



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ciencias Económico-Administrativas

## PROYECTO DE TITULACIÓN

*MEJORA DE YIELD EN LINEA 16 DE MECHANICAL ASSEMBLY EN TPMS EN LA  
EMPRESA SENSATA TECHNOLOGIES DE MEXICO*

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
*INGENIERA EN GESTIÓN EMPRESARIAL*

**PRESENTA:**

*KARINA SANCHEZ MAYAGOITIA*

**ASESOR:**

*I.I. JANETTE ALEJANDRA CERVANTES VILLAGRÁN*

Mayo



## **AUTORIZACION DE IMPRESIÓN**

Aguascalientes, Aguascalientes México a 05 de diciembre del 2021

Estimados profesores del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga

Yo, Karina Sanchez Mayagoitia alumna de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial modalidad Mixta con No. De control A171050544, confirmo que la información presentada es de mi autoría y autorizo al Tecnológico de Pabellón de Arteaga a realizar mi impresión de este documento para los fines que se crea conveniente.

Atte. Karina Sanchez Mayagoitia

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme permitido realizar este proyecto para mi carrera que es muy importante para concluir mi estudio.

Agradezco a mi familia que a lo largo del proyecto siempre estuvieron dándome el apoyo necesario y la paciencia que tuvieron al verme estresada en momentos difíciles y circunstancias que pasamos durante mi carrera y en mi proyecto final.

Agradezco al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga por haber sido flexible todos estos años y permitirme conllevar y concluir mi desarrollo profesional a la par de mi formación académica, donde estoy convencida que me forjó en conocimientos y responsabilidades en mi persona.

Agradezco a Sensata Technologies de México por la oportunidad que me brindó el apoyo económico desde el principio de mi carrera donde la empresa forja y se flexiona con sus empleados en su formación académica y profesional.

Agradezco al Ingeniero De Procesos y mi asesor externo Edgar Iván Santamaria Hernández por estar a lo largo del proyecto con su apoyo día a día, conocimientos y estar pendiente de mi proyecto de residencias profesionales para la “Mejora de yield en la línea 16 en Mechanical Assembly en TPMS”, donde se logró el resultado esperado.

Por último, agradezco a la I.I. Janette Alejandra Cervantes Villagrán asesora interna de mis residencias profesionales de la institución por su apoyo del principio al fin en la elaboración de este proyecto, compartiendo conmigo sus conocimientos y sus consejos y además de su experiencia que me llevo a entender mejor mi profesión.

## RESUMEN

En el presente documento muestra las actividades realizadas en la Línea 16 Mechanical Assembly en la empresa Sensata Technologies, en el cual se lleva el proceso de sensores y controles para Automóviles, Aviones, línea blanca, etc., Dicho proceso en la línea 16 que llegó apenas a la empresa, se analizaron las diferentes estaciones para encontrar la causa raíz del problema para mejorar el yield y la productividad.

El problema se presentaba en el incremento de tres defectos que día con día que tiraban, para disminuir el problema se hizo principalmente el diagrama de Ishikawa para descartar las diferentes causas que posiblemente lo genera.

La mejora que se realizó fue en base a las diferentes anomalías que se encontró dentro del proceso, para eso fue necesario hacer diferentes pruebas para encontrar el principal problema que causa el estar sacando piezas malas, para solucionar el principal problema fue en la estación de las soldadoras donde se encuentran varios detalles que se deben ajustar para obtener los resultados esperados.

Después de encontrar los principales problemas se realiza la mejora en la estación de las soldadoras donde se ajustan varias anomalías que se encontraron, los operadores se capacitan para las calibraciones las hagan correctas, se establecieron los parámetros correctos para cada modelo y en cada soldadora, se cambian varias anomalías como cambios de herramientas y ajustes.

Los resultados que se esperaban fueron los esperados donde al tirar de aproximadamente 30 piezas al día se están tirando 5 o 6 piezas al día donde el incremento de yield fue favorable después de la mejora.

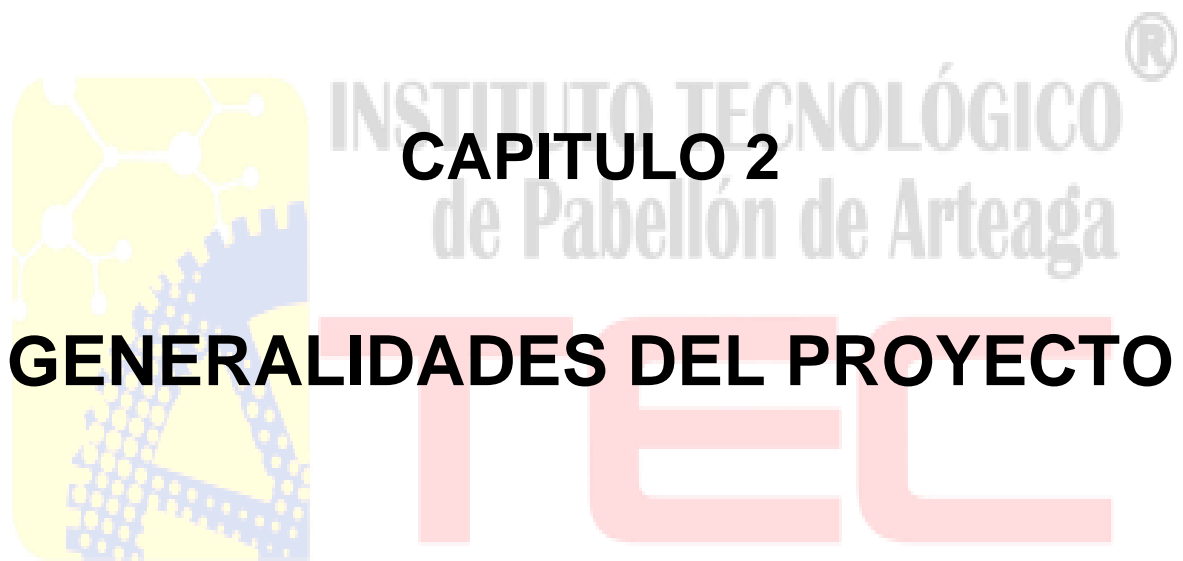
## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPITULO 2 GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	<b>7</b>
2.1 Introduccion .....	9
2.2 Descripción de la Empresa u Organización y del puesto o área del trabajo del estudiante .....	10
2.3 Problemas a resolver, priorizándolos .....	16
2.4 Objetivos (general y especificos).....	17
2.5 Justificación .....	18
<b>CAPITULO 3 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
3.1 Marco Teórico (fundamentos teóricos) .....	20
<b>CAPITULO 4 DESARROLLO</b> .....	<b>44</b>
4.1 Desarrollo .....	45
4.2 Cronograma de Actividades .....	59
<b>CAPITULO 5 RESULTADOS</b> .....	<b>60</b>
5.1 Resultados.....	61
<b>CAPITULO 6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>71</b>
6.1 Conclusiones .....	72
<b>CAPITULO 7 COMPETENCIAS DESARROLLADAS</b> .....	<b>73</b>
7.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas .....	74
<b>CAPITULO 8 FUENTES DE INFORMACIÓN</b> .....	<b>75</b>
8.1 Fuentes de información .....	76
<b>CAPITULO 9 ANEXOS</b> .....	<b>78</b>
1. Punta correcta .....	79
2.- Calibración correcta .....	79
3.- Punta correcta .....	80

## LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 UBICACIÓN DE LA PLANTA TECHNOLOGIES DE MÉXICO, AV. AGUASCALIENTES SUR, SALTO DE OJOCALIENTE 20290 .....	10
ILUSTRACIÓN 2 VALORES DE SENSATA TECHNOLOGIES DE MÉXICO.....	13
ILUSTRACIÓN 3 PRODUCTOS DONDE VAN LOS SENSORES Y CONTROLES DE SENSATA TECHNOLOGIES DE MÉXICO.....	13
ILUSTRACIÓN 4 ORGANIGRAMA DE LOS DIRECTIVOS DE SENSATA TECHNOLOGIES DE MÉXICO	14
ILUSTRACIÓN 5 GRAFICA DE FALLAS DE LA LÍNEA 16 DE MECHANICAL DE SENSATA TECHNOLOGIES DE MÉXICO.....	16
ILUSTRACIÓN 6 ¿QUE ES EL KAIZEN? .....	20
ILUSTRACIÓN 7 CIRCULO DE DEMING .....	23
ILUSTRACIÓN 8 HERRAMIENTAS BÁSICAS DE CALIDAD .....	24
ILUSTRACIÓN 9 DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	29
ILUSTRACIÓN 10 UNA ESPINA DEL PEZ .....	31
ILUSTRACIÓN 11 LAS 5 PORQUÉS.....	35
ILUSTRACIÓN 12 DIAGRAMA DE PARETO .....	36
ILUSTRACIÓN 13 GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL CAMPANA DE GAUSS .....	38
ILUSTRACIÓN 14 FASES DE DMAIC .....	40
ILUSTRACIÓN 15 PIRÁMIDE DE ESTRUCTURA SIX SIGMA .....	42
ILUSTRACIÓN 16 FALLA PCB FIDUCIAL .....	45
ILUSTRACIÓN 17 FALLA PCB DAÑADO .....	45
ILUSTRACIÓN 18 FALLA ENCLOSURE DAÑADO .....	46
ILUSTRACIÓN 19 ISHIKAWA FALLA DE PCB FIDUCIAL.....	46
ILUSTRACIÓN 20 ISHIKAWA FALLA DE PCB DAÑADO .....	47
ILUSTRACIÓN 21 ISHIKAWA FALLA DE ENCLOSURE DAÑADO .....	47
ILUSTRACIÓN 22 MAPEO DEL PROCESO FALLA FIDUCIAL.....	48
ILUSTRACIÓN 23 MAPEO DEL PROCESO FALLA DE PCB DAÑADO .....	49
ILUSTRACIÓN 24 MAPEO DEL PROCESO FALLA DE ENCLOSURE DAÑADO.....	49
ILUSTRACIÓN 25 SOLDADURA EN EL PAT .....	50
ILUSTRACIÓN 26 BOQUILLA DESALINEADA .....	51
ILUSTRACIÓN 27 PUNTA LIMPIA .....	51
ILUSTRACIÓN 28 PUNTA INCORRECTA.....	52
ILUSTRACIÓN 29 REMACHE DE CALOR MAL FORMADO .....	53
ILUSTRACIÓN 30 PARÁMETROS INCORRECTOS .....	54
ILUSTRACIÓN 31 PIEZA DAÑADA .....	54
ILUSTRACIÓN 32 PINES CORRECTOS Y SIN DAÑOS.....	55
ILUSTRACIÓN 33 PALLET CON LOS SHOCKS ABSORBERS CORRECTOS .....	55
ILUSTRACIÓN 34 CALIBRACIÓN INCORRECTA .....	56

ILUSTRACIÓN 35 PIEZA DAÑADA POR CABEZAL .....	57
ILUSTRACIÓN 36 GRIPPERS SIN DAÑOS .....	57
ILUSTRACIÓN 37 PUNTA INCORRECTA.....	58
ILUSTRACIÓN 38 TEMPERATURA CORRECTA.....	61
ILUSTRACIÓN 39 CEPILLOS EN BUEN ESTADO .....	62
ILUSTRACIÓN 40 PCBA BIEN COLOCADOS.....	63
ILUSTRACIÓN 41 CABEZAL ALINEADO.....	64
ILUSTRACIÓN 42 PIEZAS BIEN COLOCADAS EN PALLET .....	64
ILUSTRACIÓN 43 CABEZAL CORRECTAMENTE ALINEADO .....	65
ILUSTRACIÓN 44 ROBOT DESCARGANDO CORRECTAMENTE .....	66
ILUSTRACIÓN 45 PIEZAS CON REMACHE CORRECTO.....	67
ILUSTRACIÓN 46 PIEZA CALIBRADA EN EJE .....	68
ILUSTRACIÓN 47 PIEZA CALIBRADA EN EJE X Y Y .....	68
ILUSTRACIÓN 48 PARÁMETROS CORRECTOS .....	69
ILUSTRACIÓN 49 PUNTA COLOCADA .....	69
ILUSTRACIÓN 50 PUNTA CORRECTA .....	70



**CAPITULO 2**

**GENERALIDADES DEL PROYECTO**



## 2.1 INTRODUCCION

La empresa Sensata Technologies de México con más de 100 años dentro del mercado a nivel mundial y que tiene como objetivo la satisfacción del cliente, mediante productos, materia prima y sus procesos mejorando e innovando los procesos.

En el presente proyecto describe la mejora de yield en la Línea 16 en TPMS, donde se analizará el principal problema de cómo se implementará las posibles causas que están afectando a la línea reduciendo el número de piezas que se tiran día con día en el área de TPMS.

Se hablará de que es un Kaizen dentro de un proceso donde se hicieron hipótesis sobre el principal problema mediante un diagrama de Ishikawa, herramienta de gestión de la calidad creado en los años cuarenta por el Ingeniero Kaoru Ishikawa donde se realiza paso por paso y como se compone para llegar a la causa raíz del problema.

