clientes interno y externos a la empresa.

En la Tabla 7, se muestra la clasificación de los requerimientos según los resultados arrojados por los encuestados.

Tabla 7. Requisitos de los clientes internos y externos

REQUISITOS DE LOS CLIENTES INTERNOS Y EXTERNO
Clientes internos - área de armado de estructura de piso
Materiales facialmente maquinable Dimensiones adecuadas Ensamblados colocados correctamente Soldadura sin porosidad
Clientes internos – área de línea de producción
Dimensiones de ensambles correctas Piezas perfectamente cuadradas Soldadura bien aplicada
Clientes externos
Entrega a tiempo de los Rack Los Rack cuenta con garantía Dimensiones de ensambles tolerancia $\pm \frac{1}{32}$

Fuente: (Elaboración Propia)

Una vez realizado la distribución y clasificación de los requerimientos de los clientes internos y externos a la empresa, es posible la toma de decisiones para incorporar calidad en los productos. Sin embargo, la riqueza de la clasificación de los datos del cuestionario permite realizar un análisis de datos un poco más detallado.

4.1.1.6. Identificación de los CTQ's

Los CTQ's (Critical to Quality) o críticos para la calidad, ayuda a traducir los requisitos del cliente ya sean internos y externos generales en requisitos particulares, específicos y medibles. El propósito de esta herramienta es determinar los objetivos del proyecto. Para este caso se utiliza como herramienta para identificar las características de calidad CTQ's el diagrama de árbol como se indica continuación en la tabla 8.

Tabla 8. Árbol de CTQ's del proyecto

CTQ's (Critical to Quality)		
Interno		
VOC	Parámetro clave	CTQ's
Estructura		
Dimensiones adecuadas	Longitudes mayores/menores	Defectos
Piezas colocadas correctamente	Piezas grandes/pequeñas	Defecto
Soldadura sin porosidad	Calidad de soldadura	Defecto
Línea de producción		
Dimensiones de ensambles correctas	Longitudes	Defecto
Superficies regulares	Irregularidades	Defecto
Piezas perfectamente cuadradas	Dimensiones	Defecto
Soldadura bien aplicada	Socavada	Defecto
Exterior		
Entrega a tiempo del proceso anterior	Demora	Tiempo
Entrega completa del proceso anterior	Incompleto	Defectos
Elementos de trabajo en óptimas condiciones	Defectuoso	Defectos

Fuente: (Elaboración propia)

De acuerdo a la información de la Tabla 8, se tiene una serie de aspectos que son de interés para los clientes y que están asociados indirecta o directamente con la calidad, por consiguiente, los parámetros de evaluación para medir la eficiencia del proyecto denominados CTQ's serán por un lado la calidad y por otro la satisfacción del cliente cómo se indica en la Figura 13.

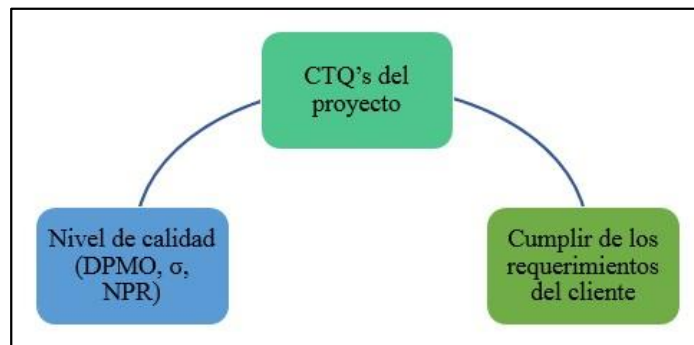


Figura 12. CTO's del proyecto

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.1.7. Declaración de variables

En base a los CTQ's identificados a partir de las herramientas VOC y el diagrama de Kano son las siguientes:

- X: Nivel de la calidad (DPMO, σ , NPR).
- Y: Satisfacción de los clientes internos y externos.

Las variables de satisfacción Y respectivamente, se pueden establecer como una sola variable que mida la satisfacción general del servicio prestado. Por tanto, el nivel de la calidad X incide en la satisfacción de los clientes internos y externos Y.

4.1.1.8. Carta del proyecto

La carta del proyecto es el entregable al final de la etapa definir. En la Tabla 9, se muestra la carta del proyecto del proyecto seis sigmas.

Tabla 9. Carta del proyecto

NOMBRE DEL PROYECTO	MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCION APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA EMPRESA DISEÑOS & TRANSFORMACIONES S.A. DE C.V.	
	Fecha: 01 de Agosto del 2019	Versión: 1.0

Necesidades del negocio a ser atendidas:

Los defectos/fallas en los Rack son las quejas principales de los clientes tanto interno como externo. La falta de capacitación y la mala comunicación son unas de las causas para la aparición de defecto entre procesos y el producto final. Cuando se tiene productos con defectos/fallas, la consecuencia típica ha sido pagar tiempo extra para cumplir con las reparaciones del producto. Si se reducen el número de defectos/fallas de los Rack se reduce gastos de tiempo extra y es posible mejorar la satisfacción del cliente ya sea interno o externo disminuyendo el tiempo de entrega.

Declaración del problema:

Los defectos/fallas en los Rack se definen como los defectos/fallas surgidas desde que los ensambles entran al are de bases, hasta que los Rack es entregado al cliente. En la actualidad, estos defectos/fallas en los procesos para los clientes internos ha ocasionado, además de quejas, reclamos y en general insatisfacción, gastos adicionales en reparaciones, materia prima y en restos de ensambles rechazados por problemas de calidad.

Objetivo:

Reducir los defectos/fallas de las Rack mejorando el nivel calidad

Alcance:

La implementación de la Metodología Six Sigma se realizará con base en el seguimiento de la herramienta DMAIC, en el área de producción en la empresa D y T S.A. de C.V., teniendo como parámetros de interés la minimización de los defectos y la maximización de la satisfacción de los clientes.

Roles y responsabilidades.

Asesor externo: Ing. Víctor Andrade Reboloso

Líder del proyecto: Roberto Santiago Salvador

Equipo:			
Nivel jerárquico	Cargo	Fase DMAIC	Funciones y responsabilidades
-	Investigador	Definir Medir Analizar Mejorar Controlar (Responsable de diseño)	Encargado del diseño de la metodología Six Sigma aplicada al mejoramiento de la calidad. <ul style="list-style-type: none"> Diseñar la metodología Seis Sigma, mediante seguimiento de la herramienta DMAIC y con base en el estudio de la situación actual. Capacitar a los otros miembros de trabajo acerca de la implementación y cumplimiento de la Metodología Seis Sigma.
Gerente de Ingeniería	Supervisor de calidad	Medir Analizar Mejorar Controlar (Responsable de implementación)	Inspector principal del cumplimiento y seguimiento de los parámetros de la metodología Six Sigma aplicada al mejoramiento de la calidad. <ul style="list-style-type: none"> Realizar las acciones pertinentes para la fiel implementación de la metodología Seis Sigma. Controlar el cumplimiento por parte de sus subordinados de los parámetros de interés en cuanto a la calidad. Llevar los registros de las acciones realizadas y enviar reportes a gerencia general de manera periódica.
Jefe de Producción	Operarios de: - Habilidadado - Bases - Líder de líneas de producción - Pintura - Acabados	Medir Analizar Mejorar Controlar (Participantes)	Participante en el cumplimiento de los parámetros establecidos por la metodología Seis Sigma. <ul style="list-style-type: none"> Acatar las disposiciones dispuestas por su jefe inmediato para dar cumplimiento a los requerimientos. Informar oportunamente al supervisor de producción acerca de cualquier anomalía en el desarrollo de los procesos de producción y sus elementos.

Recursos:		
Información técnica (Producción) y base de datos disponible Software de análisis estadístico (Excel, Minitab)		
Métricas:		
Defectos/Fallas de los Rack, Porcentaje de quejas internas/externas.		
Fecha de inicio del proyecto: 01-Agosto-2019		
Fecha planeada para finalizar el proyecto: 06-diciembre-2019.		
Aprobación del proyecto:		
Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Roberto Santiago Salvador	Ing. Víctor Andrade Reboloso	Ing. Víctor Andrade Reboloso

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.2. Etapa medir

4.1.2.1. Medir y recopilar datos

Esta fase se enfoca en entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto, asimismo, se estable con mayor detalle las métricas que se evaluarán y el sistema de medición para garantizar que las métricas puedan medirse en forma consistente. Esta fase es importante porque permite medir la situación actual para clasificar el punto de arranque del proyecto.

4.1.2.2. Identificación de la medición y variación

Según el punto de vista de Six Sigma la etapa medir persigue dos objetivos fundamentales:

- Tomar datos para validar y cuantificar el problema, esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
- Permite y facilita la identificación de las causas reales del problema.

En cambio la variación representa el cambio o alteración de una determinada medición con respecto a una medición base, la variación está presente en todo proceso debido a una combinación de equipos, materiales, ambiente, operador e incluso las actividades de inspección.

Las variables a medir para el desarrollo de programa son: el nivel de calidad mediante la métrica DPMO y el cumplimiento de los requisitos del cliente. A continuación, en la Figura 14, se representa los datos a obtener.

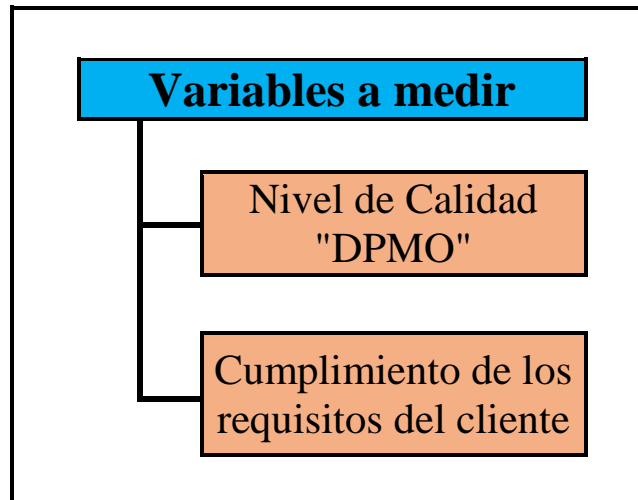


Figura 13. Variables a medir en los procesos de producción D y T S.A de C.V.

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.2.3. Cálculo del nivel de calidad Six Sigma

En la Tabla 10, se presenta el número de unidades producidas en el tiempo que se realiza la inspección en el área de producción (anexo 2), como también los defectos encontrados en cada una de ellas, se encuentra en detalle cada elemento inspeccionados y medidos para nuestro estudio.

Tabla 10. Detalle de la muestra para la identificación y cuantificación de los defectos

MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD			
	PROCESO	UNIDADES PRODUCIDAS	NUMERO DE OPORTUNIDADES
PIPE	Estructura de piso	3	3
	Lado frontal y posterior del Rack	3	3
	Lado izquierdo y derecho del Rack	2	3
	Escantilibre	42	4

Fuente: (Elaboración propia)

Mediante la identificación de los distintos defectos en los subensables de los Rack (estructura de piso, lado frontal / posterior del Rack, lado izquierdo / derecho del Rack, Escantilibre), indican el número de defectos y oportunidades que descifran la métrica DPMO de acuerdo con el proceso estudiado. La métrica DPMO asume valores distintos de niveles sigma, tomando como referencia la tabla del anexo 4, que indica el nivel sigma dependiendo del valor de la métrica DPMO.

Pero al tener valores intermedios es necesario realizar una interpolación como indica la metodología de la obtención de la métrica DPMO. A continuación, se muestra un ejemplo de las observaciones en el área de producción de armado de estructura de piso, lado frontal / posterior del Rack, lado izquierdo / derecho del Rack, Escantilibre.

4.1.2.4. Ejemplo de cálculo de la métrica DPMO y la eficiencia Yield

De los datos obtenidos del primer proceso de la línea de producción correspondiente al armado de estructura de base ver anexo 2, se procede a realizar el cálculo respectivo:

Numero de defectos, unidades y oportunidades

Numero de defectos = 3

Unidades = 15

Oportunidades de mejora = 3

Métrica DPMO y Yield

Aplicando la ecuación 1 y 1.1:

$$DPMO = \frac{d}{U \times O} \times 1,000,000.00$$

$$Yield = \left(1 - \frac{d}{U \times O}\right) \times 100$$

$$DPMO = \frac{3}{15 \times 3} \times 1,000,000.00$$

$$Yield = \left(1 - \frac{3}{15 \times 3}\right) \times 100$$

$$DPMO = 66,666.66$$

$$Yield = 93.33 \%$$

4.1.2.5. Ejemplo de cálculo sigma a partir de la interpolación

La interpolación se obtiene a partir de datos obtenidos de la hoja de verificación del anexo 2, y el valor DPMO del proceso, de acuerdo a la tabla del anexo 4 indica un Yield para el armado de estructura de piso.

Métrica sigma Estructura de piso

Los valores de los rangos en los que se encuentra Yield son:

$$X = 93.33\%; \quad x_a = 94.52\%; \quad x_b = 93.32\%; \quad y_a = 3.1; \quad y_b = 3.0.$$

Aplicando la ecuación 1.6:

$$Y = ya + (X - xa) \frac{(yb - ya)}{(xb - xa)}$$


$$Y = 3.1 + (93.33 - 94.52) \frac{(3.0 - 3.1)}{(93.32 - 94.52)}$$

$$Y = 3.1 - 0.099$$

$$Y = 3.001$$

El valor sigma obtenido del proceso varía según el número de defectos obtenidos, por lo que, es necesario verificar el nivel sigma de cada proceso, como se muestra en la tabla 11. De acuerdo a nuestro estudio, es importante que se realice una evaluación del nivel de calidad sigma, indicando que existe niveles bajos de calidad en los procesos por causa de factores internos (maquina, mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente y medición).

Tabla 11. Mediciones de nivel de calidad Sigma

	CONTROL DE CALIDAD					
	REGISTRO DE MEDICIONES DEL NIVEL DE CALIDAD SIGMA			Proyecto/Nombre: RA6094 / RACK – PIPE ASW Cliente: GENERAL MOTORS “GM”		
Proceso	Número de unidades	Número de efectos	Numero de oportunidades	Total de oportunidades	DPMO	Nivel sigma
Armado de estructura	15	3	3	45	66,666.66	σ 3.00
Lado frontal/posterior del Rack	15	3	3	45	66,666.66	σ 3.00
Lado izquierdo/derecho del Rack	15	2	3	45	44,444.44	σ 3.21
Escantilibre	15	42	4	60	700,000.00	σ 0.97
Promedio total	15	12.5	3.25	48.75	256,410.25	σ 2.54
Elaborado por: <u>Roberto Santiago Salvador</u> Cargo: <u>Investigador</u>				Aprobado por : <u>Ing. Víctor Andrade Revolloso</u> Cargo: <u>Gerente de Ingeniería</u>		

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.2.6. Resumen del nivel sigma

El nivel de calidad sigma indica el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que el producto sea conforme, se indica a continuación en la tabla 12.

Tabla 12. Resumen del nivel de calidad sigma

Proceso	Nivel sigma	Rendimiento
Armado de estructura de piso	σ 3.00	93.33 %
Lado frontal / posterior del Rack	σ 3.00	93.33 %
Lado Izquierdo/ derecho del Rack	σ 3.20	95.55 %
Escantilibre	σ 0.97	30.00 %
Promedio Total	σ 2.54	78.05 %

Fuente: (Elaboración propia)

En la Tabla 12, se muestra el nivel de calidad sigma y su rendimiento. Como se observa el nivel sigma fluctúan entre 0.97 σ y 3.20 σ entre procesos, por otra parte, toda la línea de producción alcanza un nivel sigma de 2.54 σ , y un rendimiento global de 78.05%.