También en el presente documento se vieron los pasos para la mejora en el proceso en la línea de producción donde se hizo una serie de pasos, hipótesis para encontrar el principal problema, se realizaron pruebas para saber si eran favorables en el proceso.

Después de encontrar el principal problema se realizó la mejora en el proceso donde se implementó en las soldadoras los parámetros correctos, se capacitaron a los operadores y se cambió herramental para realizar y ejecutar acciones correctas.

Los resultados esperados fueron favorables no desaparecieron las fallas, pero si incremento el yield teniendo una mejora en la implementación del proyecto.



“Abril 24 1916 fundación; Sensata Technologies comenzó como General Plate Company, una empresa fundada por Rathbun Willard para proporcionar placa de oro a la cercana industria de joyería de Rhode Island. La puesta en marcha se financio con un préstamo de \$50000 de los directores de la compañía Grinnell en Providence.

1926 expansión; La fábrica se realizó por primera vez en el sótano del edificio Brigney en Attleboro, MA. Limitado por el espacio, Willard decidió mudarse de la compañía y compró más de 200 acres de tierra en lo que entonces se conocía como el pantano Cat-O-Nine-Tail. El primer edificio fue construido en 34 Forest Street.

1931 la primera fusión; La compañía se fusionó con Spencer Thermostat Company de Cambridge, MA y formo Metals & Controls Corporation. Esta fusión combino las capacidades de procesamiento de metales con la experiencia en control de detección de temperaturas que más tarde atrajo la atención de Texas Instruments.

1941 apoyo militar; Metals & Controls Corporation diseño y construyo sus primeros interruptores para vehículos militares y aviones. En la actualidad, hay más de mil millones de interruptores automáticos Sensata que todavía están en uso.

De 1950 a 1959; El negocio comenzó a expandir sus operaciones internacionalmente en 1955 cuando abrió una oficina de ventas y una pequeña planta de fabricación en Holanda. A lo largo de la década de 1950 se establecieron plantas adicionales en varios otros lugares internacionales. En 1959, Texas Instruments se fusiono con la antigua Metals & Controls Corporation.

De 1960 a 1965; En 1963, Texas Instruments renombró la división de Materiales y Controles. En 1965, los ingenieros comenzaron a diseñar y construir todos los interruptores de control del panel para los módulos de comando lunar y Apolo 11, así como para el remover lunar. El proceso de unión de cobre y aluminio también se desarrolló para cables de baterías de automóviles.

De 1970 a 1979; La compañía continuó creciendo y comenzó a fabricar en Malasia y Japón. La empresa también creó su primer estrangulador eléctrico de coeficiente térmico positivo (PTC) para automóviles en 1972, que se implementó en Chevrolet Chevette en 1979.

De 1980 a 1985; Aguascalientes, México, fue elegido el sitio para la primera expansión de la compañía en México en 1983. En 1985, el laboratorio electroquímico y de corrosión determinó la causa del deterioro del exterior de cobre de la Estatua de la Libertad.

De 1990 a 1999; En 1990, la empresa creó su primer protector de batería y acelerómetro de baja g. El desarrollo del material continuó con el lanzamiento de DuraFoil. La tecnología de etiquetas inteligentes Tag-it se anunció en 1997 y comenzó su producción en 1999.

En 2006, la compañía, ahora Sensata Technologies, renació como una empresa privada y adquirió First Technology. En 2007, la compañía adquirió Airpax Holdings y sus cuatro unidades operativas. En 2010, la compañía mantuvo su oferta pública inicial (IPO) y comenzó a cotizar en NYSE bajo ST. En 2016, Sensata celebró su centenario. En 2017 fue fundada la Fundación Sensata Technologies, una organización sin fines de lucro.” (timelines C. ©.-2., 2007-2022)

### Misión

Ser el principal proveedor mundial de Sensores y controles.

### Visión

Ser el líder mundial e innovador en sensores y protección eléctrica de misión crítica; satisfaciendo las crecientes necesidades mundiales de seguridad, eficiencia energética y un ambiente limpio; siendo un excelente socio, empleador y vecino.

## Valores



*Ilustración 2 Valores de Sensata Technologies de México*

Los valores que ofrece la empresa Sensata Technologies de México que se muestran (ilustración 2) son muy importantes que se lleven a cabo para todos los empleados que elaboramos en nuestro trabajo.

## Productos o servicios que ofrece

Sensata Technologies fabrica sensores y controles (ilustración 3 de los productos donde van los sensores y controles) automotrices para aire acondicionado y protección eléctrica, switches de control para la industria aeronáutica, y sus principales clientes son General Motors, Caterpillar, Emerson, Nissan, Ford, Continental Automotive, LandRover, Airbus, industria automotriz y enseres domésticos.



*Ilustración 3 Productos donde van los sensores y controles de Sensata Technologies de México*

## Organigrama de la Empresa

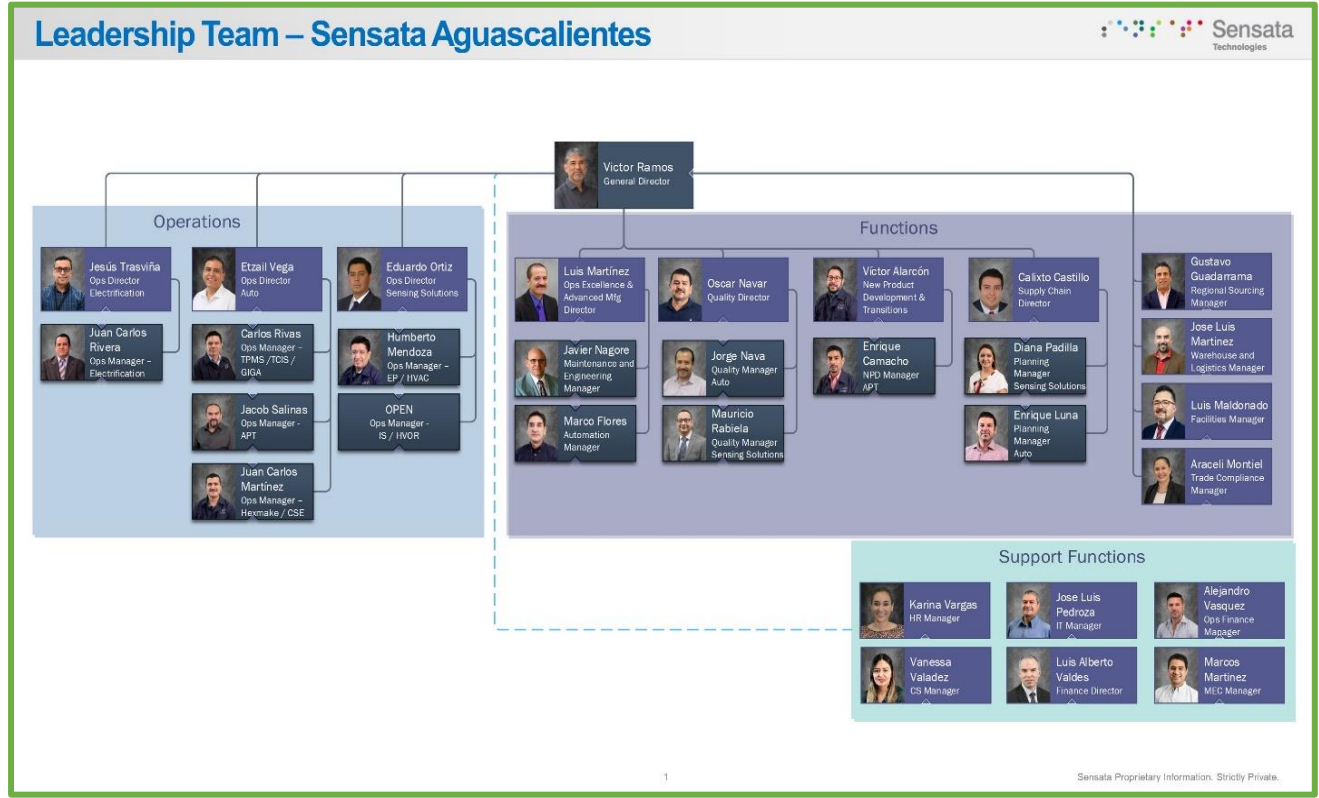


Ilustración 4 Organigrama de los directivos de Sensata Technologies de México

El organigrama dentro de la empresa representa las diferentes personas representantes de cada área que se encuentran a cargo de la empresa Sensata Technologies de México como se muestra (ilustración 4).

### Actividad que desempeño dentro de la empresa

En la empresa Sensata Technologies de México, en el negocio de TPMS (Tyre Pressure Monitoring System) en español es “sistema de monitoreo de presión de llantas, donde este sistema nos ayuda a los conductores a conocer con precisión, el estado de precisión de nuestros neumáticos avisándonos en tiempo real si estamos sufriendo una pérdida de aire o nitrógeno.

En TPMS las piezas que se realizan su proceso es largo, este producto se fabrica desde los diferentes componentes, mano de obra y la materia prima que se obtiene de los

diferentes proveedores y su proceso dura aproximadamente una semana al termino de cada una de las piezas se empaca y se envía los diferentes clientes.

En el área de Mechanical Assembly donde realizo mi trabajo desempeñándome como Operadora Técnica, donde soluciono problemas en las diferentes maquinas en sus mantenimientos, composturas y mejoras en los equipos.

Mi principal función en los equipos es que en la parte de las soldadoras donde se realizan las funciones como:

- Calibración de diferentes ejes Y, W, X y Z
- Mantenimientos
- Composturas dentro del equipo

Mi objetivo como operadora técnica es solucionar los problemas en base del funcionamiento de los equipos principalmente las soldadoras automáticas que no pare tanto en los ajustes, mantenimientos y que tenga una respuesta rápida con el operador de la maquina ya que es muy importante cada equipo esté funcionando al 100% dentro de este negocio para obtener más producción.

#### Actividades como residente dentro de la empresa

Como residente mi principal objetivo es en la línea 16 de Mechanical Assembly es realizar y enfocarme al 100% en esa línea para el proyecto de la mejora de yield dentro del proceso para disminuir el scrap de la falla Daño de PCB Fiducial, Enclosure dañado y PCB Dañado donde aproximadamente se tiraron cada día de 30 a 40 piezas al día y se creó análisis causa raíz de donde se pudo mejorar el proceso donde diariamente se estuvieron analizando las piezas durante un mes y verificando si el producto es bueno o malo y evitar ese tipo de problemas donde se realizó un KAIZEN dentro del proceso.

## 2.3 PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS

### 1.- Análisis de causa raíz (Esquema de Ishikawa).

Encontraron y analizaron los principales factores y variantes que puede haber dentro del proceso e identifique las 3 principales fallas donde salen diariamente en la línea de producción y donde la gráfica de fallas (ilustración 5) que me indican que son:

- Falla PCB Fiducial
- Falla Enclosure dañado
- Falla PCB dañado

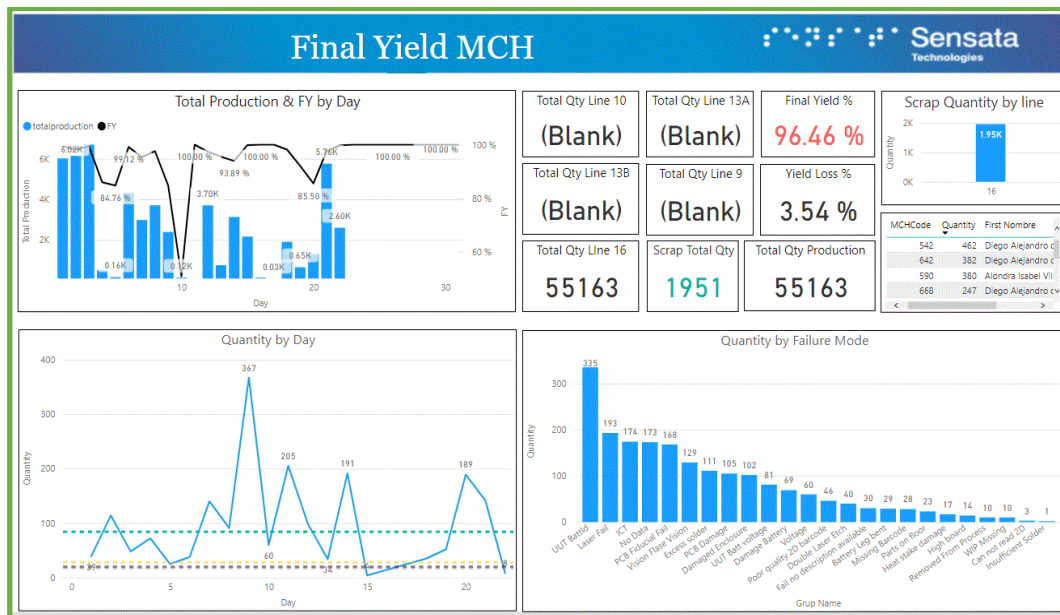


Ilustración 5 Grafica de Fallas de la Línea 16 de Mechanical de Sensata Technologies de México

### 2.- Mapeo del proceso

Se hizo el análisis y se descartó dentro del proceso de cada operación si el equipo puede generar problema dentro del proceso.