De acuerdo a los valores sigma obtenido de los procesos lo cual indican valores deficientes según Gutiérrez Pulido en su libro “Calidad total y productividad”, por lo tanto, existen problemas en los procesos y se debe implantar la metodología de mejora de calidad para poder corregir los problemas existentes.

4.1.3. Etapa analizar

En esta tercera etapa del ciclo DMAIC, se efectúa el análisis de los datos obtenidos en la etapa de medición, con el propósito de conocer la causa raíz del problema así como establecer una capacidad básica de desempeño de los procesos. La información de este análisis proporciona evidencias de las fuentes de variación y el desempeño insatisfactorio de los procesos, las cual son de mucha utilidad para establecer fuentes de mejora para los procesos, y un punto de comparación luego de aplicar la metodología DMAIC nuevamente a los procesos.

4.1.3.1. Análisis de los factores que originan la aparición de defectos de Escantilibre

Diagrama causa-efecto

Para tener una mejor comprensión acerca de los principales factores que originan la aparición de fallas en la fabricación de Rack, así como las causas y los efectos que se originan dentro de la línea de producción, para ello se emplea la herramienta causa-efecto o espina de pescado ya que es una herramienta que permite organizar lógicamente las causas potenciales de un problema. En la Figura 15, se presenta el diagrama causa-efecto de defectos de dimensiones de subensambles de Escantilibre.

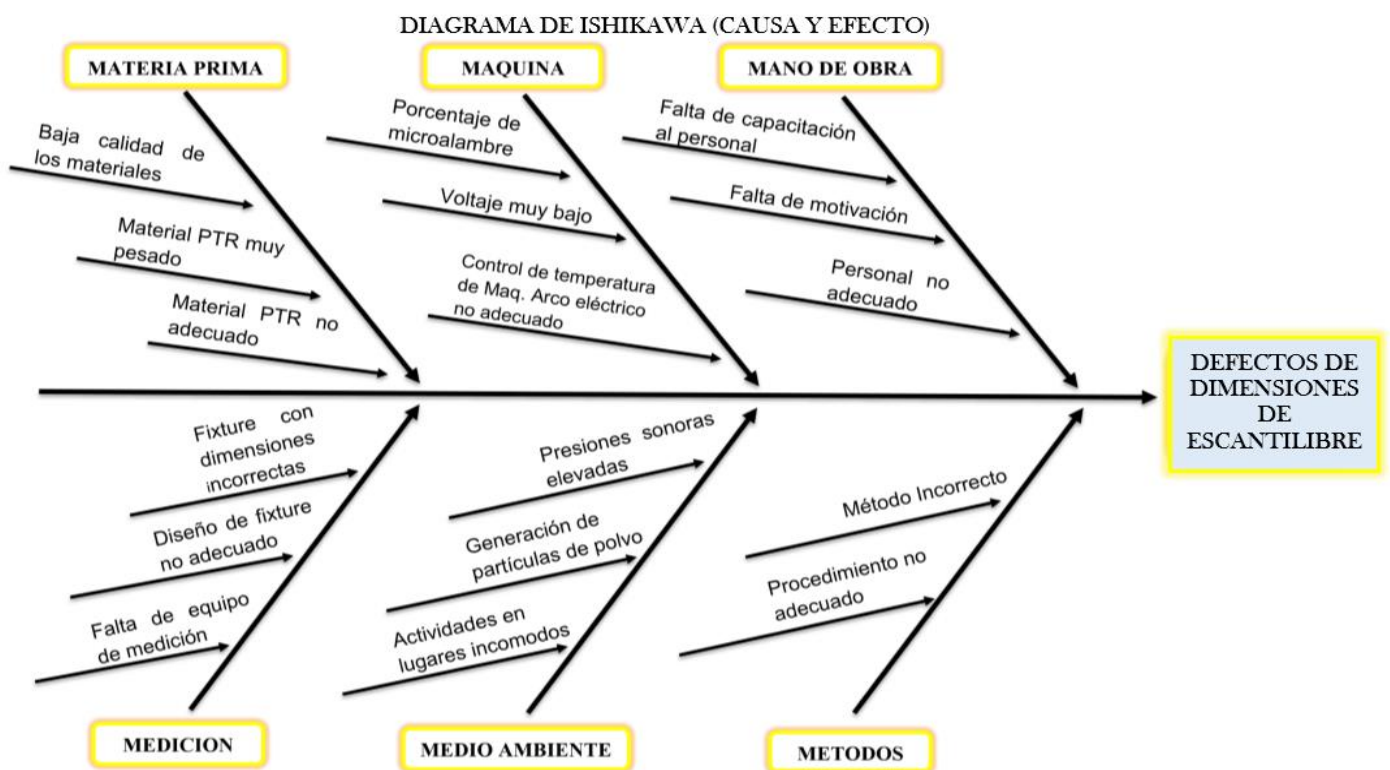


Figura 14. Diagrama de Ishikawa de las causas-efecto

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.3.2. Matriz causa-efecto

La matriz causa-efecto consisten en una tabla de doble entrada, en la cual en la primera columna se indica las actividades o acciones del proyecto y en cada una de las otras columnas se indica los factores que pueden ser afectados por la acción respectiva. Por lo tanto, esta matriz ayuda a priorizar las posibles causas que afectan a la variable de salida y permite ponderar en base a las CTQ's las causas principales.

Tabla 13. Matriz causa-efecto

MATRIZ CAUSA-EFECTO						
Proceso	Importancia para el cliente	10	8	8	7	
Defecto de Escantilibre	CTQ's relacionadas	1	2	3	4	Total
		Dimensiones inadecuadas	Piezas mal cuadradas	Porosidades	Alineación de Escantilibre	
Factor		Ponderación				
Materia Prima	Baja calidad de los materiales	0	0	3	0	21
	Material PTR muy pesado	0	0	0	4	28
	Material PTR no adecuado	9	7	3	6	212
Máquina	Porcentaje de microalambre	2	2	0	1	43
	Voltaje muy bajo	4	8	7	3	181
	Control de temperatura de Maq. Arco eléctrico no adecuado	3	8	8	6	200
Mano de Obra	Falta de capacitación del personal	4	0	7	0	96
	Falta de motivación	0	0	6	0	48
	Gente no adecuada	0	5	3	6	106
Medición	Fixture con dimensiones incorrectas	6	8	0	6	166
	Diseño de fixture no adecuado	10	8	0	7	213
	Falta de equipo de medición	5	3	0	4	102
Medio Ambiente	Presiones sonoras elevadas	4	5	1	3	109
	Generación de partículas de polvo	2	1	1	2	50
	Actividades en lugares incómodos	3	2	4	6	120
Método	Procedimientos no adecuado	4	3	4	5	131
	Métodos incorrectos	5	4	7	3	159

Fuente: (Elaboración propia)

Interpretación de la matriz causa-efecto

Línea de producción: En la Tabla 13, se logra identificar las causas que influyen en la mala calidad de subensambles del Rack, estas están directamente relacionadas con el tipo de diseño de Fixture no adecuado, material PTR no adecuado y el control de temperatura de la Máquina de Arco Eléctrico, son las causas principales para obtener subensambles defectuosos, ya que presentan los valores más altos de la matriz con 213, 212 y 200 respectivamente generando retrasos en la entrega a tiempo al cliente o completa de los Rack.

4.1.3.3 Graficos de control Xbarra & R de las dimensiones de escantilibres (Antes de la mejora)

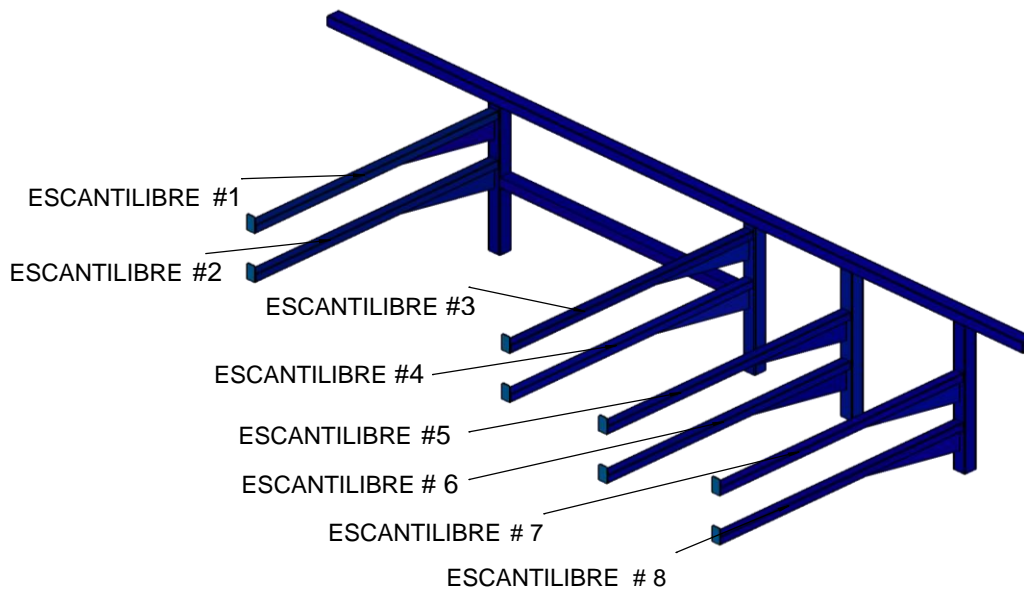


Figura 15. Subensamble de Escantilibre

Fuente: (Elaboración propia)

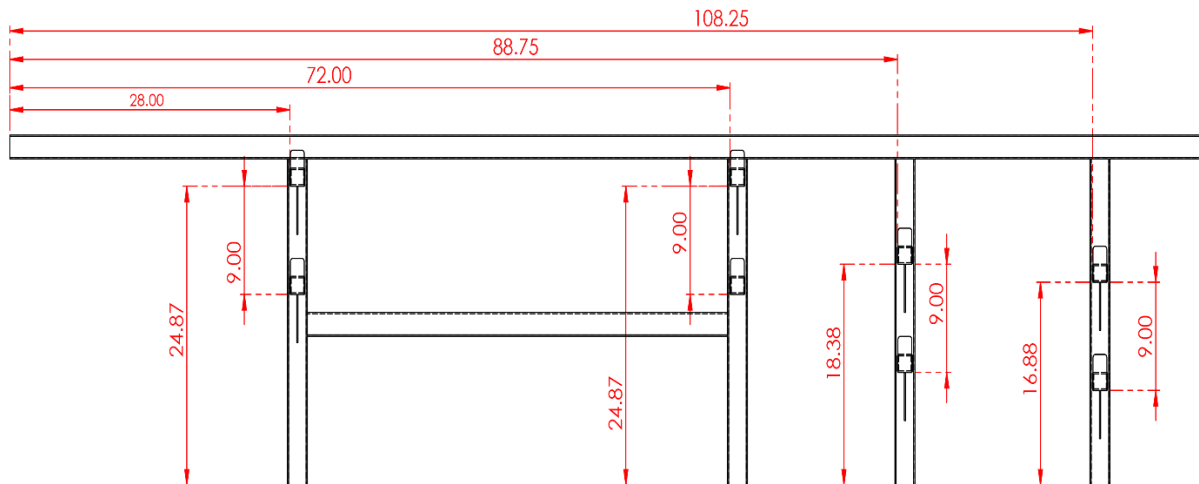


Figura 16. Plano de subensamble de Escantilibre

Fuente: (Elaboración propia)

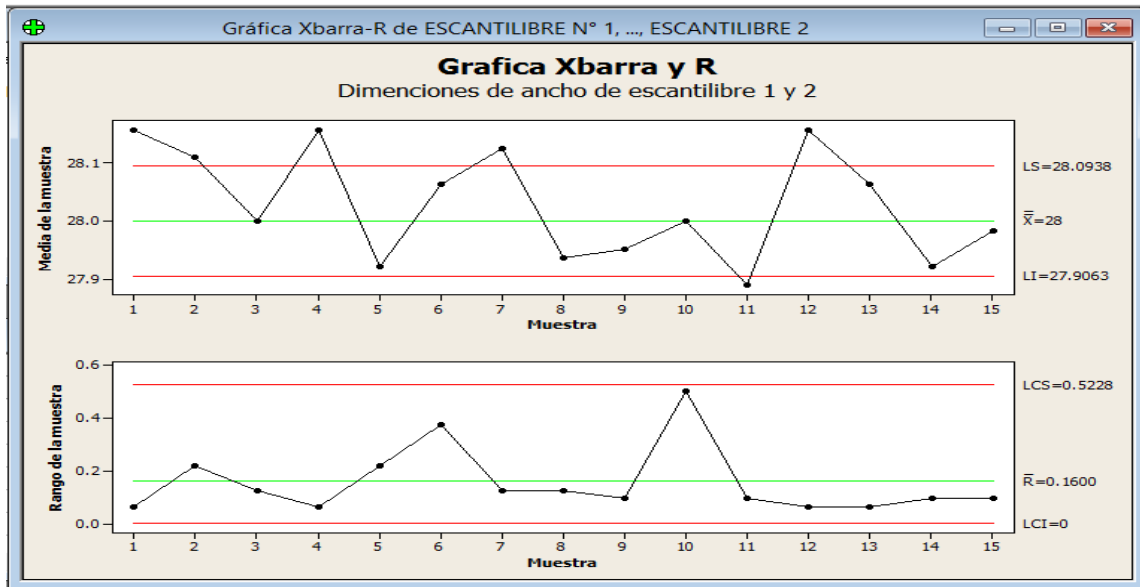


Figura 17. Dimensiones de ancho de Escantilibre 1 y 2

Fuente: (Elaboración propia)

Observando la figura 18, del gráfico de control Xbarra & R, se aprecia que de los 15 subgrupos el 1, 2, 4, 7, 12 presenta un valor que excede el límite de control superior, en este caso los Escantilibres están fuera de dimensiones ya que la distancia es de $28 \pm \frac{1}{32}$ Pulg. Lo cual nuestro proceso está fuera de las especificaciones del cliente. Mientras que en el gráfico de control R nos muestra que hay poca variabilidad del proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, están por debajo de las especificaciones del cliente, lo cual nuestro proceso no está controlado y hay que buscar una alternativa para controlar dicho proceso, las causas que originan estos defectos de las dimensiones de Escantilibres es debido a la intensa calor que recibe el metal al aplicar el método de soldadura y esto hace que se mueva la distancia entre los Escantilibres ya sea lado derecho o izquierdo y así abajo, dependiendo el método de aplicación de soldadura, por esta razón nuestro proceso está fuera de especificación debido a que la soldadura es una variable que no se puede controlar.

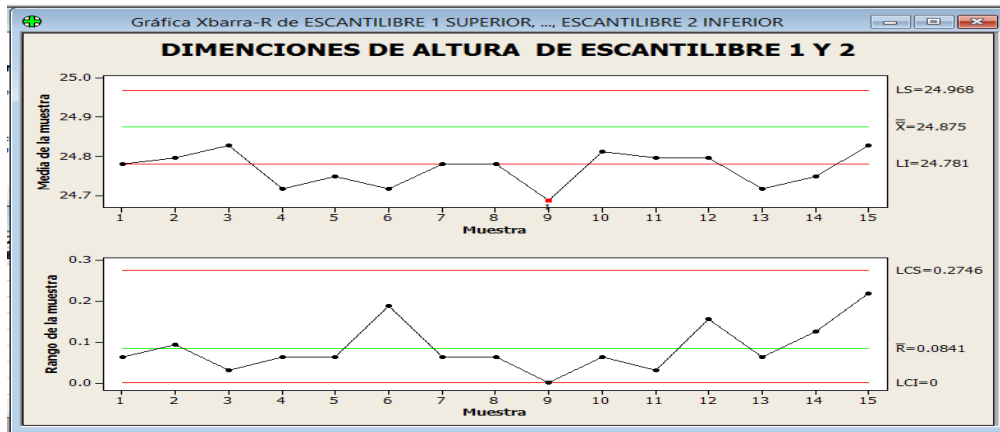


Figura 18. Dimensiones de altura de Escantilibre 1 y 2 Fuente: (Elaboración propia)

La figura 19, de la gráfica de control, muestra que los datos presentan una dispersión mínima en el proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, mientras que en el grafico Xbarra nos muestra que nuestro proceso está fuera de las especificaciones del cliente debido a que hay puntos fuera de los límites de control inferior. En este proceso se observa en el grafico Xbarra que todos los puntos están por debajo del promedio, esto quiere decir que los Escantilibres 1 y 2 no llegan a la altura de $24.\frac{7}{8}$ Pulg.

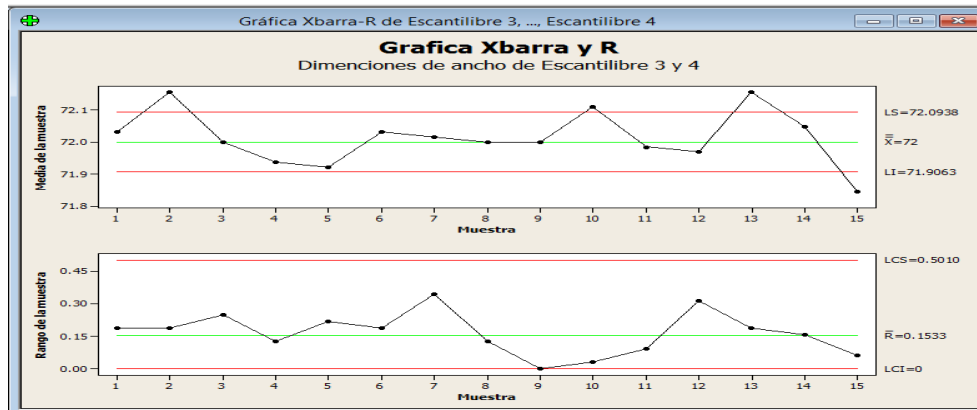


Figura 19. Dimensiones de ancho de Escantilibre 3 y 4 Fuente: (Elaboración propia)

En la Figura 20, se aprecia que los que de los 15 subgrupos el 2, 10, 13, 15 los puntos están fuera de los límites de control, sin embargo se puede observar que los Escantilibres están fuera de las especificaciones del cliente, mientras que en el gráfico de control R, nos muestra que hay poca dispersión del proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, ese criterio no es suficiente para asegurar que el proceso esté bajo control estadístico, sino que además se debe verificar las métricas DPMO se encuentren sobre los límites permisibles.

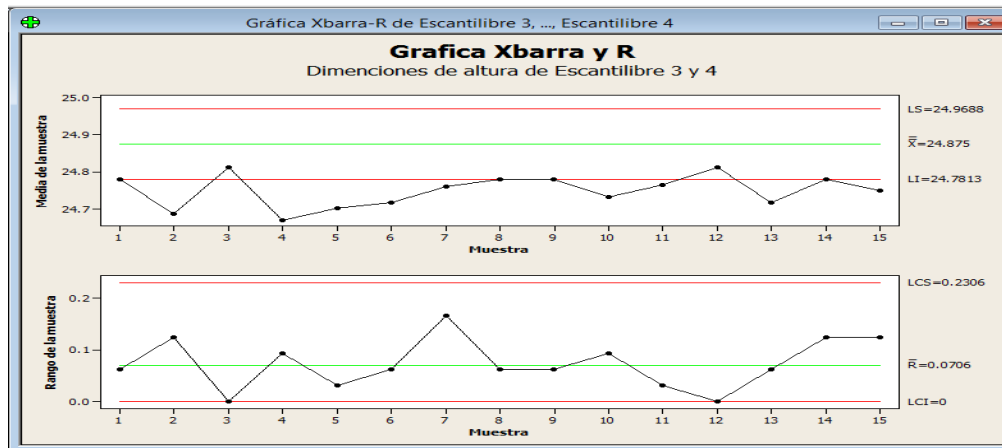


Figura 20. Dimensiones de altura de Escantilibre 3 y 4 Fuente: (Elaboración propia)

La gráfica de la Figura 21, muestra que los datos presentan una pequeña dispersión en la mayoría de los casos, exceptuando el subgrupo 3 y 12, en donde se observa que alcanza un pico muy elevado, aunque no está fuera de los límites de control de los rangos sigue siendo un criterio de decisión a investigar, mientras que en el gráfico Xbarra se observa que los escantillares no llegan a la altura de $24\frac{7}{8}$ Pulg, la mayoría de los subgrupos están por debajo del límite inferior.

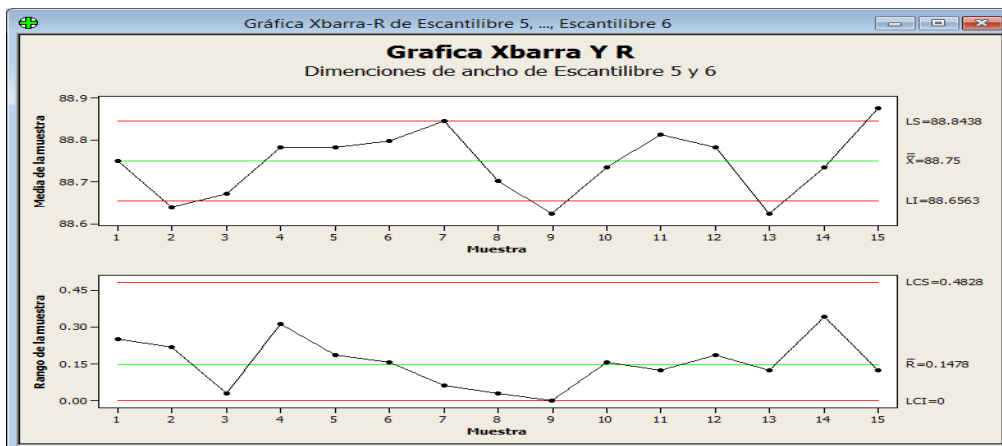


Figura 21. Dimensiones de ancho de Escantilibre 5 y 6 Fuente: (Elaboración propia)

En la Figura 22, se aprecia que el proceso está fuera de control debido que hay subgrupos que están fuera de los límites de control, aunque el gráfico R nos muestra que hay poca dispersión del proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, ese criterio no es suficiente para asegurar que el proceso esté bajo control estadístico, sino que además se debe verificar las métricas DPMO, pero en general se puede establecer que el proceso desde el punto de vista de los defectos no es satisfactorio.

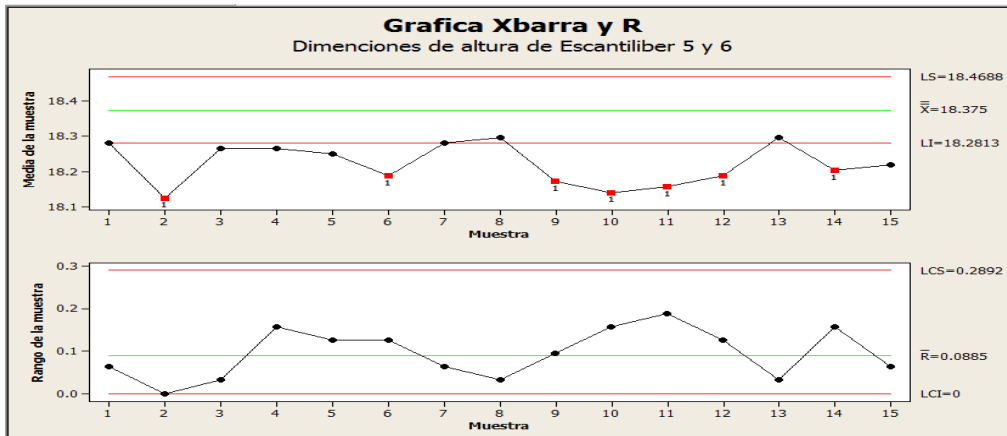


Figura 22. Dimensiones de altura de Escantilibre 5 y 6 Fuente: (Elaboración propia)

La Figura 23, muestra que los datos presentan una pequeña dispersión en la mayoría de los casos, exceptuando el subgrupo 2 que está en dirección del límite inferior, aunque no está fuera de los límites de control de los rangos sigue siendo un criterio de decisión a investigar, mientras que el gráfico Xbarra se observa que hay 5 puntos consecutivos por debajo del límite inferior, las causas que originan estos defectos es debido al ensamblaje de Escantilibre ya que al aplicar el método de soldadura la intensa calor mueve el metal o Escantilibre y lo posiciona en una distancia de altura incorrecta.

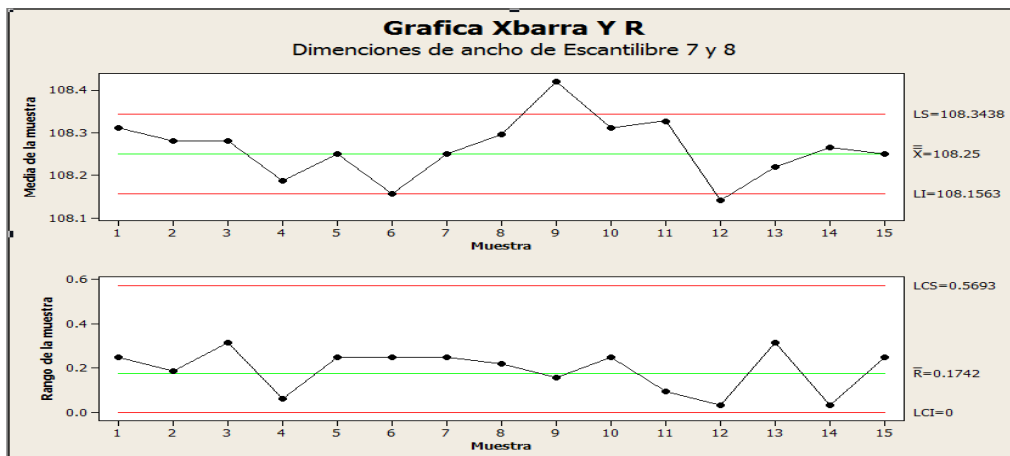


Figura 23. Dimensiones de ancho de Escantilibre 7 y 8 Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 24, observando el gráfico de control Xbarra & R, se aprecia que, de los 15 subgrupos el 9, 12, presenta un valor que excede el límite de control superior e inferior, en este caso los Escantilibres están fuera de dimensiones ya que la distancia es de $108\frac{1}{4}$ Pulg. Lo cual nuestro proceso está fuera de las especificaciones del cliente. Mientras que en el gráfico de control R nos muestra que hay poca variabilidad del proceso debido a que todos los puntos están cerca de límite central.

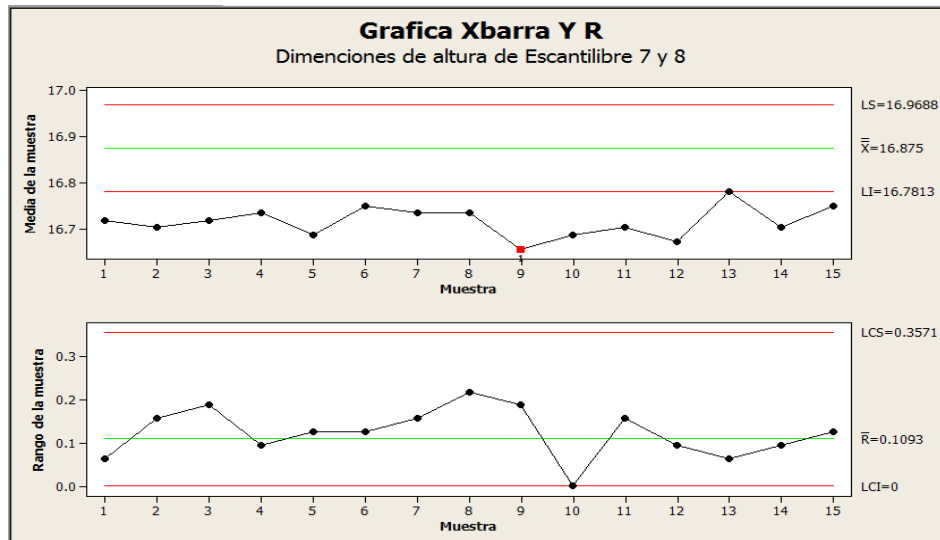


Figura 24. Dimensiones de altura de Escantilibre 7 y 8 Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 25, se observa el gráfico de control, muestra que los datos presentan una variabilidad mínima en el proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, excepto el subgrupo 10 que está en dirección del límite inferior, mientras que en el gráfico Xbarra nos muestra que nuestro proceso está fuera de las especificaciones del cliente debido a que todos los subgrupos están por debajo del límite de tolerancia interior, esto quiere decir que los escantillares no están a la altura de $16. \frac{25}{32}$ Pulg.

4.1.4. Etapa mejorar

En esta etapa se desarrollan propuestas e implementan soluciones que atiendan las causas raíz, es decir, asegurarse de reducir o corregir el problema. Anteriormente se analizó y verifico estadísticamente que las variables tienen relación con la baja calidad de los Rack, así que durante esta fase se pretende proponer e implementar y entregar soluciones al proceso, dichas propuestas de mejora deben ser aprobadas para asegurar que la propuesta de mejora sea viable.

El grupo de trabajo debe llevar a cabo una identificación detallada de las causas raíz de los problemas y como tender a elevar el desempeño de los procesos, para lo cual el equipo procederá a realizar una sesión de lluvia de ideas y análisis de soluciones como es la matriz de decisión teniendo como base la matriz de causa-efecto donde se identifica los factores potenciales que afectan la calidad de dimensiones del Rack.

4.1.4.1. Generación de alternativas de mejora

Para determinar las correctas alternativas de mejora se ha hecho indispensable el uso de técnicas que permitan comparar cada solución teniendo en cuenta dos conceptos indispensables de corto y largo plazo.

A corto plazo se entiende como el tiempo mínimo para que las fuentes de variación permanecen relativamente constante o controladas debido a que se considera ideal mantener constante la variación a corto plazo, mientras que a largo plazo es el tiempo necesario para realizar una mejor medida de la realidad, porque por lo general la variación a corto plazo en el tiempo no se mantiene. Debido a que representa la calidad que el cliente recibe realmente de la organización.

El equipo de trabajo está encaminado a obtener resultado a corto plazo de las variables del proceso corrigiéndolas y obteniendo una base objetiva para identificar cambios especiales en el proceso, para posteriormente realizar un plan de mejora. Todo esto se llevará a cabo por el equipo de trabajo teniendo en cuenta las limitaciones de la empresa ya que, al ser una mediana empresa, y no se encuentra en las condiciones de realizar grandes inversiones ya sea en herramientas y equipos tecnológicos o personal apropiado para su línea de producción.

4.1.4.2. Desarrollo de la propuesta

De acuerdo al estudio que se realizó en la empresa Diseños & Transformaciones S.A de C.V., se evaluó el nivel de DPMO de los ensamblados del Rack, se observó que las fallas están presentes en las dimensiones entre los Escantilibras, como se observa en la figuras 26, así era el método de cuadratura para cada uno de los Escantilibras que salían defectuosos, en este proceso intervenía mucho la mano de obra para cuadrar los Escantilibras y posicionarlos a la distancia con sus respectivas tolerancias que requería ingeniería para cumplir con los requisitos del cliente. En la figura 27, se observa el fixture que se implementó para controlar las dimensiones de los escantillares (ver anexo 5).