### **3.-Verificacion de los diferentes factores**

Se evaluó mediante diferentes hipótesis del funcionamiento de herramientas y equipos, materia prima y sus procesos en cada una de las estaciones de su elaboración de diferentes factores y hallazgos que pudieron encontrarse dentro del proceso.

### **4.- Implementación del problema**

Se identificó el problema y se tuvo que implementar acciones donde se identificaron si necesita cambiar el proceso o solo se resolvió el problema tanto como en documentación o cambios físicos.

### **5.-Capacitación y conocimientos para el operador**

Se Capacito y se le dio a conocer los cambios al operador de las mejoras que se realizaron en el proceso.

### **6.-Monitoreo de la acción después de la mejora**

Durante los 5 meses donde se realizó la mejora, las acciones correspondientes que fueron necesarias en el proceso se compararon si fue funcionarle los cambios en el proceso.

### **7.- Obtención de resultados**

Se analizaron los resultados que se obtuvieron durante estos meses y se comparó si el proyecto si tuvo una mejora en el yield desde el inicio y final del proyecto.

## **2.4 OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS)**

### **Objetivo General**

Reducción del yield de 98.0% a 99.5% mediante mejoras en su proceso en la línea 16 de ensamble en TPMS de la empresa Sensata Technologies de México.

### Objetivos específicos

1. Crear un diagrama de Ishikawa para el análisis de causa raíz.
2. Enfocarse en las fallas principales diariamente que pueden generar la disminución del yield.
3. Verificar equipos, materia prima y procesos dentro de la línea de producción.
4. Demostrar las tendencias de acuerdo a los resultados de la mejora de la línea de producción.
5. Implementación y ejecución de resultados.

## **2.5 JUSTIFICACIÓN**

En la línea 16 de la operación de Mechanical Assembly en TPMS, es una línea que tiene 5 meses que se integró a Sensata México, esta línea su principal problema es el scrap que se tira diariamente y lo que se requiere es mantener el yield al igual que las demás líneas.

La elaboración de este proyecto en Sensata Technologies, es deducir el scrap e incrementar el yield se tendrá e identificar los diferentes factores, análisis, métodos, monitoreos para llegar el resultado deseado que es el 99.5% del yield con muy poco margen de fallas que puedan originarse dentro de la línea.

A mejora del yield en la línea nos ayudará en la empresa a definir y modificar los procesos adecuados en el ambiente del trabajo y la colaboración de los trabajadores para el incremento en producción, costos y la mejora de entregas a tiempo con el cliente y obtener los resultados deseados.



## **CAPITULO 3**

### **MARCO TEÓRICO**

## **CAPITULO 3**

INSTITUTO TECNOLÓGICO<sup>®</sup>  
de Pabellón de Arteaga  
ITEC

### 3.1 MARCO TEÓRICO (FUNDAMENTOS TEÓRICOS)

#### ¿Qué es el Kaizen?

“La filosofía Kaizen (ilustración 6) es una metodología que se emplea de forma diaria para el mejoramiento continuo de los individuos y las empresas. En este artículo conoceremos qué es y en qué consiste la filosofía Kaizen, los pasos para realizarla y ejemplos prácticos de todo ello.” (Areli Álvarez , 2021)



Ilustración 6 ¿Que es el Kaizen?

#### ¿Qué es la filosofía Kaizen?

La palabra Kaizen proviene de los términos japoneses "Kai": modificaciones y "Zen": para mejorar, por lo que se podría definir como "proceso de mejora continua".

Adoptar la filosofía Kaizen supone asumir la cultura del mejoramiento continuo, que se centra en la eliminación de los desperdicios y derroches en los sistemas productivos.

El origen del Kaizen se remonta a Japón, donde al terminar la Segunda Guerra Mundial, el país se enfrentaba a muchos problemas en su industria, por lo que decidieron crear la JUSE (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros) e invitar a Dr. William Edwards Deming y a Joseph Juran en varios de sus seminarios, creando en uno de ellos esta nueva metodología para mejorar el sistema empresarial.

### ¿En qué consiste la filosofía Kaizen?

El Kaizen sirve para detectar y solucionar los problemas en todas las áreas de la organización y tiene como prioridad revisar y optimizar todos los procesos que se realizan en la misma.

“El método Kaizen retoma las técnicas del Control de Calidad, diseñadas por Edgard Deming, pero incorpora la idea de que la forma de vida debe ser mejorada de forma constante.” (Areli Álvarez , 2021)

Se debe ser muy riguroso y encontrar la falla o problema y solucionarlo. La complacencia es el principal enemigo del Kaizen.

En la idea de mejoramiento continuo se involucra la gestión y el desarrollo de los procesos, enfatizando en reconocer las necesidades de los clientes, reducir los desperdicios y maximizar el tiempo.

El éxito de la filosofía Kaizen en la actividad empresarial proviene de la incitación a mejorar estándares, ya sean niveles de calidad, costes, productividad o tiempos de espera, entre otros. La metodología Kaizen permite establecer estándares más altos y grandes empresas como Toyota, Walt Disney o Sony la han empleado para la mejora continua de sus estándares productivos.

### La filosofía Kaizen en la administración empresarial

En Japón, la administración se aprecia desde dos perspectivas: El mantenimiento y el mejoramiento. Por mantenimiento se refieren a todas las actividades encaminadas a mantener los estándares de calidad de la empresa, mediante la disciplina y arduos entrenamientos de todo el personal que da vida a los negocios, por más pequeños que estos sean.

Al hablar de mejoramiento, se refieren a que deben a toda costa mejorar los actuales estándares, es decir, estos deben mejorar exponencialmente a medida que la empresa crece. En resumen, la administración japonesa busca mantener y mejorar los estándares. Ellos entienden que el mejoramiento crece a través del Kaizen y la innovación, entendiéndose el Kaizen como pequeñas mejoras en la actualidad laboral, suponiendo un progreso gradual y paulatino en los procesos y en el crecimiento de la empresa. A su vez, la innovación requiere de una gran inversión en tecnología, equipos, la introducción

de nuevos conceptos administrativos, técnicas de producción, entre otras cosas, que suponen una mejora exponencial.

Aplicando esta filosofía empresarial en el área administrativa, a través de esta teoría, llegan a la conclusión de que existen tres tipos de empresas: Las que hacen que las cosas pasen, las que miran como las cosas pasan y las que se preguntan que habrá pasado.

Como es evidente, las peores compañías son las que solamente pueden mantenerse, pero no innovar, en ellas no existe el Kaizen, ya que el Kaizen requiere que ambos conceptos (mantenimiento y mejoramiento) estén en conjunta armonía para funcionar óptimamente.

#### Otros factores que regulan el Kaizen en la administración de la empresa

Son dos, el control total de calidad y la producción justo a tiempo. Podríamos pasar mucho rato hablando de estos factores, por lo que los mencionaremos de forma clara y concisa.

Al hablar de calidad, no solo se habla de altos estándares de los productos, sino que la calidad va más allá, hay calidad cuando el factor humano trabaja de forma eficiente, cuando las maquinas son operadas de forma correcta, cuando todos los sistemas y procedimientos se cumplen a cabalidad. Una empresa que tiene un proceso de producción de calidad, tendrá productos de calidad.

Por otra parte, al hablar de producción justo a tiempo, se refieren a todas aquellas acciones dirigidas a minimizar el tiempo total requerido desde el comienzo de la fabricación a la facturación. En pocas palabras, el objetivo es tener un procesamiento continuo de los productos, sin interrupciones y más eficiente conforma pasa el tiempo.

#### Fundamentos básicos

Los fundamentos más importantes en la realización de la filosofía Kaizen son "Compromiso" y "Disciplina", a todo el nivel de la organización.

El auge japonés en el mercado de Kaizen como metodología y su éxito potenciar la eficiencia del país y elevar los estándares empresariales.

Si pensamos en la experiencia del Japón, y como reverdeció en un terreno desértico, había perdido la guerra y sus recursos naturales y presencia en el mercado internacional eran casi inexistente, fue ante esta incertidumbre fueron abriendo las funciones de los trabajadores en las grandes cadenas de producción y dejando atrás los objetivos únicamente numéricos.

Literalmente, el vocablo japonés, Kaizen quiere decir “cambio para el bienestar, la transformación”. Esta filosofía implica un reto para nuestras sociedades occidentales porque habla de acciones pequeñas, pero con un ritmo constante que producen mejora y bienestar a largo plazo. No obstante, funciona en cualquier latitud o lugar del mundo porque derriba los límites interiores para acoger un enfoque literal y humano que permite asumir los cambios bruscos que vienen desde afuera y gestionar las transformaciones que nos planteamos, en todos los niveles.

El Kaizen trabaja sobre bases ya construidas y no parte desde cero, porque para esta filosofía de vida todo es ganancia, aun cuando sientes que no avanzas.

Así que, el Kaizen funciona tanto para crear nuevos hábitos tanto para eliminar adicciones a las que hemos renunciado una y otra vez sin una solución definitiva. Implementando actividades que podemos hacer durante unos cuantos minutos al día.

### *Pasos para implementar la filosofía Kaizen*

El Kaizen se basa en el Círculo de Deming (ilustración 7) como herramienta para conseguir la mejora continua: planear, hacer, verificar y actuar.



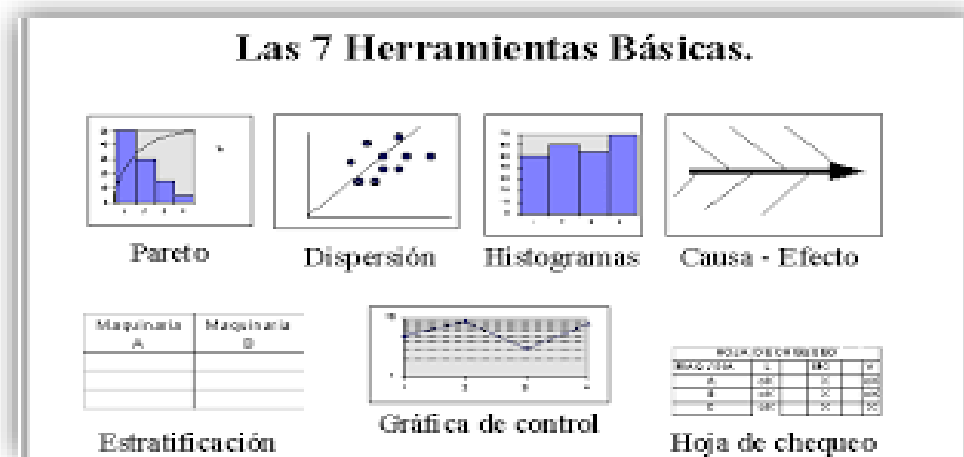
*Ilustración 7 Círculo de Deming*

“Estos son los pasos a seguir para implementar la filosofía Kaizen (ilustración 8) en la empresa:

1.-Selección del tema: el tema a seleccionar puede ser decidido por la presidencia o la gerencia siempre que éste sea acorde con los objetivos de la empresa. Posibles temas a tratar pueden ser la productividad (mejora de tiempos), calidad (requerimientos del cliente) o la seguridad (reducción de accidentes).

2.-Creación de equipo de trabajo: el equipo debe ser siempre que se pueda multidisciplinario, es decir, formado por personas de diferentes áreas, para que todas ellas aporten el conocimiento y la experiencia de su área de trabajo. Es recomendable que cada grupo cuente con un líder, que sea el responsable de coordinar las reuniones e informar sobre el progreso.

3.-Obtención y análisis de datos: la recolección de datos por parte del equipo tiene como finalidad determinar las causas principales para arreglar el problema. Para ello, se utilizan diferentes herramientas:



*Ilustración 8 Herramientas básicas de Calidad*

4.- Gembutsu Gemba: esta fase consiste en acudir al área donde se produce el problema y verificar los datos obtenidos en la fase anterior junto con las personas que trabajan en dicha área.

5.-Plan de contramedidas: es necesario tomar contramedidas para aquellos problemas que son críticos para la mejora del proceso de la empresa, que se



registrarán en un plan que incluya fechas para implementarlas y responsables de la ejecución de las mismas.

6.-Seguimiento y evaluación de resultados: el equipo llevará un seguimiento mediante gráficos del problema y si es necesario volverá a realizar los pasos anteriores para su verificación en el área de trabajo.

7.-Estandarización y expansión: tras varios meses con buenos resultados se define que el problema está en control y se registra para que, posteriormente, puedan ser aprovechados los cambios introducidos.” (S.L., 2003 - 2022)

### El diagrama de Ishikawa

#### Historia

El inventor del diagrama de Ishikawa es el profesor japonés Kaoru Ishikawa (1915-1989), ingeniero químico de la Universidad de Tokio. Este experto, conocido como su precursor de la teoría de la gestión de la calidad, emplea este diagrama por primera vez en 1943 para intentar explicar a un grupo de ingenieros de Kawasaki Steel Works, una famosa empresa japonesa de siderurgia, como comprender un problema basándose en un análisis de un conjunto lo más exhaustivo posible de factores complejos

“El esquema se basa en la premisa de que todo problema tiene una causa; la falla solo es el efecto de algo que está mal en un proceso. Luego entonces hay que identificar de dónde parten las acciones que están conformando ese problema.” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

#### Definición

“El Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto (conocido también como Diagrama de Espina de Pescado dada su estructura) consiste en una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema, lo cual la convierte en una herramienta de la Gestión de la Calidad ampliamente utilizada dado que orienta la toma de decisiones al abordar las bases que determinan un desempeño deficiente.

El Diagrama de Ishikawa, es aquel estructurado en forma de grafica un poco sencilla en la que se puede relacionar todo en la espina central ya que es signo de un pescado, pero todo se representa a través de un problema que se pueda solucionar.

Del diagrama de Ishikawa es una herramienta grafica utilizada en empresas que ofrecen una visión global de las causas que se han generado un problema y los efectos que este ha provocado.

Como las causas están jerarquizadas, es posible identificar de manera correcta las fuentes del problema.

Aunque el diagrama de espina de pescado se utiliza principalmente en empresas como herramienta de gestión de la calidad o de proyectos, también es muy adecuado para la gestión de los riesgos. De hecho, el diagrama no solo permite resolver un problema, sino también preverlo. Por ejemplo, cuando una empresa quiere poner en marcha un proyecto se pregunta por los aspectos que puedan tenerse en cuenta si su proyecto fracasa.

La utilización del Diagrama de Ishikawa se complementa de buena forma con el Diagrama de Pareto el cual permite priorizar las medidas de acción relevantes en aquellas causas que representan un mayor porcentaje de problemas y que usualmente en términos nominales son reducidas.

Al evaluar los diferentes elementos que podrían causar el fracaso del proyecto, sabe directamente donde centrar su atención para evitar que el problema surja en la práctica.

### Objetivo

“El método de Ishikawa es una herramienta de planeación de empresas que tiene como objetivo analizar gráficamente y de forma estructurada de los vínculos de causa-efecto de un problema concreto”. (ARIANE DE SAEGER, 2013)

Identifica un problema o efecto y luego enumera un conjunto de causas que potencialmente explican dicho comportamiento. Adicionalmente cada causa se puede desagregar con grado mayor de detalle en sub-causas. Esto último resulta útil al momento de tomar acciones correctivas dado que se deberá actuar con precisión sobre el fenómeno que explica el comportamiento no deseado.

### Ventajas

“El diagrama de Ishikawa presenta múltiples ventajas, puesto que permite:

- Clasificar todas las causas relacionadas con el problema planteado.
- Esclarecer un problema relativamente consecuente.
- Hacer participar a todos los miembros del equipo del análisis y crear así una dinámica de gestión de proyectos.
- Limitar el olvido de algunas causas gracias al trabajo en grupo.
- Identificar los dominios en los que hay que profundizar, donde a veces falta información.
- Analizar un problema, sea cual sea el sector o el ámbito de actividades del que provenga.
- Proporcionar elementos para la elaboración de una solución adaptada al problema planteado.
- Dar una visión sintética de las relaciones de causa-efecto.

Este tipo de herramienta participativa tal y como Kaoru Ishikawa propone, ofrece un campo de visión y de reflexión relativamente amplio que permite superar las constataciones demasiado simplistas cuando surge un problema. Aumenta el campo de causas posibles del problema (potencial) y, a la vez, identifica soluciones e intervenciones necesarias para evitar o resolver un problema concreto.” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

### Hipotesis

“El modelo de Ishikawa plantea dos hipótesis.

- Existe un número limitado de causas principales y secundarias para cada problema.
- Distinguir estos dos tipos de causas de una primera etapa hacia la solución del problema.” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

### Componentes del modelo

El profesor Ishikawa clasifica las diferentes causas de un problema en cinco grandes familias, llamadas las 5M (ilustración 9).

Las categorías pueden integrarse en otras causas o categorías de causa según el nivel de detalle deseado.

“Es con diferencia una de las herramientas más sencillas dentro de la mejora continua. Los pasos para su elaboración son los siguientes:” (ARELI ÁLVAREZ, 2020)

1. Constituir un equipo de personas multidisciplinar.
2. Partir de un diagrama en blanco. Lógicamente para ir rellenándolo desde cero
3. Escribir de forma concisa el problema o efecto que se está produciendo (la utilización de la técnica de los 5w+2h nos será de mucha utilidad).
4. Identificar las categorías dentro de las cuales se pueden clasificar las causas del problema. Generalmente estarán englobadas dentro de las 4M (máquina, mano de obra, método y materiales).
5. Identificar las causas. Mediante una lluvia de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, el equipo debe ir identificando las diferentes causas para el problema. Por lo general estas causas serán aspectos específicos, propios de cada categoría, y que al estar presentes de una u otra forma están generando el problema. Las causas que se identifiquen se deberán ubicar en las espinas que confluyen hacia las espinas principales del pescado.
6. Preguntarse el porqué de cada causa (pero no más de 2 o 3 veces). En este punto el equipo debe utilizar la técnica de los 5 porqués. El objeto es averiguar el porqué de cada una de las causas anteriores.

Como resultado se obtendrán una serie de sub-causas que constituirán las llamadas espinas menores.

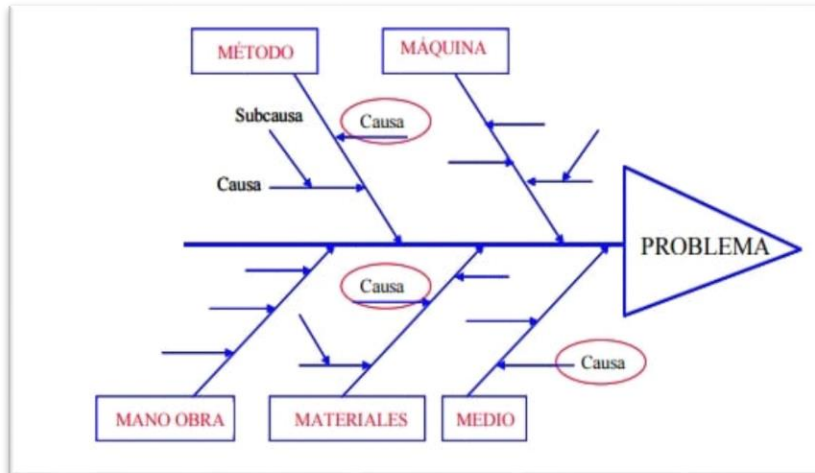


Ilustración 9 Diagrama de Ishikawa

### Ventajas

“El diagrama de Ishikawa presenta múltiples ventajas puesto que permite:

- Clasificar todas las causas relacionadas con el problema planteado.
- Esclarecer un problema relativamente consecuente.
- Hacer participar a todos los miembros del equipo en el análisis y crear así una dinámica de gestión de proyectos.
- Limitar el olvido de algunas causas gracias al trabajo en grupo.
- Identificar los dominios en los que hay que profundizar, donde a veces falta información.
- Analizar un problema, sea cual sea el sector o el ámbito de actividades del que provenga.
- Proporcionar elementos para la elaboración de una solución adaptada al problema planteado.
- Dar una visión sintética de las relaciones de causa-efecto.

Este tipo de herramientas participativa, tal como Kaoru Ishikawa propone, ofrece un campo de visión y de reflexión relativamente amplio que permite superar las constataciones demasiado simplistas cuando surge un problema. Aumenta el campo de causas posibles del problema (potencial) y, a la vez, identifica soluciones e

intervenciones necesarias para evitar o resolver un problema concreto.” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

### Etapas de la construcción del diagrama

“La construcción del diagrama de Ishikawa es progresiva y se realiza mediante una aplicación gradual de las diferentes etapas de trabajo, necesarias para la reflexión y la buena aplicación grafica del problema.” (ARIANE DE SAEGER, 2013) “En concreto, es necesario.

- Definir claramente el problema y, una vez hecho, trazar una flecha horizontal que apunte al problema, accidente o efecto.
- Realizar un inventario de causas posibles (en forma de una tormenta de ideas, por ejemplo) y trabajar con personas competentes y expertas en el dominio del problema.
- Recuperar los datos de la tormenta de ideas.
- Clasificar las ideas por familias (5-8M). Atención, no para todas las M hay que trazar necesariamente una rama. Hay que recordar que el método de Ishikawa tiene que adaptarse a la profesión, al contexto y a la problemática.

Esta etapa permite perder trazar las fechas secundarias que deben unirse a la fecha horizontal principal. Cada una de ellas representa una de las familias de causas potenciales.

- Evaluar las causas prioritarias y sopesar cada causa para determinar los ejes de acción prioritarios y jerarquizarlos.
- Elegir las causas sobre las que actuar cuando se haya trazado el diagrama de función de la prioridad acordada a una o a otra. Las causas potenciales y las causas secundarias se dividirán entonces en dos grupos.
- Establecer soluciones y acciones correctivas. Esta etapa puede corresponder a una fase de prueba o a una fase de implementación de una solución.

De esta forma se ponen en orden todos los elementos, lo que permite al responsable del proyecto visualizar (las espinas del pescado) y organizar los grupos de trabajo en función

de las soluciones que probar. Para cada M (ilustración 10) se hará un esquema de cada una (espina).” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

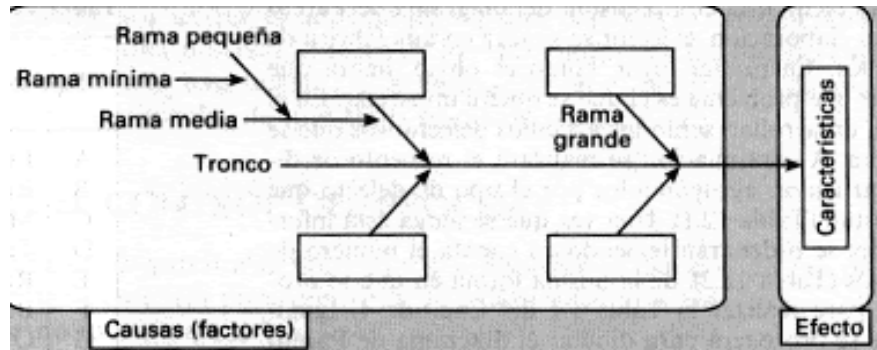


Ilustración 10 Una espina del pez

### ¿Para qué sirve el diagrama de Ishikawa?

“Al hacer un análisis de los procesos y optimizarlos se vislumbra el problema en distintos niveles: desde pequeñas fallas de bajo impacto hasta graves obstáculos que pueden afectar severamente la operatividad, ya sea en un departamento, grupo o hasta en la empresa completa.”

El diagrama de Ishikawa es útil para conseguir diferentes objetivos como analizar, resolver, optimizar, ser más rápidos y más eficientes en general. Te puede servir también para:

- Mejorar la toma de decisiones.
- Contribuir a un mejor ambiente laboral.
- Hacer apto un proceso de trabajo para obtener certificaciones.
- Identificar áreas que requieran de capacitación al personal.
- Motivar a tus empleados.
- Medir diversas áreas y su desempeño operativo.

- Saber dónde invertir.
- Aprovechar las áreas de oportunidad.

### Escollos que evitar

La dificultad del diagrama de Ishikawa no está tanto en su metodología por etapas, que en realidad facilita su construcción, sino en desatender ciertos elementos clave.

- La importancia del trabajo en equipo. Este sustenta toda la reflexión durante y después de la construcción del diagrama. Sin una larga reflexión, sin un equipo con una diversidad de competencias, sin una mentalidad de grupo o sin una participación activa y dinámica colectiva (búsqueda de pistas, acuerdo consensuado en las prioridades, etc.), las causas del problema no se analizarán completamente y la solución más anodina podría no completarse.
- El uso de herramienta. Aunque se considere el diagrama de Ishikawa una herramienta de gestión de la calidad, no hay que limitarlo a su primera utilidad. En la preparación de un proyecto, esta herramienta se puede utilizar para el análisis contextual y/o para el análisis de riesgos potenciales, aspecto a que cada vez se toma más en cuenta las empresas. Por otro lado, sería una lástima considerarlo solo como una herramienta de búsqueda de las causas del problema, puesto que también puede servir de herramienta de análisis de las causas del éxito.
- El origen de la tormenta de ideas. Se aconseja intercambiar los puntos de vista con todos los miembros del equipo para abordar el conjunto de aspectos (causas y efectos) del problema definido. Todos son libres de manifestar sus puntos de vista sobre el problema en cuestión.
- El respeto al proceso. Es importante llegar progresivamente a clasificar las causas jerárquicamente según el grado de prioridad en relación al problema. El diagrama de espina de pescado se basa principalmente en una problemática y en reflexiones relacionadas con la problemática estudiada.
- La extensión de su aplicabilidad. El método Ishikawa, aunque inicialmente fue sugerido para los ingenieros y este en general orientado al mundo de la empresa, debe de poder aplicarse a todos los sectores (tanto público como privado), como



al de los hospitales, por ejemplo. Entonces convendrá adaptar la terminología y los factores estudiados de esta herramienta al sector de la actividad en el que se aplica el análisis.