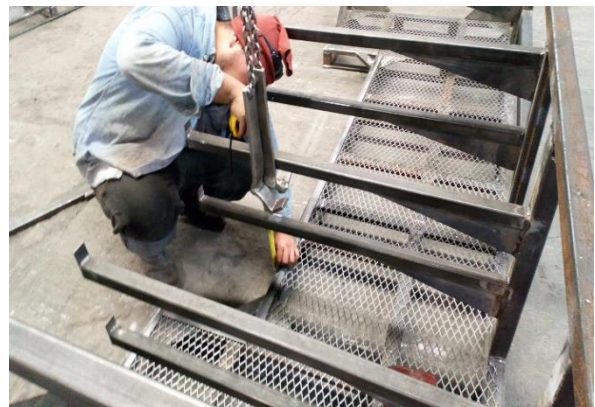


Figura 25. Método de cuadratura de los Escantilibras defectuosos

Fuente: (Elaboración propia)

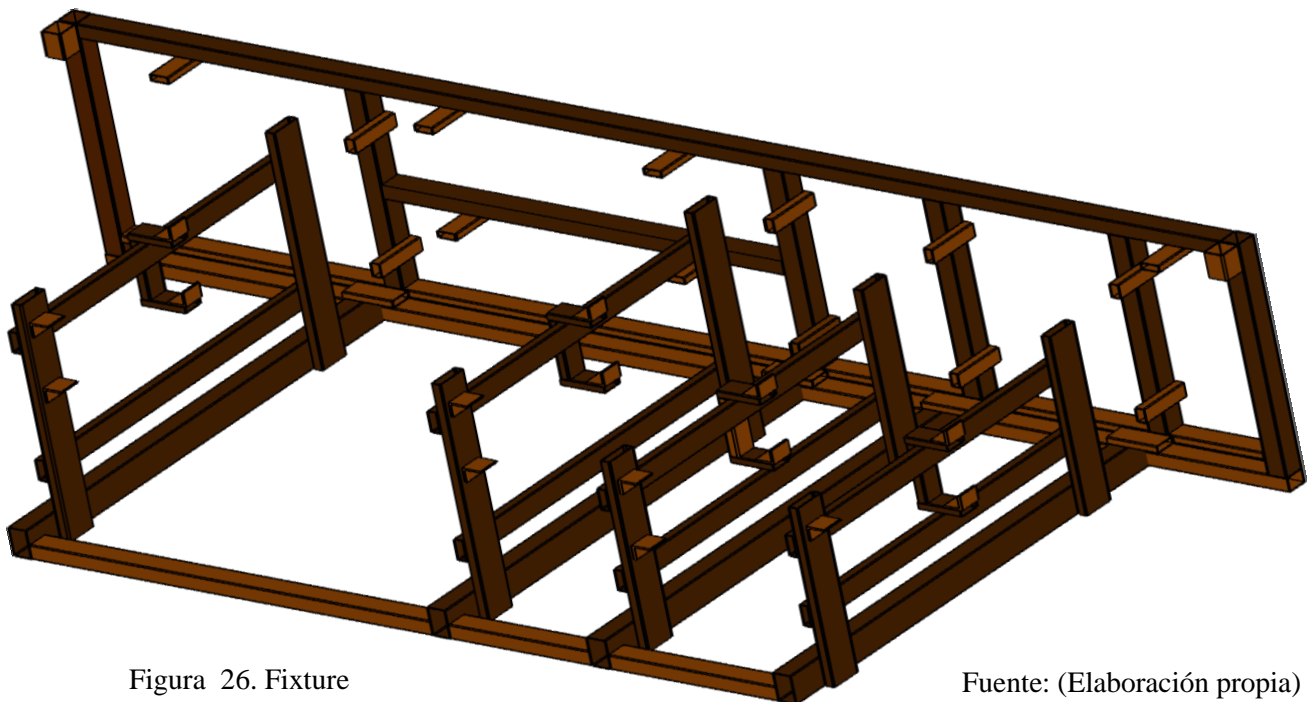


Figura 26. Fixture

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.5. Etapa controlar

En la etapa de controlar, se establecen controles estadísticos que permitan garantizar la mejora a corto y largo plazo, comprobar el sistema de medida, las causas de variación, medir el beneficio comparando el antes y después de la mejora, se deben también incluir planes de control, que aseguren a estas mejoras mantenerse en el tiempo límite especificado.

- La capacitación del método propuesto.
- La documentación correspondiente para toda persona que desee hacer el proceso, sin conocimiento previo (con su actualización correspondiente).
- Un plan de respuesta en caso de una falla del proceso.

Para cumplir con los anteriores objetivos se presentan a continuación las herramientas de:

- Lean Manufacturing
- Gráficos de control

4.1.5.1. Lean manufacturing

Se apoya el uso del Fixture con ayudas visuales, para su correcta colocación de los Escantilibres, además de ser este mismo fixture a prueba de error, Que mantiene las piezas en posición evitando que se muevan por la intensa calor al momento de aplicar la soldadura, con la implementación del fixture, el método fue colocar todos los Escantilibres en el fixture y después aplicar la soldadura de acuerdo al plano que proporcionaba el departamento de ingeniería y con las pruebas realizadas ver anexo 7, fue dejar por lo menos un minuto los Escantilibres sujetos en el fixture en lo que la soldadura se templaba y así fue como se pudo controlar las dimensiones de los subensambles de los Escantilibres como se muestra en la figura 28, (anexo 5).

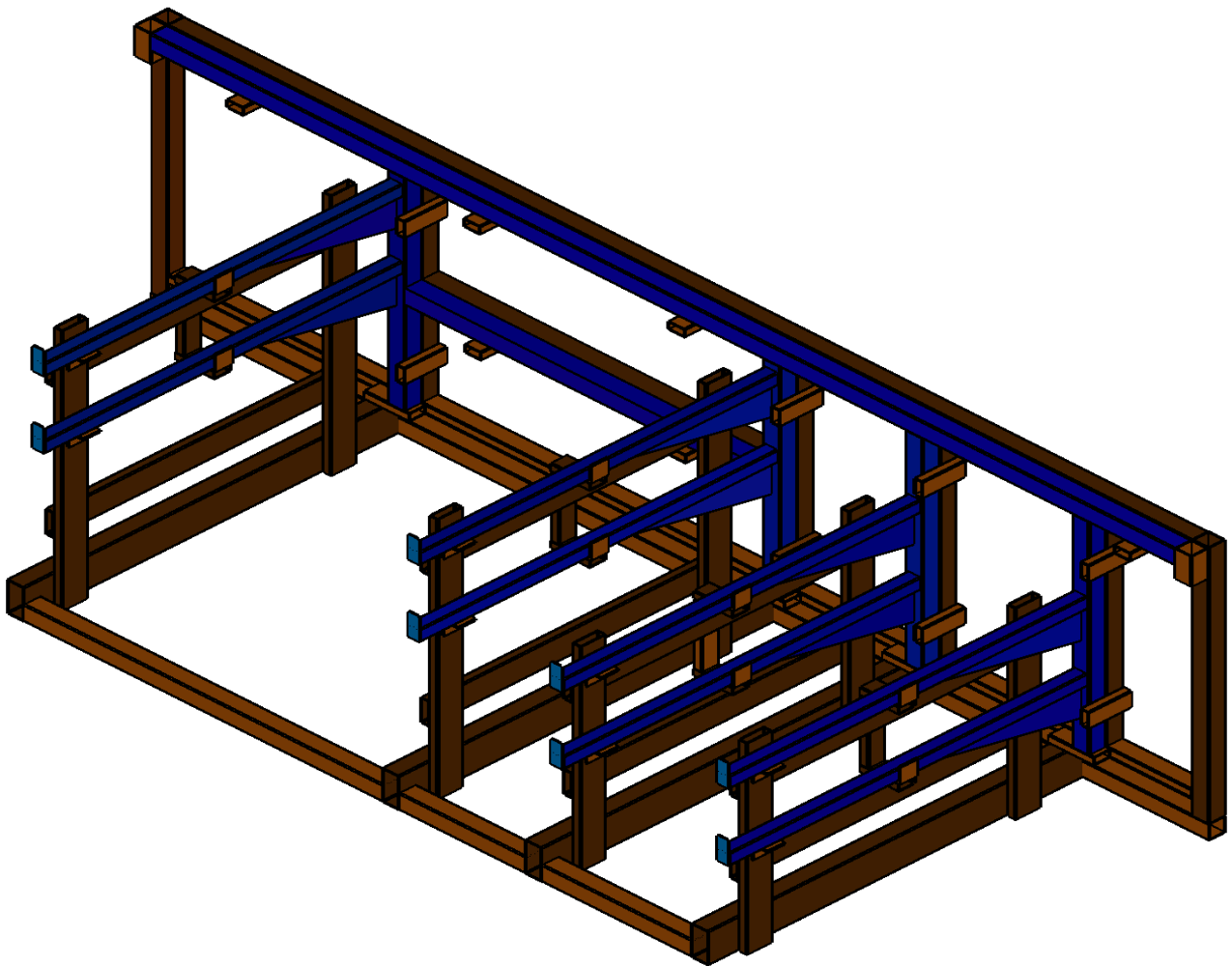


Figura 27. Fixture a prueba de error

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.5.2 Gráficos de control Xbarra & R de las dimensiones de escantilibres (Despues de la mejora)

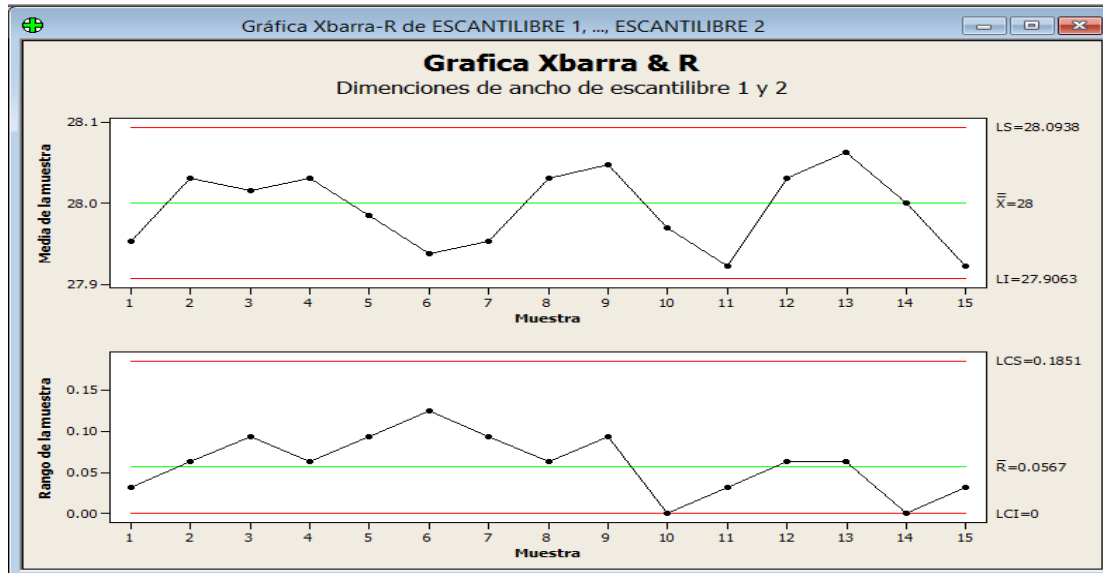


Figura 28. Dimensiones de ancho de Escantilibre 1 y 2

Fuente: (Elaboración propia)

Observando la figura 29, del gráfico de control Xbarra & R, se aprecia que de los 15 subgrupos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, en este caso el proceso de ensamblaje de los Escantilibre 1 y 2 se encuentra controlado. Mientras que en el gráfico de control R nos muestra que hay poca variabilidad del proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, están por debajo de las especificaciones del cliente, lo cual nuestro proceso está controlado.

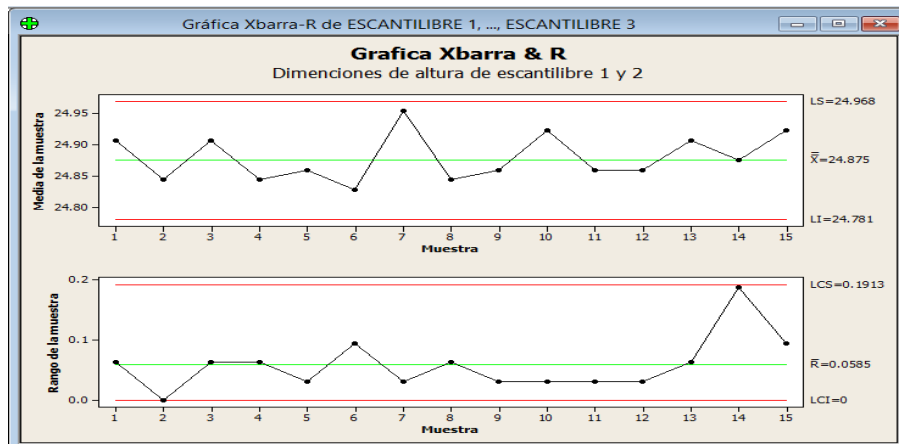


Figura 29. Dimensiones de altura de Escantilibre 1 y 2 Fuente: (Elaboración propia)

La figura 30, de la gráfica de control, muestra que los datos presentan una dispersión mínima en el proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, septe el subgrupo 14 en donde se observa que alcanza un pico muy elevado, aunque no está fuera de los límites de control de los rangos sigue siendo un criterio de decisión a investigar, mientras que el grafico Xbarra se observa que el proceso está controlado.

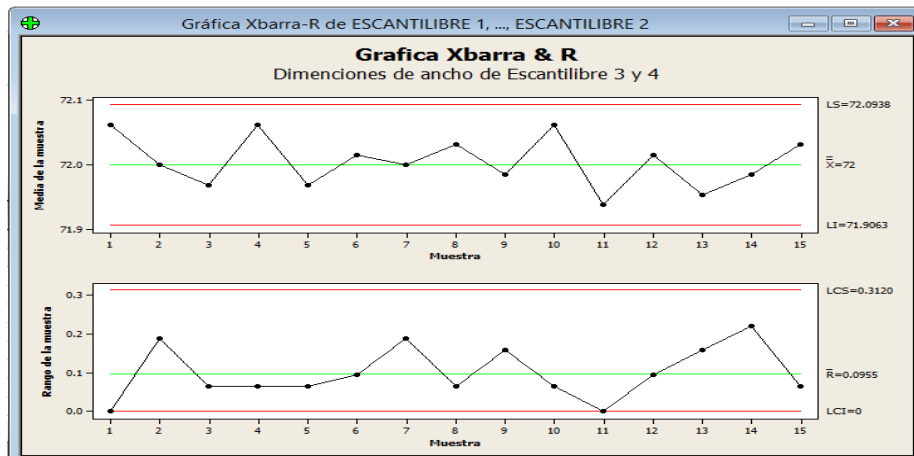


Figura 30. Dimensiones de ancho de Escantilibre 3 y 4 Fuente: (Elaboración propia)

En la Figura 31, se aprecia que los subgrupos están dentro de los límites de control, debido a que el proceso ya está controlado con la implementación del fixture, mientras que en el gráfico de control R, nos muestra que hay poca dispersión del proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, ese criterio es suficiente para asegurar que el proceso esté bajo control estadístico.