### Recomendaciones

El diagrama de Ishikawa se aborda en múltiples obras de referencia que proporcionan muchos consejos pertinentes en relación con la buena aplicación de esta herramienta.

Nos quedamos con los siguientes consejos:

- Ser metódico. Aunque el diagrama de Ishikawa es una herramienta muy interesante y eficaz, es importante no saltarse las etapas y buscar las causas antes que las soluciones.
- Estar atento. Durante el debate, se pueden mencionar nuevas causas. En esta etapa de la tormenta de ideas, no hay que pasar por alto nada para favorecer la creatividad, la mentalidad abierta y las proposiciones del grupo.
- Ser meticuloso. Si las causas son demasíadamente numerosas y conducen a un diagrama demasiado complicado, es preferible construirlo por ramas.
- Ser pragmático. Es esencial adaptar la terminología de esta herramienta a su sector.
- Ser completo. No hay que limitarse a las causas negativas, sino analizar también las causas positivas.
- Ser preciso. Comprobar sobre el terreno que las causas determinadas generan el efecto constatado.

### De un modelo de 5M a otro de 7M u 8M

“El diagrama, en un principio limitado a 5M, se amplió a 7 u 8M según el caso. El objetivo sigue intacto, es decir, sigue permitiendo una visualización concreta, sintética y exhaustiva de las causas de un problema que conviene tratar prioritariamente, pero también y, sobre todo, permite identificar la solución más eficiente.” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

A las 5M iniciales se añaden:

- Medida: correspondiente a todo lo que se puede cuantificar para llegar al efecto.
- Management (gestión, si no se considera en la M de métodos): son métodos de dirección, del estilo de mando, etc.
- Medios financieros: el presupuesto, los gastos, los ingresos, etc. que tendrán inevitablemente un impacto en las otras M.

### Límites y Críticas del Modelo

- A pesar de las numerosas ventajas, cabe destacar que el diagrama de Ishikawa no es demasiado útil para problemas extremadamente complejos que tienen muchas causas y que se relacionan los unos con los otros. Sin embargo, estas interrelaciones suelen ser del origen de un problema presente o potencial.
- La segunda crítica al modelo que señala la jerarquización de las causas, que se realiza en función de la experiencia del grupo de trabajo o se basa en un análisis estadístico del problema que ha ocurrido con anterioridad. De este modo, la jerarquización puede variar de un grupo a otro según las subjetividades, y ser menos pertinente y menos acertada que si hubiera datos estrictamente estadísticos

En términos generales, se aconseja completar el método de Ishikawa con otro para asegurar la objetividad y la pertinencia del análisis.

### Extensiones y modelos conexos

Son muchas herramientas que se pueden utilizar para amplificar la reflexión sobre un mismo problema dañado.

### Métodos similares al Diagrama de Ishikawa

#### Los 5 porqués

“El método de las 5P (5 Porqués), creado por ingeniero industrial japonés Taiichi Ohno (1912-1990), tiene como objetivo buscar las causas primarias de un problema.” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

El método es simple, pero muy eficaz: consiste a hacerse cinco veces la pregunta ¿por qué? (ilustración 11) para llegar hasta la fuente real del problema.

De esta forma, después de identificar la causa superficial, el trabajo querrá descubrir las distintas causas primarias del problema con la ayuda de los porqués, que aparecen generalmente después de las segunda o tercera pregunta. La mayoría de las veces, las causas en la base de los problemas son de organización.

Es importante no precipitarse y considerar los diferentes niveles con precisión para evitar pasar por alto algunos elementos clave. Se trata de un método muy parecido al diagrama de Ishikawa.

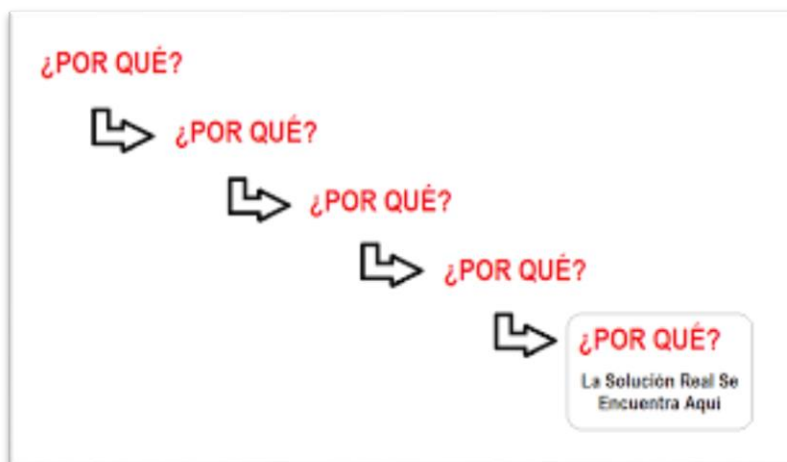


Ilustración 11 Las 5 Porqués

### El diagrama de Pareto

“Como herramienta de análisis de datos, este diagrama o más bien un histograma, permite visualizar la incidencia de los problemas en porcentaje y por orden decreciente como se muestra en (ilustración 12). De esta forma, la prioridad de la acción es más explícita puesto que el responsable sabe a qué elemento tiene que prestar atención. Se trata de un sistema elemental que facilita la visualización de la importancia de un problema.” (ARIANE DE SAEGER, 2013)

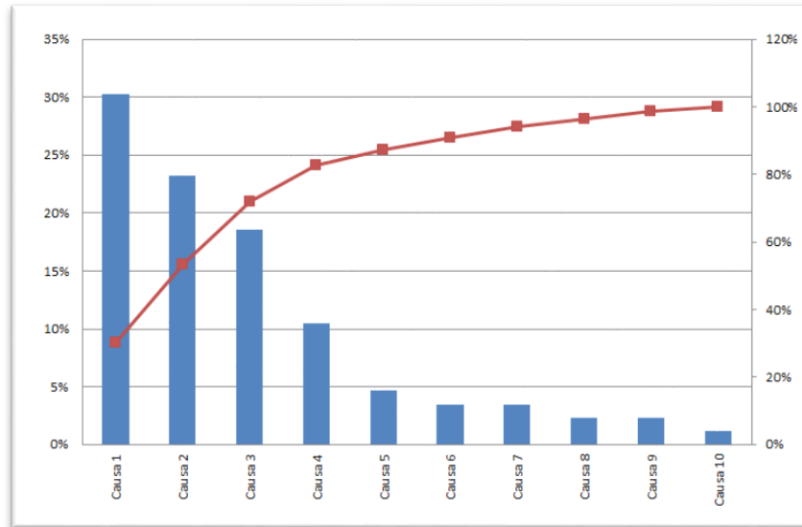


Ilustración 12 Diagrama de Pareto

### La tabla de eficacia

“La tabla de eficacia es una gráfica que presenta las diferentes soluciones posibles. Mientras que las otras herramientas aumentan el campo de reflexión sobre el origen del problema, la tabla de eficacia permite un enfoque más matemático y compara tanto la eficacia como el coste de la solución.” (ARIANE DE SAEGER, 2013) Una vez creada la tabla, el que reflexiona elegirá, guiado por la lógica, la solución que resulte más eficaz para un coste menor (eficacia), sin perder de vista su viabilidad. Si por cualquier razón el equipo no optara para esta solución, se le invitará a motivar su otra decisión exponiendo los objetos jerarquizados sobre los que han reflexionado específicamente para el proyecto.

El eje de abscisas representa el coste, mientras que el de ordenadas se refiere a la eficacia.

Conviene colocar en las celdas las soluciones potenciales en función de su coste o eficacia. Pero atención, es importante acordarse de algunas nociones que concierne al análisis coste-eficacia:

- La eficacia se mide en función de un resultado único determinado previamente.
- El coste debe calcularse de forma global; de programas cuando el objetivo puede reducirse a un resultado único.
- Este análisis puede usarse antes, durante y después del proyecto.

De este método, se impondrá la solución más ventajosa, es decir, la más eficaz y de menor coste.

### El método CABBIDAS

“El método CABBIDAS está más orientada a la búsqueda de soluciones que a las causas, como la tabla de eficacia. Sin embargo, sigue siendo una herramienta interesante y complementaria al diagrama Ishikawa” (ARIANE DE SAEGER, 2013).

El éxito de este método depende, entre otras cosas, de la participación activa del grupo de trabajo y de la diversidad de los trabajos y de las competencias de los participantes que lo conforman. El proceso que hay que seguir para la aplicación de esta herramienta es más consecuente que los necesarios para el diagrama de Ishikawa y para los métodos complementarios desarrollados con anterioridad.

### Six Sigma

“Six sigma o seis sigma, como es conocida en español, es una filosofía de trabajo que nació como una metodología de mejora y solución de problemas complejos. Su creador fue el doctor Mikel Harry, el cual la desarrolló como una herramienta de control y disminución de la variación en los procesos.” (ceruma, 2021) A partir de ese entonces su concepto ha evolucionado a través de múltiples aportes hasta convertirse en una filosofía puesta en práctica en los procesos de más alto desempeño.

Six Sigma es una técnica o metodología de gestión y organización empresarial aplicable a empresas de cualquier ámbito. Su objetivo es reducir los fallos o defectos de los productos a un nivel prácticamente nulo.

“Esta metodología fue creada en los años 80 por Bill Smith en Motorola y busca el principio de “cero defectos”, lo que en la práctica se traduce en que su aplicación debería garantizar, en su nivel más óptimo, un valor máximo de 3.4 defectos por cada millón de

unidades producidas (3.4 DPMO) o, lo que es lo mismo, garantizar una eficiencia del 99.99966%.” (ceruma, 2021)

Este concepto tiene fuerte relación con variables estadísticas como la desviación típica estándar ( $\sigma$ ) y con otros conceptos estadísticos como la distribución normal o campana de Gauss como se muestra (ilustración 13):

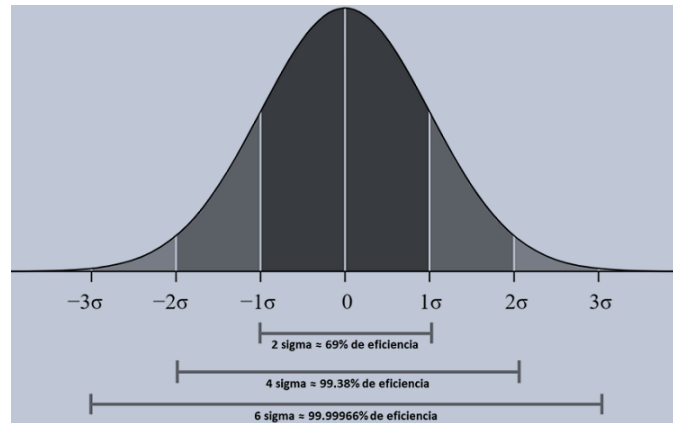


Ilustración 13 Grafica de distribución normal campana de Gauss

En el campo de la fabricación, se utilizan para expresar la proporción de productos que entran y que no entran en tolerancia al finalizar su producción, es decir, para controlar la variabilidad de la producción.

Por ejemplo, en una fábrica dedicada a la producción de ejes, de cada millón producido, únicamente entre tres y cuatro ejes, serán desechados al final de la línea de producción. Con esta consideración inicial, se puede deducir que su objetivo principal es evitar que un producto defectuoso llegue al cliente final. Es importante indicar que, en este contexto, se entenderá como producto defectuoso todo aquel que no entre dentro del margen admisible por el cliente.

Una de las metodologías que desarrolla la mejora continua de los procesos es Six Sigma, que se centra en reducir y eliminar los defectos o fallos en los procesos.

“Six Sigma es un término acuñado por el ingeniero Bill Smith, de Motorola, en la década de los años ochenta. Fue así como la compañía denominó a su propuesta de reducción radical de defectos en los productos.” (EMPRESARIALES, 2016) Luego experimentó un

nuevo impulso hacia fines del siglo XX, al ser aplicada por General Electric en toda su organización, tanto para la fabricación como para los servicios, logrando espectaculares resultados.

En pocas palabras, Six Sigma es un método basado en datos que examina los procesos repetitivos de las empresas y tiene por objetivo llevar la calidad hasta niveles cercanos a la perfección. Es más, se propone una cifra: 3.4 errores o defectos por millón de oportunidades. Y se distingue de otros métodos en el hecho de que corrige los problemas antes que se presenten.