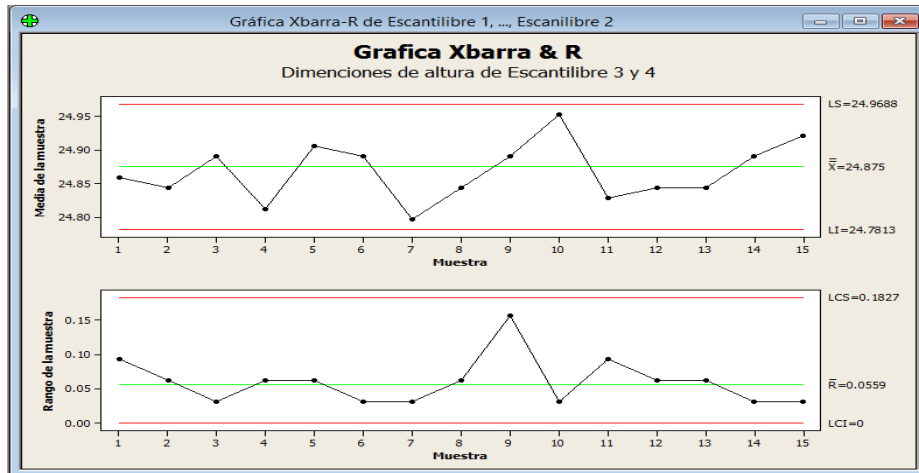


Figura 31. Dimensiones de altura de Escantilibre 3 y 4 Fuente: (Elaboración propia)

La gráfica de la Figura 32, muestra que los datos presentan una pequeña dispersión en la mayoría de los casos, excepto el subgrupo 9 del grafico Xbarra, en donde se observa que alcanza un pico muy elevado, aunque no está fuera de los límites de control sigue siendo un criterio de decisión a investigar.

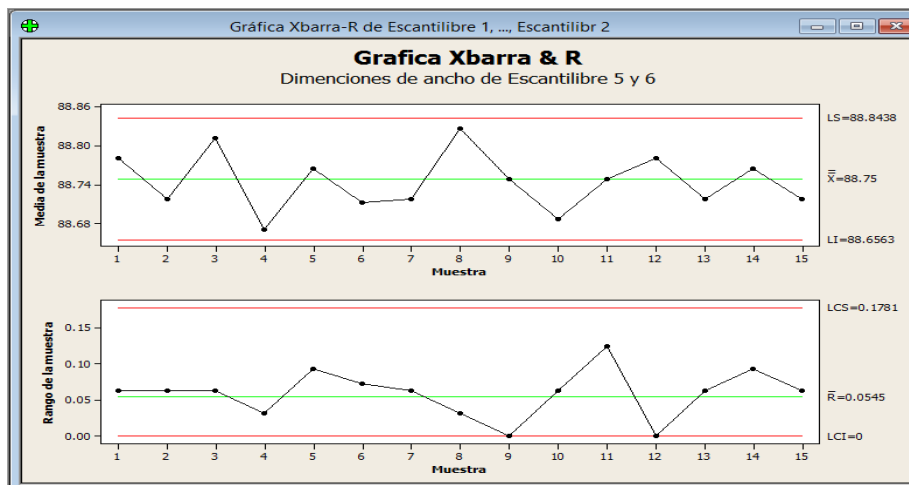


Figura 32. Dimensiones de ancho de Escantilibre 5 y 6 Fuente: (Elaboración propia)

En la Figura 33, se aprecia que el proceso está dentro de los límites control debido que no hay subgrupos que están fuera de los límites de control, aunque el grafico R nos muestra que hay poca dispersión del proceso debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos, ese criterio es suficiente para asegurar que el proceso esté bajo control estadístico. Pero en general se puede establecer que el proceso desde el punto de vista de los defectos es satisfactorio.

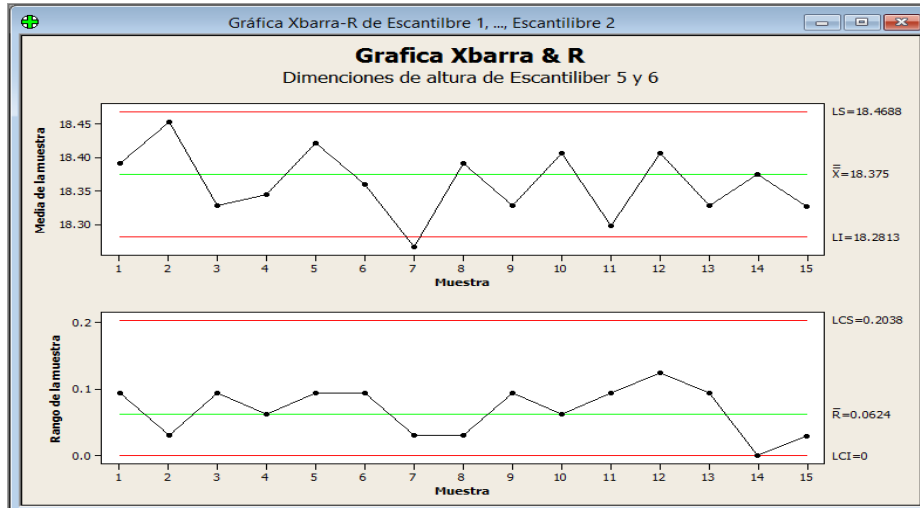


Figura 33. Dimensiones de altura de Escantilibre 5 y 6 Fuente: (Elaboración propia)

La Figura 34, muestra que el proceso está fuera de control debido a que hay un subgrupo 7, fuera de los límites de control, en donde se observa que alcanza un pico muy elevado y sigue siendo un criterio de decisión a investigar, mientras que en el gráfico R los datos muestran una variación controlada, debido a que no hay ningún punto fuera de las especificaciones de los rangos.

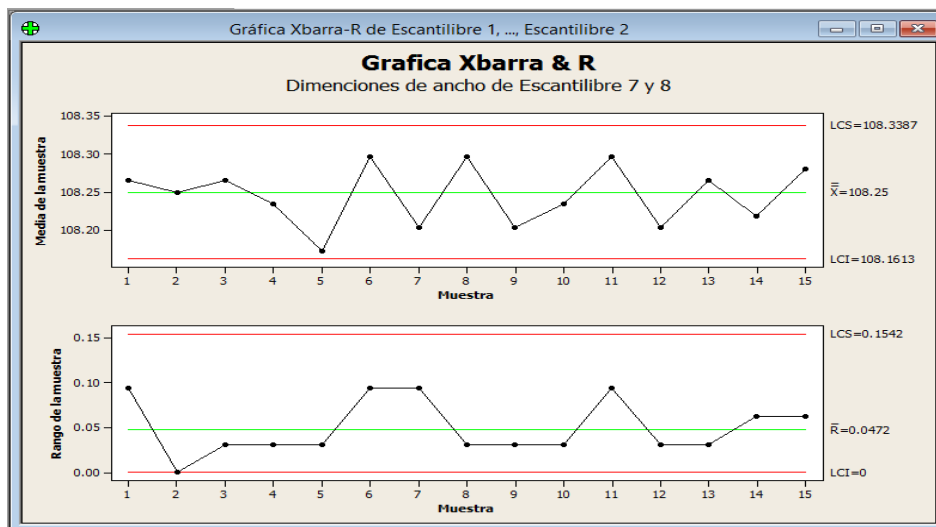


Figura 34. Dimensiones de ancho de Escantilibre 7 y 8 Fuente: (Elaboración propia)

La gráfica de la Figura 35, muestra que los datos presentan una pequeña dispersión en la mayoría de los subgrupos, excepto el subgrupo 5 del gráfico Xbarra, en donde se observa que alcanza un pico muy elevado, aunque no está fuera de los límites de control inferior sigue siendo un criterio de decisión a investigar las causas que lo originan.

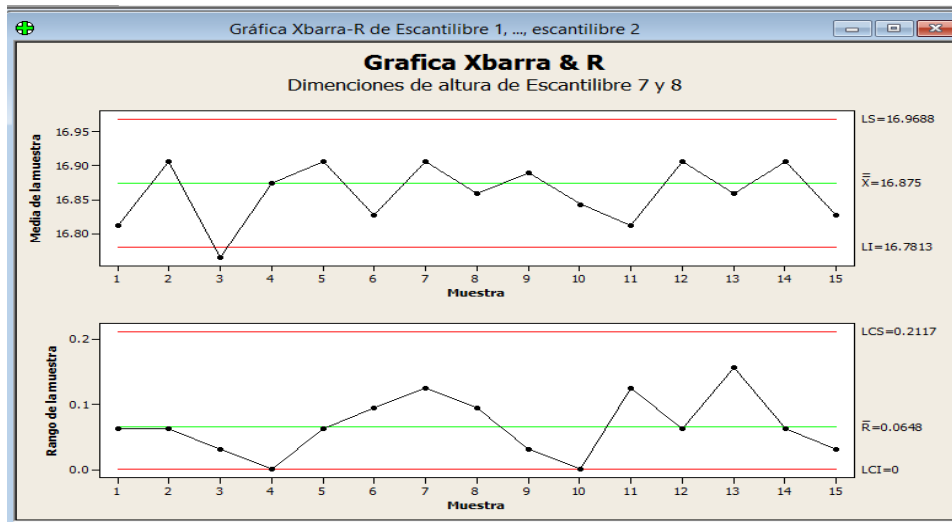


Figura 35. Dimensiones de altura de Escantilibre 7 y 8 Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 36, observando el gráfico de control Xbarra & R, se aprecia que, de los 15 subgrupos el 3, presenta un valor que excede el límite de control inferior, en este caso el Escantilibre están fuera de control debido a que la distancia de la altura es de $16.\frac{7}{8} \pm \frac{1}{32}$ Pulg. Lo cual nuestro proceso está fuera de las especificaciones del cliente. Mientras que en el gráfico de control R nos muestra que hay variabilidad del proceso debido a que hay dispersión de los puntos del límite central.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. Resultados del cálculo del nivel de calidad Six Sigma

De acuerdo a los resultados obtenidos de la muestra, en el anexo 6 se encuentra en detalle cada elemento inspeccionados y medidos para nuestro estudio, en la Tabla 14, se presenta el número de unidades producidas en el tiempo que se realiza la inspección en el área de producción después de la mejora, como también los defectos encontrados en cada una de ellas, se encuentra en detalle cada elemento inspeccionados y medidos para nuestro estudio.

Tabla 14. Resultados de la muestra para la identificación de los defectos

MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD			
	PROCESO	UNIDADES PRODUCIDAS	NUMERO DE OPORTUNIDADES
PIPE	Estructura de piso	2	3
	Lado frontal y posterior del Rack	3	3
	Lado izquierdo y derecho del Rack	2	3
	Escantilibre	2	4

Fuente: (Elaboración propia)

5.2. Resultados del cálculo de la métrica DPMO y la eficiencia Yield

De los datos obtenidos del primer proceso de la línea de producción correspondiente al armado de estructura de piso (ver anexo 6) se procede a realizar el cálculo respectivo:

Numero de defectos, unidades y oportunidades

Numero de defectos= 2

Unidades=15

Oportunidades de mejora=3

Métrica DPMO y Yield

Aplicando la ecuación 1 y 1.1:

$$DPMO = \frac{d}{U \times O} \times 1,000,000.00$$

$$Yield = \left(1 - \frac{d}{U \times O}\right) \times 100$$

$$DPMO = \frac{2}{15 \times 3} \times 1,000,000.00$$

$$Yield = \left(1 - \frac{2}{15 \times 3}\right) \times 100$$

$$DPMO = 44,444.44$$

$$Yield = 95.55 \%$$

5.3. Resultados de cálculo sigma a partir de la interpolación

La interpolación se obtiene a partir de datos obtenidos de la hoja de verificación del anexo 6, y el valor DPMO del proceso, de acuerdo a la tabla del anexo 4 indica un Yield para el subensamble de los Escantilibres.

Métrica sigma de Escantilibre

Los valores de los rangos en los que se encuentra Yield son:

$$X=95.55\%; \quad xa=94.52\%; \quad xb=93.32; \quad ya=3.1; \quad yb=3.0.$$

Aplicando la ecuación 1.6:

$$Y = ya + (X - xa) \frac{(yb - ya)}{(xb - xa)}$$


$$Y = 3.3 + (95. - 96.41) \frac{(3.1 - 3.3)}{(94.52 - 96.41)}$$

$$Y = 3.3 - 0.090$$

$$Y = 3.21$$

El valor sigma obtenido del proceso varía según el número de defectos obtenidos, por lo que, es necesario verificar el nivel sigma de cada proceso, como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Mediciones de nivel de calidad Sigma (Después de la mejora)

	CONTROL DE CALIDAD					
	REGISTRO DE MEDICIONES DEL NIVEL DE CALIDAD SIGMA			Proyecto/Nombre: <u>RA6094 / RACK – PIPE ASW</u> Cliente: <u>GENERAL MOTORS “GM”</u>		
Proceso	Número de unidades	Número de efectos	Numero de oportunidades	Total de oportunidades	DPMO	Nivel sigma
Armado de estructura	15	2	3	45	44,444.44	σ 3.21
Lado frontal/posterior del Rack	15	3	3	45	66,666.66	σ 3.00
Lado izquierdo/derecho del Rack	15	2	3	45	44,444.44	σ 3.21
Escantilibre	15	2	4	60	44,444.44	σ 3.21
Promedio total	15	2.25	3.25	48.75	49,999.99	σ 3.15
Elaborado por: <u>Roberto Santiago Salvador</u> Cargo: <u>Investigador</u>				Aprobado por : <u>Ing. Víctor Andrade Revolloso</u> Cargo: <u>Gerente de Ingeniería</u>		

Fuente: (Elaboración propia)

5.4. Resultados del nivel sigma

El nivel de calidad sigma indica el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que el producto sea conforme, se indica a continuación en la tabla 16 y 17.

Tabla 16. Resumen del nivel de calidad sigma (Antes de la mejora)

Proceso	Nivel sigma	Rendimiento
Armado de estructura	σ 3.00	93.33 %
Lado frontal / posterior del Rack	σ 3.00	93.33 %
Lado izquierdo/ derecho del Rack	σ 3.20	95.55 %
Escantilibre	σ 0.97	30.00 %
Promedio Total	σ 2.54	78.05 %

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 17. Resumen del nivel de calidad sigma (Después de la mejora)

Proceso	Nivel sigma	Rendimiento
Armado de estructura	σ 3.21	95.55 %
Lado frontal / posterior del Rack	σ 3.00	93.33 %
Lado izquierdo/ derecho del Rack	σ 3.21	95.55 %
Escantilibre	σ 3.21	95.55 %
Promedio Total	σ 3.15	94.99 %

Fuente: (Elaboración propia)

En la Tabla 17, se muestra el nivel de calidad sigma y su rendimiento. Como se observa el nivel sigma fluctúan entre 3.00σ y 3.21σ entre procesos, por otra parte, toda la línea de producción alcanza un nivel sigma de 3.15σ , y un rendimiento global de 94.99%.

De acuerdo a los valores sigma obtenido de los procesos lo cual indican valores eficientes según Gutiérrez Pulido en su libro “Calidad total y productividad”, por lo tanto, los defectos que estuvieron afectando antes de la mejora como se muestra en la figura 16, en las dimensiones de Escantilibres su nivel sigma fue de 0.97σ , y su rendimiento fue de 30.00%. Con la implementación de fixture (anexo 5) se obtuvieron nuevo resultados como se muestra en la hoja de verificación del anexo 7, y nuestro proceso está bajo control estadístico como se observan en las figuras 28 a la 35, de los gráficos de control, con la implementación de la mejora el nivel sigma de los Escantilibres es de 3.21σ , y su rendimiento es de 95.55%.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio inicial realizado en la empresa Diseños & Transformaciones S.A de C.V. En referencia al área de producción de Rack, esto dejó en evidencia la existencia de problemas que están generando desperdicios y reprocesos en las dimensiones de cuadraturas de cada uno de los Escantilibres, el registro de medición de calidad indicó que el mayor número de productos no conformes es generado en el área de ensamblaje de los Escantilibres, al poseer una gran cantidad de defectos. Esto indica que los procesos presentan problemas, por lo tanto, permite efectuar un estudio de calidad en base al nivel sigma de cada proceso, con esto se logrará conocer si están dentro del nivel de calidad aceptable.

En base el estudio estadístico de producción de Rack se identificó cuarenta y dos fallas en las dimensiones de los Escantilibres, y su nivel de calidad sigma fue de 0.97σ que representa un rendimiento del 30,00%, el cual indica un nivel de calidad muy bajo. Por tal motivo se presenta la necesidad de aplicar una metodología para controlar y mejorar la variabilidad de las dimensiones de Escantilibres.

Según los resultados encontrados del estudio final, se procedió a la implementación de un Fixture para la disminución de la cantidad de producto no conforme y mejora del nivel de calidad sigma aplicando la metodología DMAIC de Seis Sigma para la optimización de procesos, que mediante el uso de herramientas de calidad se pudo controlar los defectos que estaban afectando las dimensiones de los Escantilibres. Con la implementación de fixture del anexo 5, se obtuvieron nuevos resultados como se muestra en la hoja de verificación del anexo 7, y nuestro proceso está bajo control estadístico como se observan en las figuras 29 a la 36 de los gráficos de control Xbarra y R, con la implementación de la mejora el nivel sigma de los Escantilibres es de 3.21σ , y su rendimiento es de 95.55%.

Las gráficas de control estadístico "Xbarra y R", se aprecia que los procesos de las dimensiones de los Escantilibres se encuentran bajo control estadístico, debido a que las muestras están con valores dentro de los límites de aceptación, por lo que, se considera que es un proceso estable de cumplir con los requerimientos del cliente.

Bibliografía

- (s.f.).9001, I. (2008). *Sistemas de gestión de la calidad*.
- Aguirre, A. (2010). *Aplicación de metodología Seis Sigma para mejorar la capacidad de proceso de la variable nivelación vertical en la aplicación de pintura (fondos) de una ensambladora de vehículos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Arce, J. L. (2017). *“Planeamiento Estratégico de la Industria de Carrocería Metálica,”*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Boarin, S., Monteiro , M., & Lee, L. (2013). *Peograma seis sigma*. SciELO, vol. 9.
- Carro, R. G. (2010). *“Control estadístico de procesos,” in Administración de las Operaciones* (11 ed.). Ed. Argentina: McGraw-Hill,.
- Carro, r., & Gonzalez, D. (2010). *Control Estadístico de Procesos*. Argentina: 11 Ediccion .
- Carvajal, G. V. (2017). *“Mejora de procesos,” in Gestión por procesos* (Primera ed ed.). (Manta, Ed.) MAR ABIERTO.
- Castillo, B., Leando, & Jessica. (2013). *Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma. (Tesis de licenciatura)*. Universidad Catolica de Peru, Peru.
- De la vara S, R., & Gutierrez P, H. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Mexico: (2da edicion) .
- Esdras, J. (2014). *“Metalicas Pillapa,”*. *Wix.com*. Obtenido de <http://metalicaspillapa.wixsite.com/metalicas-pillapa>.
- Giorgio, C. (2015). *“Aplicación de la Metodología Six Sigma para la Identificación y Propuesta de Mejoras en el Área de Producción en la Empresa Rabe S.a. Industria Plástica”*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil,.
- Giorgio, C. (2015). *“Aplicación de la Metodología Six Sigma para la Identificación y Propuesta de Mejoras en el Área de Producción en la Empresa Rabe S.a. Industria Plástica”*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

- Hidalgo, M. (2013). “*Aplicación de la metodología Seis Sigma en la empresa industrias MUSHEE S.A.*,”. Pontificia Universidad Católica del Ecuador,.
- J, A., & E, P. (2007). "Planeamiento Estrategico de la Industria de Carroceria Metalica". (*Tesis de Licenciatura*). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, Peru.
- Lloyd's, R. (2016). *Revisión de la norma de calidad automotriz ISO/TS 16949:2009 a la norma IATF 16949:2016*. Obtenido de www.Irqamexico.com/certificaciones/norma-iatf-16949-2016/.
- Oltra Á., S. V. (2016). “Qué es Seis Sigma, barreras y claves de funcionamiento en las PYMES,”. *3C Technol.*, 5, 13–24.
- Pellegero, X. (2015). “Aplicación de la metodología ‘DMAIC’ en la resolución de problemas de calidad,”. *UNiversitat de Vic*.
- Peréz, J. (2010). “*Que es un proceso. Limites, elementos y factores de un proceso,*” in *Gerstion por Procesos*, (4 Edición ed.). Madrid : ESIC EDITORIAL.
- Pérez, L. (2016). “*Uso de la metodología Lean Six Sigma para el área operativa del taller tecnicentro JG ubicado en la ciudad de Guayaquil,*,”. Universidad Internacional del Ecuador.
- Productividad, M. d. (5 de febrero de 2017). “El Ministerio de Industrias y Productividad trabaja de manera permanente por el fortalecimiento de la industria nacional,”. doi:<https://www.industrias.gob.ec/centro-de-fomento-metalmeccanico-y-carroceroen-ambato-beneficiara-a-60-empresas-nacionales/>.
- Pulido G. and Salazar, R. d. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (Segunda ed ed.). México.
- Sánchez C. and Duquay, A. (2009). “Impacto de las averías e interrupciones en los procesos. un análisis de la variabilidad en los procesos de producción,”. *SciELO*, 8(0124-1087), 92–114.
- Sánchez, M. (2009). *Calidad Total*. Madrid, : Segunda Ed.

- Santos , M., & Leonor , A. (2009). Diseño para la Implementacion de la Metodologia Seis Sigma en una Linea de Produccion de Queso Fresco. (*Tesis de Lisenciatura*). Escuela Superior Politecnica del Litoral,, ecuador.
- Serrato, J. C. (2017). “Desarrollo de un modelo de dinámica de sistemas basado en la metodología Six Sigma,”. *Scopus*, 37(0120-5609), p. 80.
- Sica, D. S. (2012.). “*El futuro del sector automotriz en el mundo,*”. Buenos Aires,.
- Valbuena, S. (2018). “Implementan realidad virtual y aumentada para enseñar medicina en Colombia,”. *NCNRadio*. doi:<https://www.rcnradio.com/tecnologia/implementan-realidad-virtual-yaumentada-para-ensenar-medicina-en-colombia>.
- Valdivia, C. (2013). “*Diagnóstico y Propuestas de Mejora de Procesos empleando la Metodología Six-Sigma para una Fábrica de Mantenimiento y Reposición de Mobiliario para Supermercados y Tiendas Comerciales,*” . Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXO 1

FORMATO DE PREGUNTAS PLANTEADAS AL GERENTE PROPIETARIO DE LA EMPRESA D Y T.

1. ¿En qué año fue fundada la empresa Diseños y Transformaciones SA de SV?

2. ¿A qué se dedicaba especialmente?

3. ¿Quiénes son sus principales proveedores?

4. ¿Actualmente que productos fabrica?

5. ¿Organigrama de la empresa?

6. ¿Misión de la empresa?

7. ¿Visión de la empresa?

8. ¿Para la empresa que es la calidad?

9. ¿Qué tipo de normativa de calidad posee la empresa actualmente?

10. ¿Se ha implementado alguna herramienta o sistema de gestión de la calidad?

11. ¿Ha recibido algún tipo de capacitación en control de calidad?

12. ¿Qué capacidad de producción tiene la empresa?

13. ¿Existen planes de producción diaria para la elaboración del producto que fabrica la empresa?

14. ¿Cumple con el plan de producción diario?

15. ¿La empresa cumple con las expectativas del cliente?

16. ¿Emplea algún programa de innovación o mejora continua en su empresa?

17. ¿Existen programas de capacitación interna a los trabajadores respecto a la calidad?

18. ¿Capacitan a su personal para llevar acabo sus labores?

19. ¿Ha recibido reclamos por parte de sus proveedores por productos defectuosos?

20. ¿La empresa ha implementado un sistema de control de fallas?

21. ¿Las entregas de productos por lote se hacen a tiempo?

ANEXO 2



INSPECCIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN

DISEÑOS Y TRANSFORMACIONES SA DE CV

Proyecto/Nombre: RA6094 / RACK – PIPE ASW – BRK & FUEL FEED & EVAP EMIS

Cliente: GENERAL MOTORS "GM"

Turno: DIURNO

Área: PRODUCCION

No. Línea: LINEA 3

Inspector: ROBERTO SANTIAGO SALVADOR

Fecha: 04 DE OCTUBRE DEL 2019

MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCION

Defectos (Partes a revisar)

N° de Rack	Estructura de piso			Lado frontal y posterior del Rack			Lado izquierdo / derecho del rack			Ensamblajes de Escantilibre del Rack				Disposición			Total de defectos
	Defectos de cordón de soldadura	Defectos de dimensiones de ensamblajes	Defectos de dimensiones de cuadratura	Defectos de Cordón de soldadura	Defectos de dimensiones de ensamblajes	Defectos de dimensiones de cuadratura fuera de especificación	Defectos de Cordón de soldadura	Defectos de dimensiones de ensamblajes	Defectos de dimensiones de cuadratura fuera de especificación	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 1 Y 2"	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 3 Y 4"	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 5 Y 6"	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 7 Y 8"	Usar como esta	Reprocesar	Rechazar	
1	1									1			1		X		3
2											2	2			X		4
3										1		1	1		X		3
4		1				1			1			1	1		X		5
5										1	1	1			X		3
6										1	1		2		X		4
7										1	1	1	1		X		4
8				1									1	OK			2
9										1			2		X		3
10											2	1			X		3
11							1			1	1		1		X		4
12	1											1	2		X		4
13										1		1			X		2
14					1					1			1		X		3
15											2		1		X		3
Total de defectos	3			3			2			42							50

OBSERVACIONES:



ANEXO 3

INSPECCIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN

DISEÑOS Y TRANSFORMACIONES SA DE CV

Proyecto/Nombre: RA6094 / RACK - PIPE ASW - BRK & FUEL FEED & EVAP EMISCliente: GENERAL MOTORS "GM"Turno: DIURNOÁrea: PRODUCCIONNo. Línea: LÍNEA 3Inspector: ROBERTO SANTIAGO SALVADORFecha: 07 DE OCTUBRE DEL 2019

HORA INSPECCION	No. RACK	ESCANTILIBRE No. 1 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 2 "INFERIOR"		ESCANTILIBRE No. 3 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 4 "INFERIOR"		PRODUCTO NO CONFORME DEBIDO A:
		ITEM # 1 "28.00"	ITEM # 2 "24. 7/8"	ITEM # 3 "28.00"	ITEM # 4 "15. 7/8"	ITEM # 5 " 72.00"	ITEM # 6 "24. 7/8"	ITEM # 7 " 72.00"	ITEM # 8 "15. 7/8"	
1	2	28 3/16	24 13/16	28 1/8	15 3/4	72 1/8	24 3/4	71 15/16	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
2	4	28 7/32	24 3/4	28	15 27/32	72 1/4	24 5/8	72 1/16	15 3/4	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
3	6	27 15/16	24 27/32	28 1/16	15 13/16	71 7/8	24 13/16	72 1/8	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
4	8	28 1/8	24 11/16	28 3/16	15 3/4	72	24 23/32	71 7/8	15 5/8	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
5	10	28 1/32	24 25/32	27 13/16	15 23/32	71 13/16	24 11/16	72 1/32	15 23/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
6	12	28 1/4	24 5/8	27 7/8	15 13/16	71 15/16	24 3/4	72 1/8	15 11/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
7	14	28 3/16	24 13/16	28 1/16	15 3/4	72 3/16	24 21/31	71 27/32	15 27/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
8	16	27 7/8	24 3/4	28	15 13/16	72 1/16	24 13/16	71 15/16	15 3/4	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
9	18	28	24 11/16	27 29/32	15 11/16	72	24 3/4	72	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
10	20	27 3/4	24 27/32	28 1/4	15 25/32	72 3/32	24 25/32	72 1/8	15 11/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
11	22	27 15/16	24 25/32	27 27/32	15 13/16	71 15/16	24 3/4	72 1/32	15 25/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
12	24	28 1/8	24 7/8	28 3/16	15 23/32	72 1/8	24 13/16	71 13/16	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
13	26	28 1/32	24 11/16	28 3/32	15 3/4	72 1/4	24 11/16	72 1/16	15 3/4	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
14	28	27 31/32	24 13/16	27 7/8	15 11/16	71 31/32	24 23/32	72 1/8	15 27/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
15	30	27 15/16	24 23/32	28 1/32	15 15/16	71 13/16	24 13/16	71 7/8	15 11/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
UNIDADES ACEPTADAS				UNIDADES RECHAZADAS				TOLERANCIA	± 3/32	

OBSERVACIONES: _____



INSPECCIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN

DISEÑOS Y TRANSFORMACIONES SA DE CV

Proyecto/Nombre: RA6094 / RACK - PIPE ASW - BRK & FUEL FEED & EVAP EMIS

Ciente: GENERAL MOTORS "GM"

Turno: DIURNO

Área: PRODUCCION

No. Línea: LINEA 3

Inspector: ROBERTO SANTIAGO SALVADOR

Fecha: 07 DE OCTUBRE DEL 2019

No. RACK	ESCANTILIBRE No. 5 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 6 "INFERIOR"		ESCANTILIBRE No. 7 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 8 "INFERIOR"		PROMEDIO	PRODUCTO NO CONFORME DEBIDO A:	
	ITEM # 9 "88. 3/4"	ITEM # 10 "18. 3/8"	ITEM # 11 "88. 3/4"	ITEM # 12 "9. 3/8"	ITEM # 13 "108. 1/4"	ITEM # 14 "16. 7/8"	ITEM # 15 "108. 1/4"	ITEM # 16 "7. 7/8"	ITEM # 17 "9.00"		
1	2	88 5/8	18 5/16	88 7/8	9 1/4	108 7/16	16 11/16	108 3/16	7 3/4	9	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
2	4	88 3/4	18 1/8	88 17/32	9 1/8	108 3/16	16 25/32	108 3/8	7 5/8	8 63/64	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
3	6	88 11/16	18 1/4	88 21/32	9 9/32	108 1/8	16 5/8	108 7/16	7 13/16	8 61/64	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
4	8	88 15/16	18 11/32	88 5/8	9 3/16	108 7/32	16 11/16	108 5/32	7 25/32	8 3/128	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
5	10	88 7/8	18 3/16	88 11/16	9 5/16	108 3/8	16 3/4	108 1/8	7 5/8	8 1/128	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
6	12	88 23/32	18 1/4	88 7/8	9 1/8	108 1/32	16 13/16	108 9/32	7 11/16	9 1/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
7	14	88 7/8	18 5/16	88 13/16	9 1/4	108 1/8	16 21/32	108 3/8	7 13/16	8 943/992	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
8	16	88 11/16	18 9/32	88 23/32	9 5/16	108 13/32	16 5/8	108 3/16	7 27/32	8 15/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
9	18	88 5/8	18 1/8	88 5/8	9 7/32	108 1/2	16 9/16	108 11/32	7 3/4	8 117/128	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
10	20	88 21/32	18 7/32	88 13/16	9 1/16	108 3/16	16 11/16	108 7/16	7 11/16	8 5/64	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
11	22	88 3/4	18 1/16	88 7/8	9 1/4	108 3/8	16 25/32	108 9/32	7 5/8	8 125/128	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
12	24	88 7/8	18 1/4	88 11/16	9 1/8	108 5/32	16 5/8	108 1/8	7 23/32	9 3/64	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
13	26	88 11/16	18 5/16	88 9/16	9 9/32	108 1/16	16 3/4	108 3/8	7 13/16	8 123/128	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
14	28	88 9/16	18 9/32	88 29/32	9 1/8	108 9/32	16 21/32	108 1/4	7 3/4	9 1/64	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
15	30	88 15/16	18 3/16	88 13/16	9 1/4	108 1/8	16 13/16	108 3/8	7 11/16	8 127/128	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
		UNIDADES ACEPTADAS				UNIDADES RECHAZADAS		TOLERANCIA		± 3/32	