### ¿Qué características tiene Six Sigma?

Lo más destacado es:

- Se implementa una estructura de entrenamiento.
- El enfoque que se aplica es proactivo.
- Se emplea una metodología estructurada con diversos instrumentos.
- Se enfoca mediante variables clave dentro de un proceso.
- La máxima es trabajar con características críticas de la calidad.
- La calidad se obtiene en proceso y no en inspecciones.
- Las salidas del proceso dependen de las entradas.

### Relación entre Six Sigma y Lean Manufacturing

“Son dos metodologías complementarias, aunque tengan diferencias. A través de Lean Manufacturing, los coordinadores de GAP (Grupos Autónomos de Producción) y el personal de soporte, con sus correspondientes reuniones diarias, hace que la comunicación fluya de manera ascendente.” (APD, 2019)

En este sentido, el empoderamiento de los operarios facilita la implementación de proyectos Seis Sigma. Estos proyectos son técnicos y se enfocan a la resolución de

problemas complejos que necesiten de personal pluridisciplinar y de coordinación interdepartamental.

### ¿Cómo funciona el Lean Six Sigma?

Lean Six Sigma emplea la metodología Six Sigma y una conjugación de herramientas Lean y estadísticas.

Six Sigma constituye un modelo de gestión de calidad que también se conoce como DMAIC, siglas de las palabras en inglés: define, measure, analyze, improve y control. En español: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Estas son las cinco fases que se han de aplicar en cada proceso como se muestra (ilustración 14).

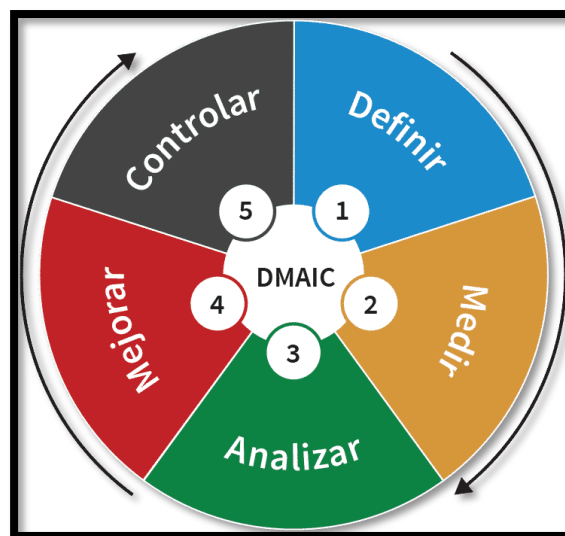


Ilustración 14 Fases de DMAIC

“**Definir**, que consiste en concretar el objetivo del problema o defecto y validarlo, a la vez que se definen los participantes del programa.” (FRANCISCO GONZALEZ, 2016)

- **Medir**, que consiste en entender el funcionamiento actual del problema o defecto.
- **Analizar**, que pretende averiguar las causas reales del problema o defecto.
- **Mejorar**, que permite determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar.



- **Controlar**, que se basa en tomar medidas con el fin de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y de satisfacción del cliente.

### Beneficios del Six Sigma

La utilización de la técnica de gestión y organización Six Sigma en compañías da lugar a una serie de beneficios o ventajas muy relevantes para los resultados de la misma:

- Se llegan a reducir los defectos, errores o fallos hasta un valor cercano a cero (eficiencia global del 99,99966%). Con lo que la cuenta de resultados se verá fuertemente afectada de manera positiva.
- Los niveles de ahorro, que se obtienen con su implantación suponen una cifra enorme, en comparación con los costes de la implantación de esta metodología.
- Los despilfarros y procesos sin valor añadido se eliminan, potenciando los que sí aportan valor añadido.
- Se logra satisfacer al máximo al cliente, con lo que se fideliza el nicho del mercado al que pertenece la empresa, asegurando de este modo las ventas.
- Ayuda a recuperar participación en el mercado, a realizar previsiones de mayor confiabilidad y a reducir el índice de devolución de productos por parte de los clientes.
- Es una metodología aplicable a empresas de cualquier ámbito, no sólo a las pertenecientes al sector de la producción, sino también al sector servicios.
- Se mejoran y optimizan los procesos (productivos o no) de manera que se dé lugar a una metodología estandarizada y común a todos los integrantes de la compañía.
- La implantación del Six Sigma, genera retornos de inversión lo suficientemente grandes como para absorber los costes iniciales de dicha implantación, en un plazo de tiempo asumible para la gran mayoría de las empresas.

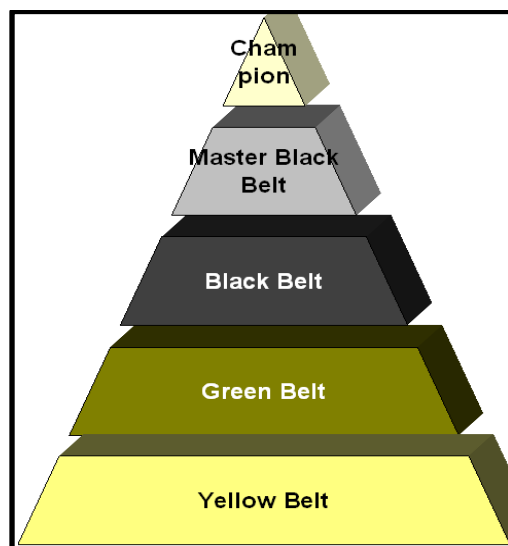
### Principios de Six Sigma

Quizá una de las características más relevantes de Six sigma y que se contrasta fuertemente en la práctica, sea aquella de que la calidad se asegura en los procesos y no en las inspecciones. En ese orden la calidad se genera y se controla en los procesos; además de esta, Six sigma tiene otros principios, por ejemplo:

- Debe capacitarse a todo el personal en Six sigma.
- La aplicación de Six sigma tiene un enfoque proactivo.
- Six sigma es una metodología sistemática y de herramientas estructuradas.

### Estructura Six Sigma

La estructura humana de Seis Sigma se compone de (ilustración 15):



*Ilustración 15 Pirámide de estructura Six Sigma*

1. “Director Six Sigma: Define los objetivos estratégicos del programa, las responsabilidades, selecciona el proyecto y los equipos que formarán parte del programa, de acuerdo con el objetivo. También comunica y difunde el programa.” (FRANCISCO GONZALEZ, 2016)
2. Altos directivos (Champions): Son los directores de área quienes proveen la dirección estratégica y recursos para apoyar a los proyectos por realizar.
3. Cinturones Negros Maestros (Master black belts): No siempre existen. Personal seleccionado y capacitado, que ha desarrollado actividades de cinturón negro y

coordinan, capacitan y dirigen a los expertos cinturones negros en su desarrollo como expertos Seis Sigma. Por lo tanto, son buenos conocedores de la metodología con amplia experiencia en el campo.

4. Cinturones Negros (Black belts): Expertos técnicos que generalmente se dedican a tiempo completo a la metodología Seis Sigma. Son los que asesoran, lideran proyectos y apoyan en mantener una cultura de mejora de procesos. Se encargan de capacitar a los cinturones verdes. También tienen la obligación de encontrar y proponer mejoras.
5. “Cinturones Verdes (Green belts): Expertos técnicos que se dedican en forma parcial a actividades de Seis Sigma. Se enfocan en actividades cotidianas diferentes de Seis Sigma, pero participan o lideran proyectos para atacar problemas de sus áreas.” (FRANCISCO GONZALEZ, 2016)



**CAPITULO 4**

**DESARROLLO**

**CAPITULO 4**

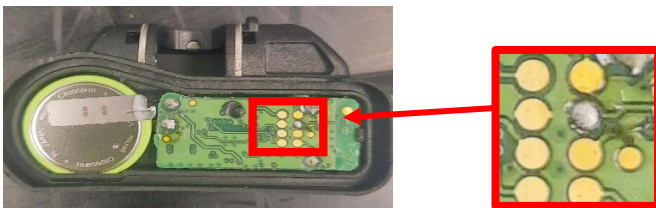
## 4.1 DESARROLLO

A continuación se adelantará al lector a los puntos principales de la metodología o desarrollo del proyecto, en los cuales se identificarán las fallas y se muestran los porcentajes de las mismas, así como las diferentes anomalías que se encontraron dentro del proceso para analizar las diferentes fallas que se presentan en la línea y mejorar lo propuesto.

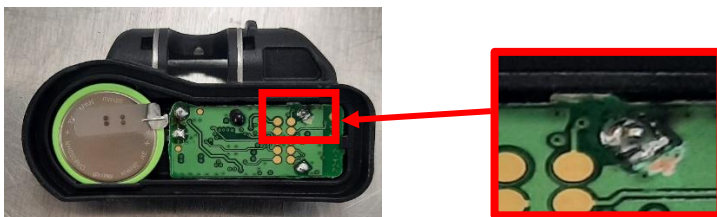
### Verificación de las piezas dañadas

Se analizaron durante varios días las piezas que se tiran al final del turno donde se muestran varias piezas con los defectos similares que fueron alrededor de 20 a 30 piezas diariamente de los siguientes defectos:

- Falla PCB Fiducial (ilustración 16)
- Falla de PCB Dañado (ilustración 17)
- Falla Enclosure dañado (ilustración 18)



*Ilustración 16 Falla PCB Fiducial*



*Ilustración 17 Falla PCB Dañado*



Ilustración 18 Falla Enclosure Dañado

Análisis de causa raíz (Esquema de Ishikawa)

Se realizaron los diferentes análisis causa raíz de cada una de las fallas dentro del proceso de la línea, donde las estaciones que se encontró el problema, se analizó las piezas dañadas de cada defecto donde se hicieron las diferentes pruebas correspondientes.

Se realizo un esquema de Ishikawa de la falla de PCB Fiducial, falla de PCB dañado y Enclosure Dañado como se muestran (ilustración 19) (ilustración 20) (ilustración 21).

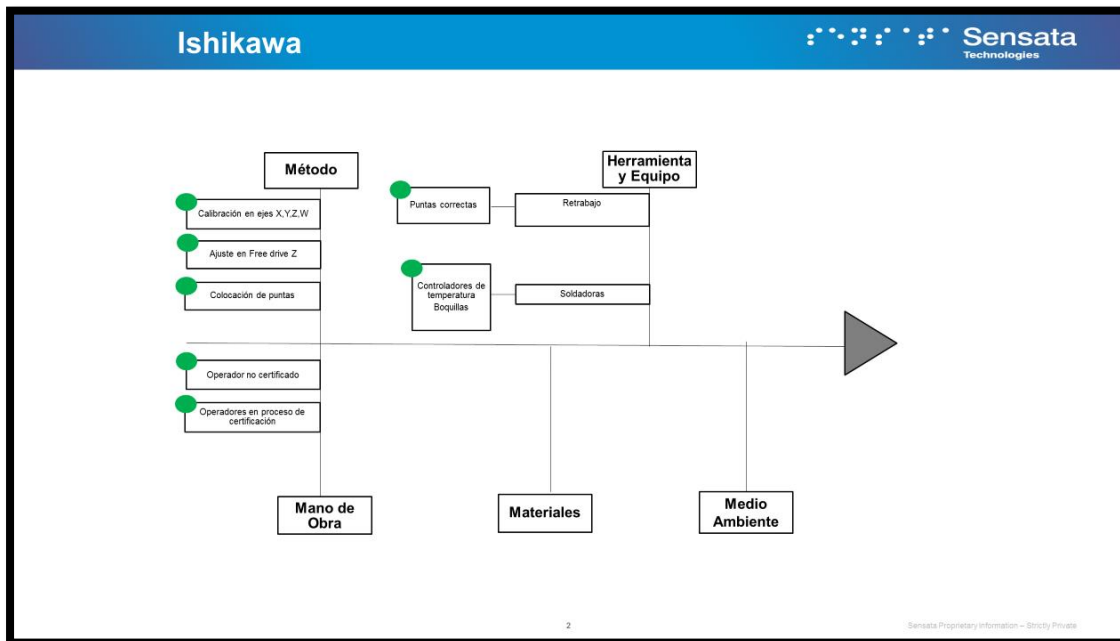


Ilustración 19 Ishikawa Falla de PCB Fiducial

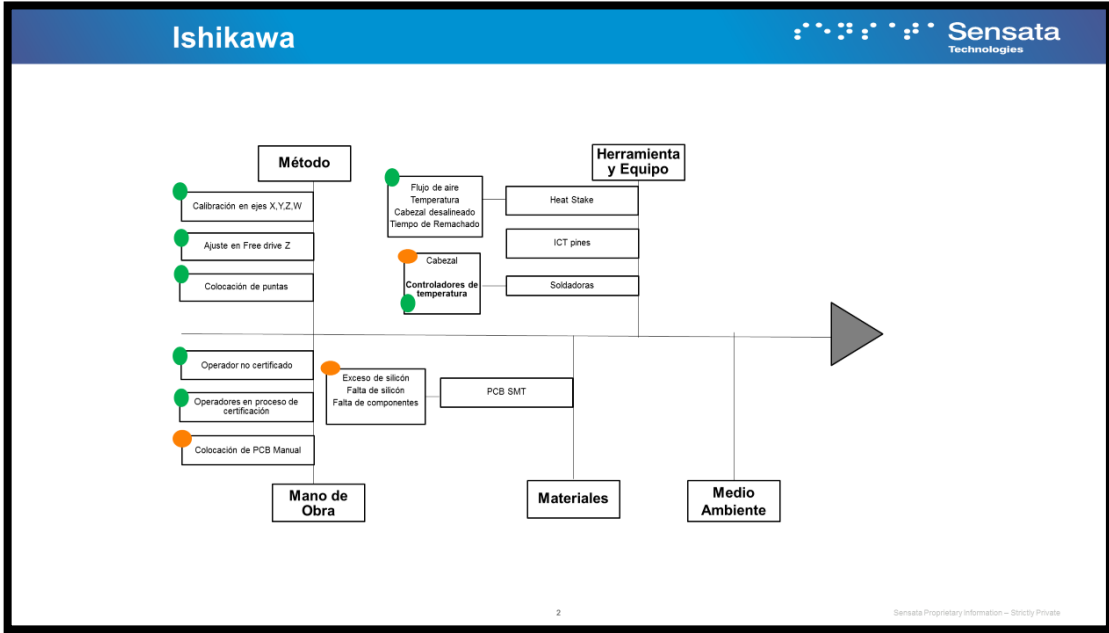


Ilustración 20 Ishikawa falla de PCB Dañado

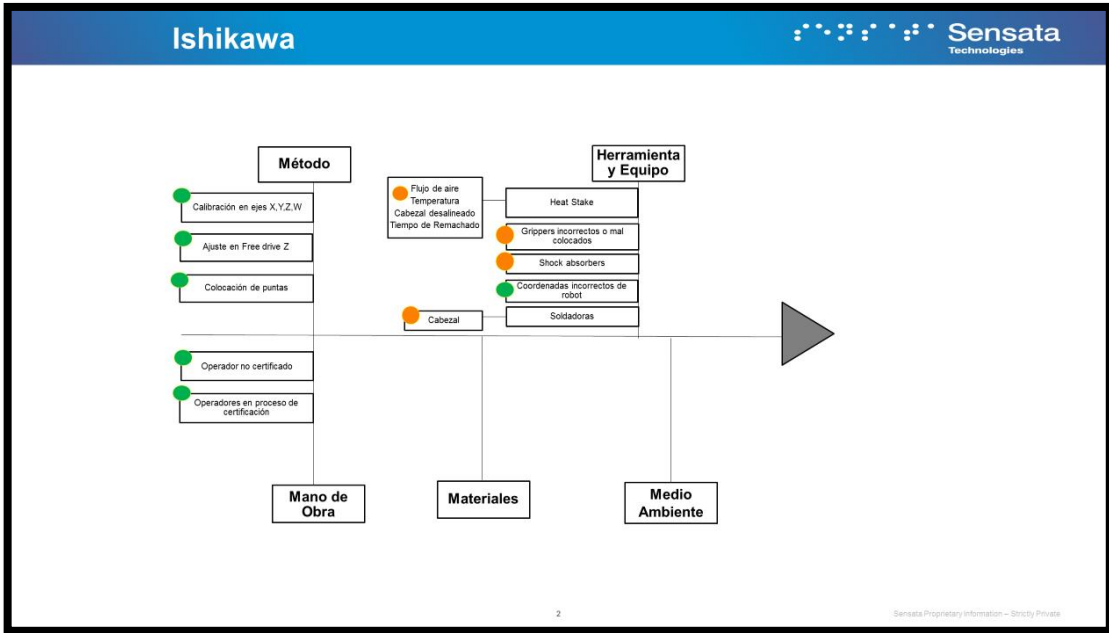
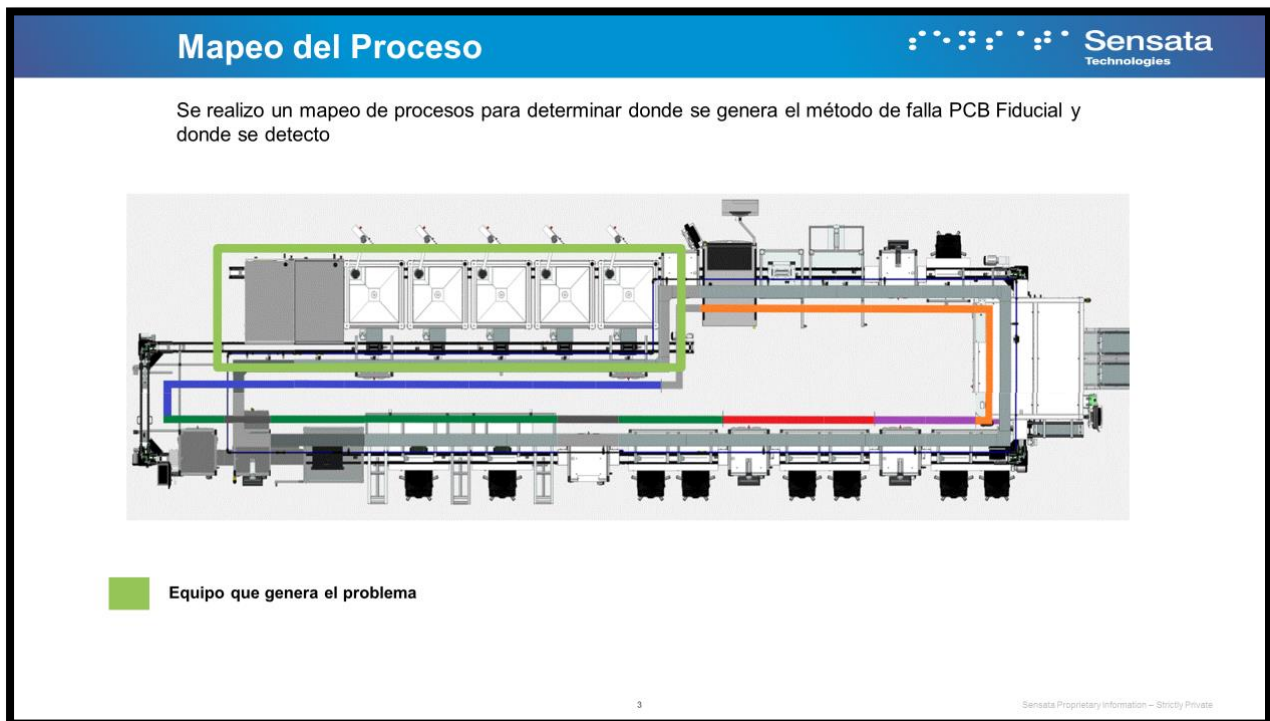


Ilustración 21 Ishikawa falla de Enclosure Dañado

## Mapeo del Proceso

En el mapeo del proceso de cada falla como se muestran (ilustración 22) (ilustración 23) (ilustración 24), es para saber dónde se encontró el equipo que donde ocurre el principal problema donde se realizó en cada operación las hipótesis correspondientes de cada equipo que conforma la línea 16 de Mechanical Assembly, para tener el enfoque del equipo donde se genera la falla.

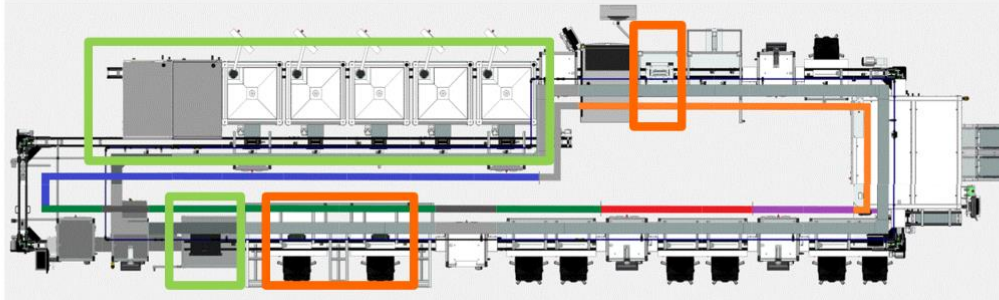


*Ilustración 22 Mapeo del proceso Falla Fiducial*



## Mapeo del Proceso

Se realizó un mapeo de procesos para determinar donde se genera el método de falla PCB Dañado y donde se detecto



Estación de enclosure manual	Potencialmente no genera problema
Estación de Heat Stake	Genera el problema
Estación de soldadoras	Genera el problema
Estación de ICT	Potencialmente no genera el problema

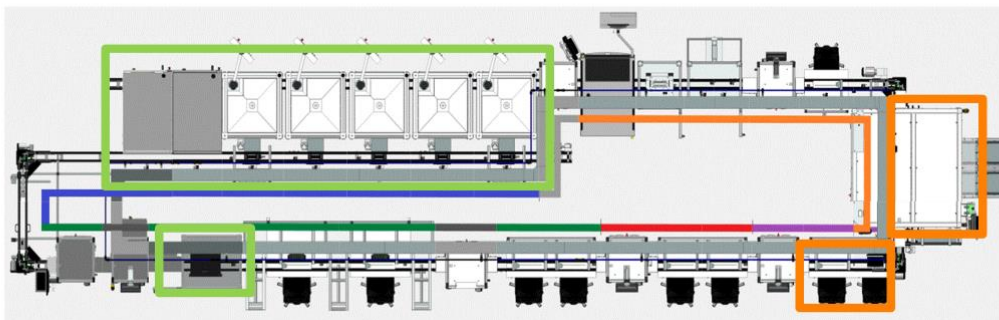
3

Sensata Proprietary Information - Strictly Private

Ilustración 23 Mapeo del proceso Falla de PCB Dañado

## MAPEO DEL PROCESO

Se realizó un mapeo de procesos para determinar donde se genera el método de falla Enclosure Dañado y donde se detecto



Estación de Enclosure manual	Potencialmente no genera problema
Estación de Heat Stake	Genera problema
Estación de soldadoras	Genera el problema
Estación de Descarga Automática	Potencialmente no genera problema

7

Sensata Proprietary Information - Strictly Private

Ilustración 24 Mapeo del proceso Falla de Enclosure Dañado

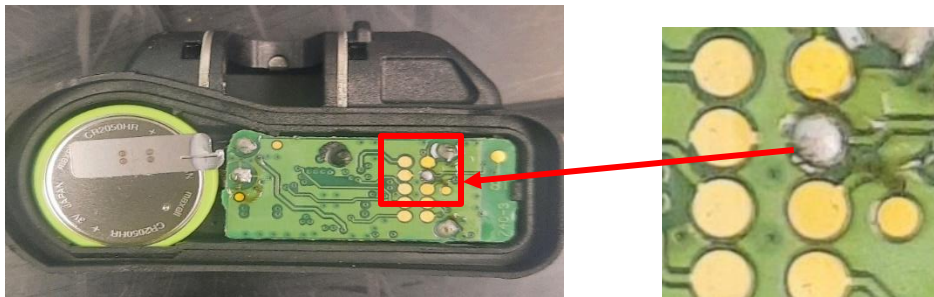
### Verificación de los diferentes factores

Se realizó varias hipótesis para saber dónde se presenta el principal problema dentro de la línea generando varias pruebas para el análisis de la falla PCB Fiducial, PCB dañado y Enclosure dañado.