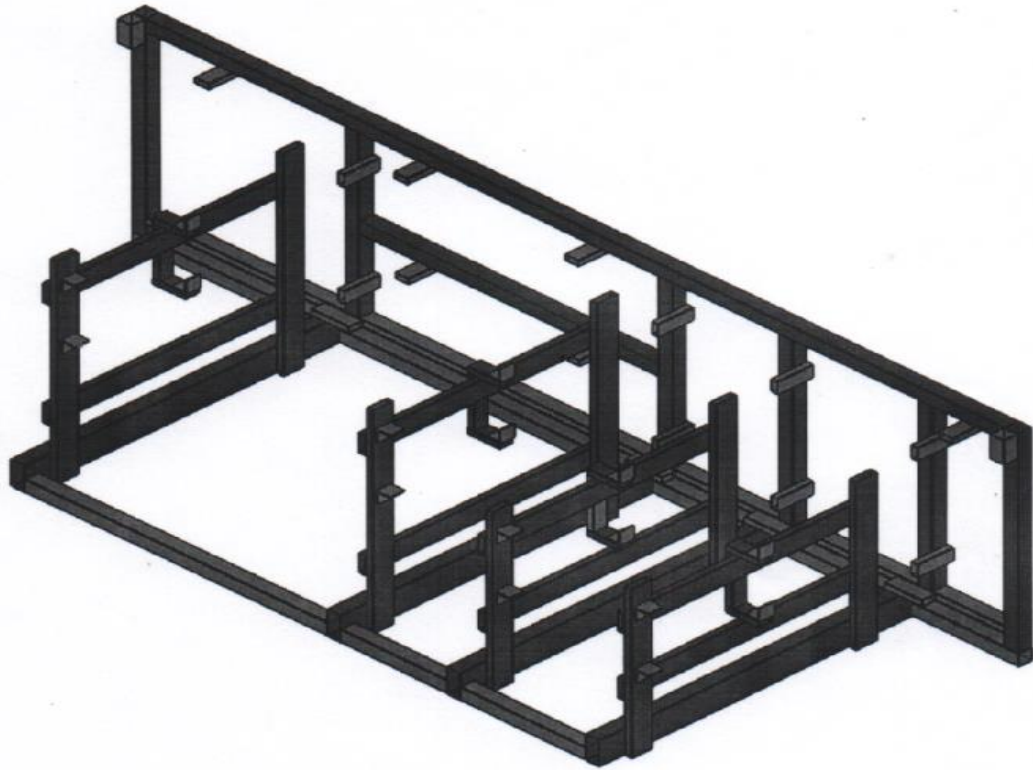
OBSERVACIONES: _____

ANEXO 4

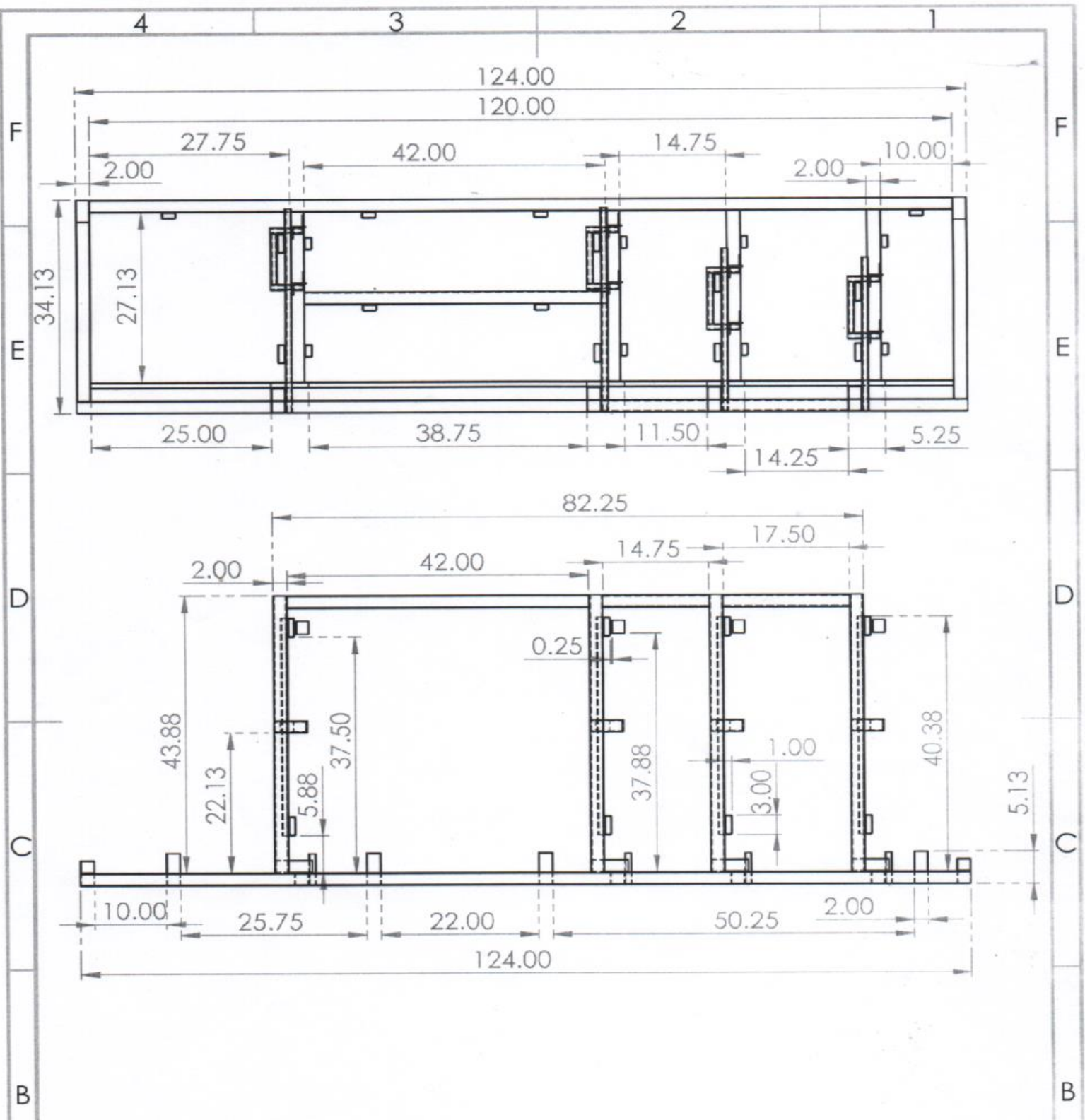
Abridged Process Sigma Conversion Table

<i>Long-Term Yield</i>	<i>Process Sigma</i>	<i>Defects Per 1,000,000</i>	<i>Defects Per 100,000</i>	<i>Defects Per 10,000</i>	<i>Defects Per 1,000</i>	<i>Defects Per 100</i>
99.99966%	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.9995%	5.9	5	0.5	0.05	0.005	0.0005
99.9992%	5.8	8	0.8	0.08	0.008	0.0008
99.9990%	5.7	10	1	0.1	0.01	0.001
99.9980%	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.9970%	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.9960%	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.9930%	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.9900%	5.2	100	10	1.0	0.1	0.01
99.9850%	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.9770%	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.9670%	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.9520%	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.9302%	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.9040%	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.8650%	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.8140%	4.4	1,860	186	18.6	1.86	0.186
99.7450%	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.6540%	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.5340%	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.3790%	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.1810%	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.930%	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.610%	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.220%	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.730%	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.130%	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.410%	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.540%	3.2	44,600	4,460	446	44.6	4.46
94.520%	3.1	54,800	5,480	548	54.8	5.48
93.320%	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.920%	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.320%	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.50%	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.50%	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.20%	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.60%	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.80%	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.80%	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.60%	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.20%	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.60%	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.80%	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58.00%	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54.00%	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50%	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46%	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43%	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39%	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35%	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31%	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28%	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25%	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22%	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19%	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16%	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14%	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12%	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10%	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8%	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

ANEXO 5



Acotaciones:		Pulgadas		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				TÍTULO:		
DIBUJ.	Roberto Santiago	FIRMA	FECHA			
VERIF.	Ing. Victor Andrad		28-10-2019			
APROB.	Dep. Ingenieria		30-10-2019			
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
				Perfil y PTR	Fixture	A4
				PESO:	ESCALA: 1:50	HOJA 1 DE 1



Acotaciones: Pulgadas

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
DIBUJ. Roberto Santiago	<i>[Signature]</i>	28-10-2019	Fixture
VERIF. Ing. Victor Andrade	<i>[Signature]</i>	30-10-2019	
APROB. Dpt. Ingeniería	<i>[Signature]</i>	30-10-2019	
FABR.			
CALID.			

MATERIAL: Perfil, PTR Y Angulo

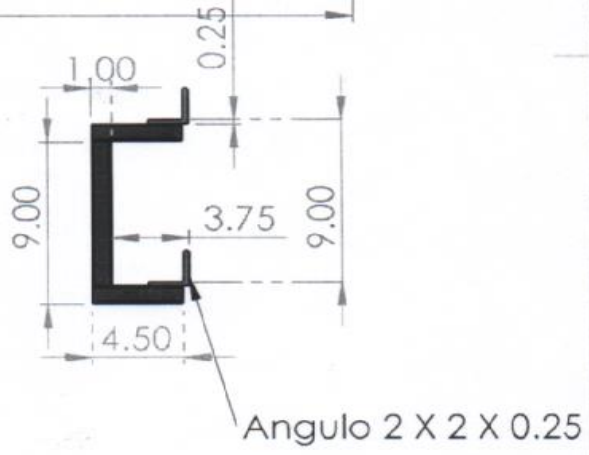
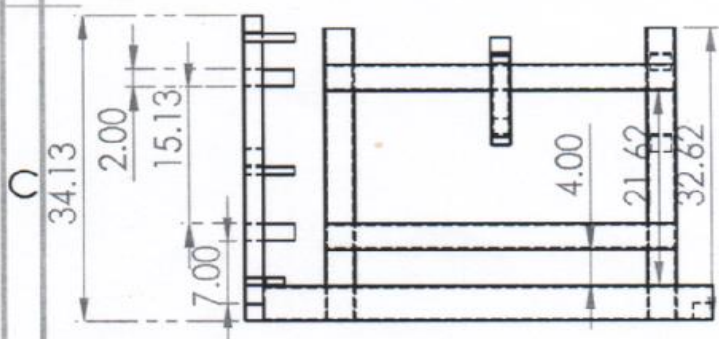
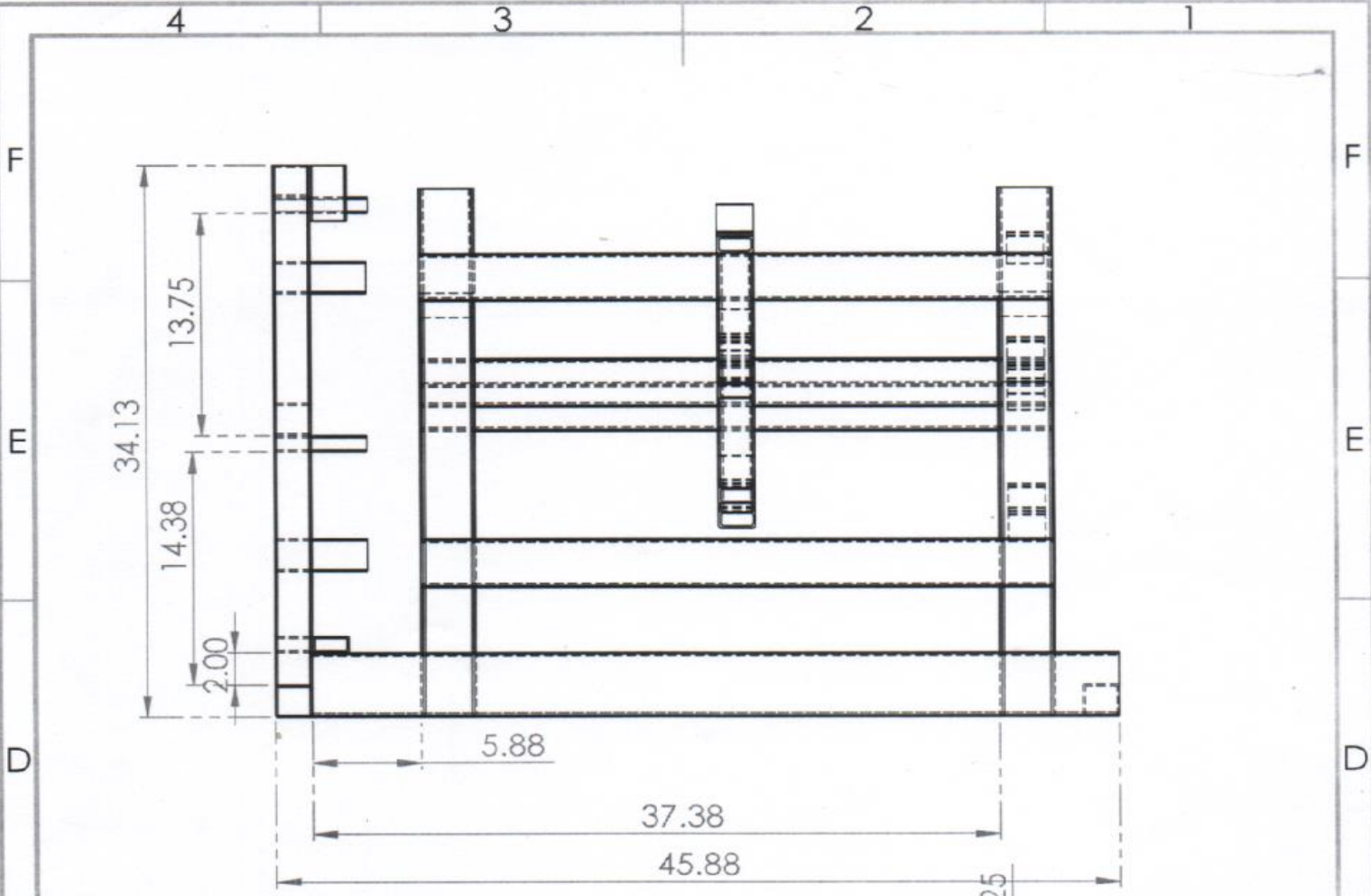
N.º DE DIBUJO

PESO:

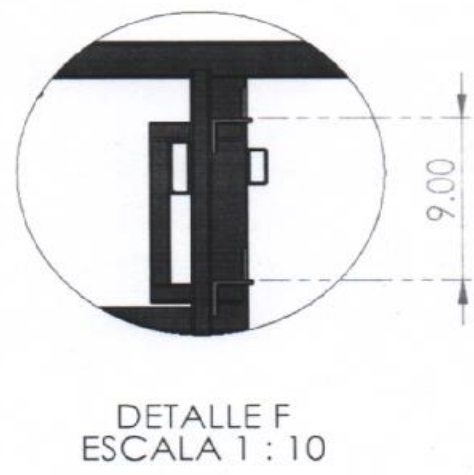
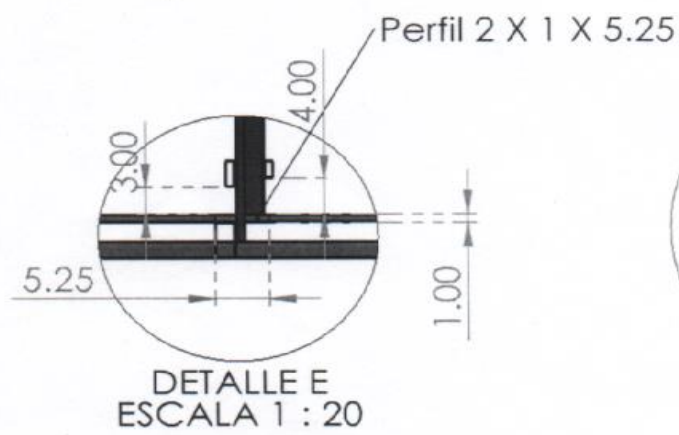
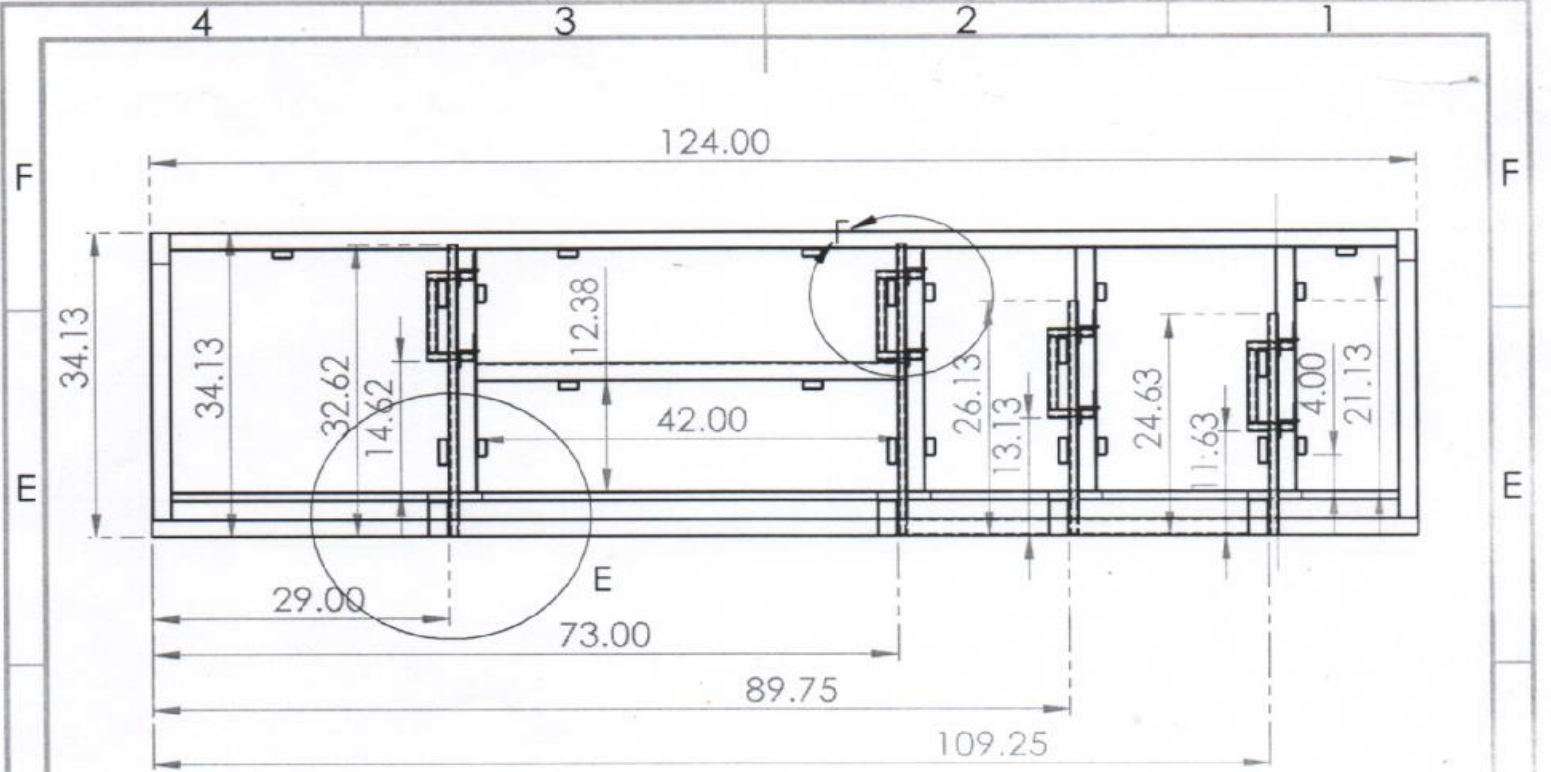
ESCALA: 1:50

HOJA 1 DE 1

A4



Acotaciones:		Pulgadas		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Roberto Santiago</td> <td></td> <td>28-10-2019</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF. Ing. Victor Andrade</td> <td></td> <td>30-10-2019</td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. Dpt. Ingenieria</td> <td></td> <td>30-10-2019</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA		DIBUJ. Roberto Santiago		28-10-2019		VERIF. Ing. Victor Andrade		30-10-2019		APROB. Dpt. Ingenieria		30-10-2019		FABR.				CALID.				TITULO:		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ. Roberto Santiago		28-10-2019																												
VERIF. Ing. Victor Andrade		30-10-2019																												
APROB. Dpt. Ingenieria		30-10-2019																												
FABR.																														
CALID.																														
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		A4																								
Perfil, PTR Y Angulo				Fixture																										
PESO:				ESCALA: 1:50		HOJA 1 DE 1																								



Acotaciones:		Pulgadas		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Roberto Santiago</td> <td><i>[Signature]</i></td> <td>28-10-2019</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF. ng. Victor Andrade</td> <td><i>[Signature]</i></td> <td>30-10-2019</td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. Dpt. Ingeniería</td> <td><i>[Signature]</i></td> <td>30-10-2019</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CAUID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA		DIBUJ. Roberto Santiago	<i>[Signature]</i>	28-10-2019		VERIF. ng. Victor Andrade	<i>[Signature]</i>	30-10-2019		APROB. Dpt. Ingeniería	<i>[Signature]</i>	30-10-2019		FABR.				CAUID.				TÍTULO:		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ. Roberto Santiago	<i>[Signature]</i>	28-10-2019																												
VERIF. ng. Victor Andrade	<i>[Signature]</i>	30-10-2019																												
APROB. Dpt. Ingeniería	<i>[Signature]</i>	30-10-2019																												
FABR.																														
CAUID.																														
MATERIAL: Perfil, PTR y Angulo				N.º DE DIBUJO		A4																								
PESO:				ESCALA: 1:50		HOJA 1 DE 1																								

Fixture

ANEXO 6



INSPECCIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN

DISEÑOS Y TRANSFORMACIONES SA DE CV

Proyecto/Nombre: BA6094 / RACK – PIPE ASW – BRK & FUEL FEED & EVAP FMISCliente: GENERAL MOTORS "GM"Turno: DIURNOÁrea: PRODUCCIONNo. Línea: LÍNEA 3Inspector: ROBERTO SANTIAGO SALVADORFecha: 04 DE DICIEMBRE DEL 2019

MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCION

Defectos (Partes a revisar)

N° de Rack	Estructura de piso			Lado frontal y posterior del Rack			Lado izquierdo / derecho del rack			Ensamblajes de Escantilibre del Rack				Disposición			Total de defectos
	Defectos de cordón de soldadura	Defectos de dimensiones de ensambles	Defectos de dimensiones de cuadratura	Defectos de Cordón de soldadura	Defectos de dimensiones de ensambles	Defectos de dimensiones fuera de especificación	Defectos de Cordón de soldadura	Defectos de dimensiones de ensambles	Defectos de dimensiones fuera de especificación	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 1 Y 2"	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 3 Y 4"	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 5 Y 6"	Dimensiones fuera de especificación, "ITEM 7 Y 8"	Usar como esta	Reprocesar	Rechazar	
1							1							OK			1
2														OK			
3				1								1			X		2
4	1													OK			1
5					1									OK			1
6														OK			
7												1			X		1
8														OK			
9							1							OK			1
10														OK			
11														OK			
12														OK			
13			1											OK			1
14														OK			
15				1										OK			1
Total de defectos	2			3			2			2							Σ 9

OBSERVACIONES:



ANEXO 7

INSPECCIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN

DISEÑOS Y TRANSFORMACIONES SA DE CV

Proyecto/Nombre: RA6094 / RACK - PIPE ASW - BRK & FUEL FEED & EVAP EMIS

Cliete: GENERAL MOTORS "GM"

Turno: DIURNO

Área: PRODUCCION

No. Línea: LINEA 3

Inspector: ROBERTO SANTIAGO SALVADOR

Fecha: 04 DE DICIEMBRE DEL 2019

HORA INSPECCION	No. RACK	ESCANTILIBRE No. 1 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 2 "INFERIOR"		ESCANTILIBRE No. 3 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 4 "INFERIOR"		PRODUCTO NO CONFORME DEBIDO A:
		ITEM # 1 "28.00"	ITEM # 2 "24. 7/8"	ITEM # 3 "28.00"	ITEM # 4 "15. 7/8"	ITEM # 5 " 72.00"	ITEM # 6 "24. 7/8"	ITEM # 7 " 72.00"	ITEM # 8 "15. 7/8"	
1	2	27 15/16	24 15/16	27 31/32	15 7/8	72 1/16	24 29/32	72 1/16	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
2	4	28	24 27/32	28 1/16	15 27/32	71 29/32	24 13/16	72 3/32	15 7/8	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
3	6	27 31/32	24 7/8	28 1/16	15 15/16	72	24 7/8	71 15/16	15 29/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
4	8	28 1/16	24 13/16	28	15 7/8	72 1/32	24 27/32	72 3/32	15 25/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
5	10	28 1/32	24 27/32	27 15/16	15 7/8	71 15/16	24 7/8	72	15 15/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
6	12	28	24 7/8	27 7/8	15 25/32	72 1/16	24 29/32	71 31/32	15 7/8	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
7	14	27 29/32	24 31/32	28	15 15/16	72 3/32	24 13/16	71 29/32	15 25/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
8	16	28 1/16	24 13/16	28	15 7/8	72	24 7/8	72 1/16	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
9	18	28	24 7/8	28 3/32	15 27/32	71 29/32	24 31/32	72 1/16	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
10	20	27 31/32	24 29/32	27 31/32	15 15/16	72 1/32	24 15/16	72 3/32	15 31/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
11	22	27 15/16	24 27/32	27 29/32	15 7/8	71 15/16	24 25/32	71 15/16	15 7/8	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
12	24	28 1/16	24 7/8	28	15 27/32	71 31/32	24 7/8	72 1/16	15 13/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
13	26	28 1/32	24 15/16	28 3/32	15 7/8	71 7/8	24 13/16	72 1/32	15 7/8	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
14	28	28	24 31/32	28	15 25/32	72 3/32	24 7/8	71 7/8	15 29/32	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
15	30	27 15/16	24 7/8	27 29/32	15 31/32	71 29/32	24 29/32	72 1/16	15 15/16	INGENIERÍA HABILITADO ENSAMBLE
UNIDADES ACEPTADAS				UNIDADES RECHAZADAS				TOLERANCIA	± 3/32	

OBSERVACIONES:



INSPECCIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN

DISEÑOS Y TRANSFORMACIONES SA DE CV

Turno: DIURNOInspector: ROBERTO SANTIAGO SALVADORProyecto/Nombre: RA6094 / RACK - PIPE ASW - BRK & FUEL FEED & EVAP EMISÁrea: PRODUCCIONFecha: 04 DE DICIEMBRE DEL 2019Cliente: GENERAL MOTORS "GM"No. Línea: LÍNEA 3

No. RACK	ESCANTILIBRE No. 5 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 6 "INFERIOR"		ESCANTILIBRE No. 7 "SUPERIOR"		ESCANTILIBRE No. 8 "INFERIOR"		PROMEDIO	PRODUCTO NO CONFORME DEBIDO A:	
	ITEM # 9 "88. 3/4"	ITEM # 10 "18. 3/8"	ITEM # 11 "88. 3/4"	ITEM # 12 "9. 3/8"	ITEM # 13 "108. 1/4"	ITEM # 14 "16. 7/8"	ITEM # 15 "108. 1/4"	ITEM # 16 "7. 7/8"	ITEM # 17 "9.00"		
1	2	88 3/4	18 7/16	88 13/16	9 11/32	108 5/16	16 25/32	108 7/32	7 27/32	9 3/64	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
2	4	88 11/16	18 15/32	88 3/4	9 7/16	108 1/4	16 15/16	108 1/4	7 7/8	9 1/128	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
3	6	88 25/32	18 3/8	88 27/32	9 9/32	108 1/4	16 3/4	108 9/32	7 25/32	9 1/64	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
4	8	88 21/32	18 5/16	88 11/16	9 3/8	108 1/4	16 7/8	108 7/32	7 25/32	8 31/32	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
5	10	88 13/16	18 3/8	88 23/32	9 15/32	108 5/32	16 7/8	108 3/16	7 15/16	8 15/16	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
6	12	88 21/31	18 13/32	88 3/4	9 5/16	108 3/16	16 25/32	108 1/4	7 7/8	9 1/32	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
7	14	88 11/16	18 1/4	88 3/4	9 9/32	108 1/4	16 31/32	108 5/32	7 27/32	9 3/64	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
8	16	88 27/32	18 3/8	88 13/16	9 13/32	108 9/32	16 13/16	108 5/16	7 29/32	8 31/32	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
9	18	88 3/4	18 3/8	88 3/4	9 9/32	108 3/16	16 29/32	108 7/32	7 7/8	9 5/64	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
10	20	88 23/32	18 11/32	88 21/32	9 7/16	108 7/32	16 27/32	108 1/4	7 27/32	8 121/128	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
11	22	88 13/16	18 7/16	88 11/16	9 1/4	108 1/4	16 7/8	108 11/32	7 3/4	9 3/64	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
12	24	88 25/32	18 11/32	88 25/32	9 15/32	108 3/16	16 15/16	108 7/32	7 7/8	9 1/128	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
13	26	88 13/16	18 9/32	88 3/4	9 3/8	108 1/4	16 15/16	108 9/32	7 25/32	9 1/64	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
14	28	88 23/32	18 3/8	88 13/16	9 3/8	108 1/4	16 7/8	108 3/16	7 15/16	8 125/128	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
15	30	88 3/4	18 5/16	88 11/16	9 11/32	108 3/16	16 13/16	108 1/4	7 27/32	9 15/128	INGENIERIA HABILITADO ENSAMBLE
		UNIDADES ACEPTADAS				UNIDADES RECHAZADAS		TOLERANCIA		± 3/32	

OBSERVACIONES: _____