### Falla de PCB Fiducial

#### 1.- Estación de soldadoras, Calibración

- ✓ Se verificó los parámetros en X, Y, Z y A
- ✓ Se realizó prueba de un pallet con parámetros incorrectos (ilustración 25 soldadura en el Pat)
- ✓ Se revisó la condición de la punta que no presente daños
- ✓ Se puso a soldar pallet después de la corrección
- ✓ Se verificó 10 pallets después de la prueba correspondiente



*Ilustración 25 Soldadura en el Pat*

#### 2.- Estación de soldadoras, Punta floja

- ✓ Se verificó la punta de las soldadoras 2,3,5,5 y 7
- ✓ Se verificó que todas las boquillas de soldadura aprieten al colocar una punta
- ✓ Se hizo una prueba de 8 piezas con la punta floja
- ✓ Se verificó 10 pallets con la punta bien colocada

### 3.- Estación de soldadoras, Alineación y Temperatura

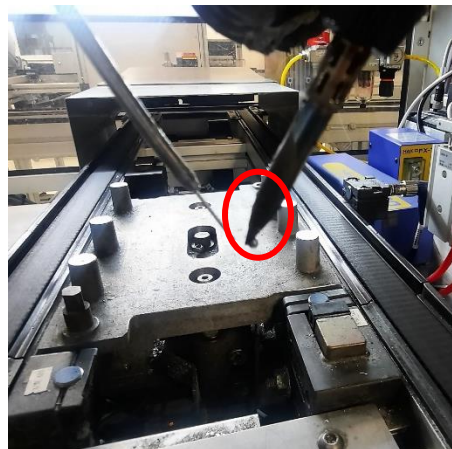
- ✓ Se verificó la punta que este en buenas condiciones
- ✓ Se verificó que la boquilla no esté floja y tornillo en buen estado
- ✓ Se checo que la boquilla (ilustración 26 boquilla desalineada)
- ✓ Se checo la temperatura sea la correcta



*Ilustración 26 Boquilla desalineada*

### 4.- Estación de Soldadoras, limpieza de la punta

- ✓ Se verificó la condición de los cepillos
- ✓ Se checo que el sistema de limpieza este realizando su función correctamente
- ✓ Se checo que antes de realizar el ciclo que la punta no tenga residuos de soldadura (ilustración 27 punta limpia)
- ✓ Se aseguró que los operadores al inicio de turno realicen la limpieza



*Ilustración 27 Punta Limpia*

## 5.- Estación Retrabajo

- ✓ Se verificó como el operador toma la punta
- ✓ Se checo como retrabajan los diferentes operadores
- ✓ Se realizó prueba los 2 operadores retrabaje 20 piezas
- ✓ Se checo la condición de la punta (ilustración 28 punta incorrecta)



*Ilustración 28 Punta Incorrecta*

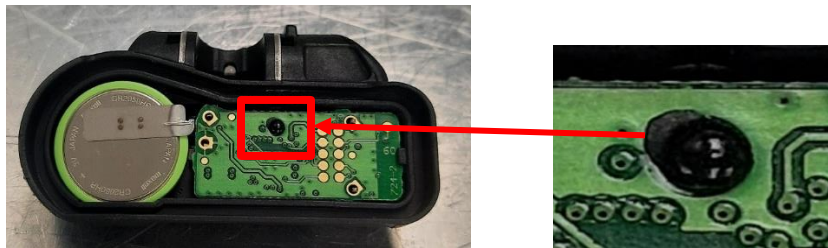
## Falla de PCB Dañado

### 1.- Estación de carga manual de PCB

- ✓ Se verificó un magazine como viene de SMT en cada uno de las diferentes charolas
- ✓ Se revisó que antes de colocarlas no presenten algún daño en el PCB
- ✓ Se checó al operador como coloca la PCB
- ✓ Se revisó a los diferentes operadores si lo colocan igual el PCB

## 2.- Estación Heat Stake

- ✓ Se revisó el flujo del aire de la maquina
- ✓ Se verificó la temperatura que este estable cuando este en función
- ✓ Se verificó que el cabezal no esté desalineado que no deje las piezas (ilustración 29 remache de calor deformado)
- ✓ Se verificó que el tiempo de remachado sea igual en cada pallet
- ✓ Se verificó 20 pallets como quedan después de la maquina
- ✓ Se checó que el Enclosure no esté dañado



*Ilustración 29 Remache de Calor mal formado*

## 3.- Estación de Soldadoras, Calibración

- ✓ Se verificó parámetros en X, Y, Z y A
- ✓ Se realizó prueba de un pallet con parámetros incorrectos
- ✓ Se revisó la condición de la punta que no presente daños y que no esté chueca
- ✓ Se corrigió parámetros donde la punta este en la posición correcta (ilustración 30 parámetros incorrectos)
- ✓ Se puso a soldar pallet después de la corrección
- ✓ Se verificó 10 pallets para comprobar que quedo bien la maquina

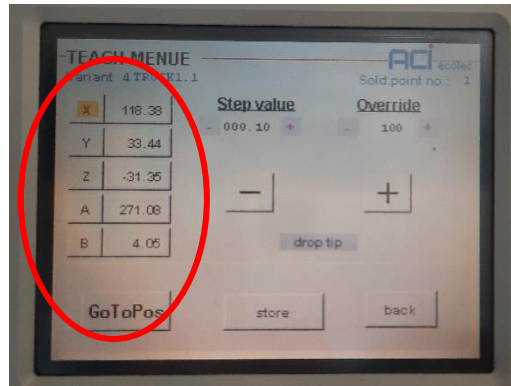


Ilustración 30 Parámetros Incorrectos

#### 4.- Estación de soldadoras, punta floja

- ✓ Se verificó la punta de las soldadoras 2,3,5,5 y 7
- ✓ Se verificó que todas las boquillas de soldadura aprieten al colocar una punta
- ✓ Se realizó una prueba de 8 piezas con la punta floja (ilustración 31 pieza dañada)
- ✓ Se verificó pallets después que la punta bien colocada

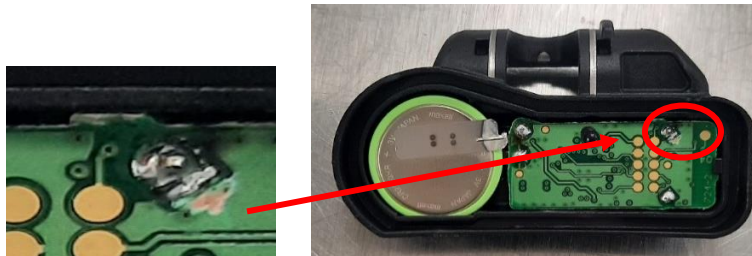
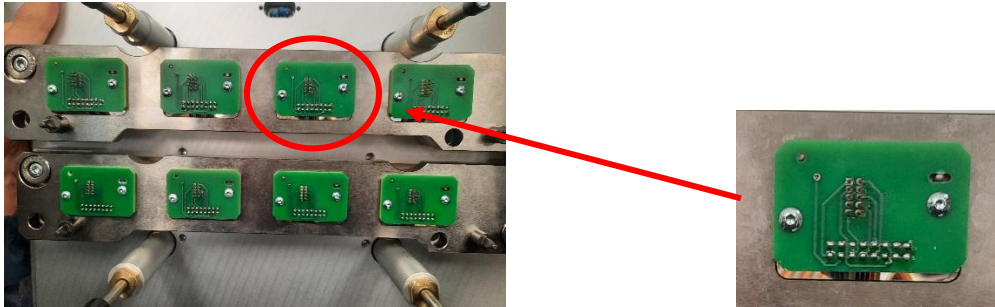


Ilustración 31 pieza dañada

#### 5.- Estación de ICT

- ✓ Se checaron pines de cada posición (ilustración 32 pines correctos y sin daños)
- ✓ Se checo la alineación del cabezal
- ✓ Se tomó el tiempo que se tarda en cada ciclo
- ✓ Se realizó la inspección de 10 pallet después de verificar los puntos anteriores



*Ilustración 32 Pines correctos y sin daños*

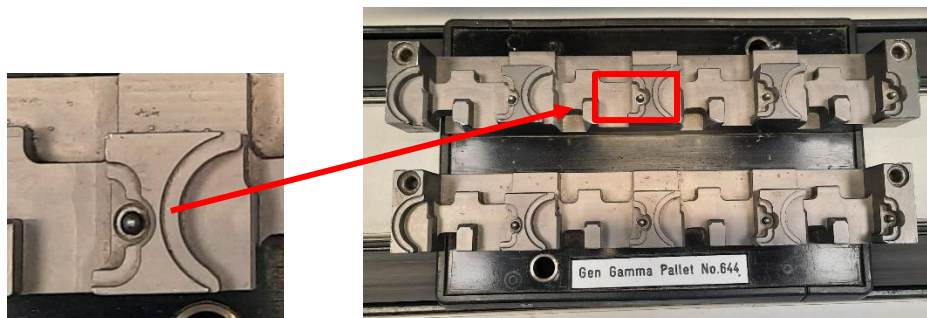
## 6.- Estación Retrabajo

- ✓ Se checo como el operador toma la punta
- ✓ Se realizó inspección de como retrabaja los diferentes operadores
- ✓ Se realizó la prueba los 2 operadores retrabaje 20 piezas
- ✓ Se verificó la condición de la punta

## Falla de Enclosure Dañado

### 1.- Estación Carga Manual de Enclosure

- ✓ Se revisaron los Shock absorbers de todos los pallets para asegurarnos que están en buenas condiciones (ilustración 33 pallet con los shocks absorbers correctos).
- ✓ Se revisó que el operador no batalle al colocarla cada una de las piezas
- ✓ Se hizo la prueba con 2 operadores diferentes
- ✓ Se verificó que las piezas se coloquen correctamente



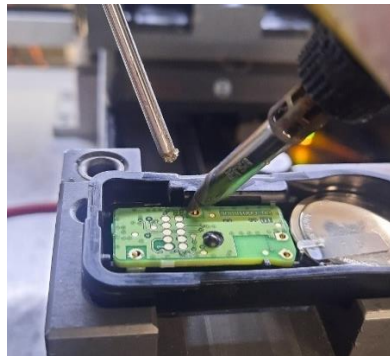
*Ilustración 33 Pallet con los shocks absorbers correctos*

## 2.- Estación Heat Stake

- ✓ Se revisó el flujo del aire de la maquina
- ✓ Se verificó la temperatura que este estable cuando este en función
- ✓ Se verificó que el cabezal no esté desalineado
- ✓ Se verificó que el tiempo de remachado sea igual en cada pallet
- ✓ Se Inspeccionó 20 pallets como quedaron después de la maquina remachara el pin
- ✓ Se checo que el Enclosure no esté dañado

## 3.- Estación de Soldadoras, Calibración

- ✓ Se verificó parámetros X, Y, Z, A
- ✓ Se realizó prueba de con parámetros incorrectos (ilustración 34 calibración incorrecta)
- ✓ Se ajustaron parámetros correctos
- ✓ Después de que se colocaron parámetros correctos soldar pallet
- ✓ Se verificó 10 pallet después de la prueba



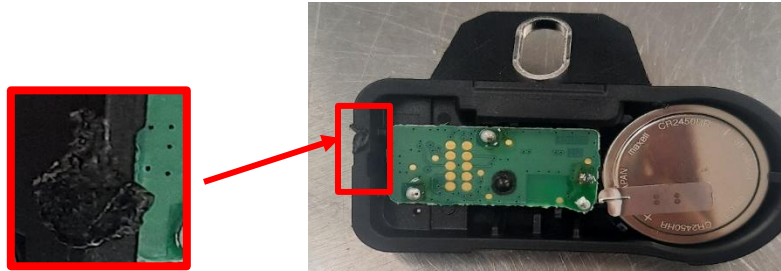
*Ilustración 34 calibración incorrecta*

## 4.- Estación de Soldadoras, Cabezal

- ✓ Se checo los cabezales de todas las soldadoras
- ✓ Se realizó la prueba con parámetros incorrectos en Z donde el cabezal bajo mucho donde se soldaron 8 piezas dejando las piezas (ilustración 35 pieza dañada por el cabezal).
- ✓ Se verificó el parámetro de FREE DRIVE HGHT Z



- ✓ Se ajustó el parámetro en Z correcto donde soldó 5 pallets para verificar que el cabezal no se esté moviendo al menos que el parámetro este incorrecto.



*Ilustración 35 pieza dañada por cabezal*

#### 5.- Estación de Descarga Automática

- ✓ Se verificaron los grippers que no presenten daños (ilustración 36 grippers sin daños).
- ✓ Se checo que durante este descargando las piezas no estén flojos
- ✓ Se realizó la inspección del ciclo correspondiente para que no choque durante este descargando
- ✓ Se verificó que no pierda secuencia el robot al descargar
- ✓ Se realizó inspección de 10 pallets para comprobar la descarga correctamente



*Ilustración 36 grippers sin daños*

## 6.- Estación de Retrabajo

- ✓ Se checo como el operador toma la punta
- ✓ Se analizó como retrabaja los diferentes operadores
- ✓ Se realizó prueba los 2 operadores retrabaje 20 piezas
- ✓ Se checo la condición de la punta como se muestra (ilustración 37 punta incorrecta).



*Ilustración 37 punta incorrecta*

## 4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades por Quincena	Ago -1 <sup>a</sup>	Ago- 2 <sup>a</sup>	Sept - 1a	Sept - 2a	Oct - 1 <sup>a</sup>	Oct- 2 <sup>a</sup>	Nov - 1a	Nov . - 2a	Dic- 1a
Verificación de piezas de scrap									
Se realizó diagrama de Ishikawa y mapeo del proceso									
Se realizan las hipótesis de los 3 tipos de fallas									
Ejecución de mejoras en el proceso en los equipos que se encontró el problema									
Capacitación a operadores la mejora de las fallas									
Resultados de la mejora dentro del proceso en la línea									



## **CAPITULO 5**

# **RESULTADOS**

## 5.1 RESULTADOS

A continuación, se adentrará al lector a los puntos finales del proyecto, en los cuales se especifican los logros y resultados obtenidos después de la realización del proyecto, así como algunos aspectos que podrían ser tomados en cuenta para ser desarrollados que pudiesen mejorar dentro de la línea para obtener mejores resultados en los diferentes turnos.

En la línea 16 al analizaron las diferentes operaciones que integra la línea 16, desarrollando varias pruebas y mejoras para los defectos ya mencionados encontrando las causas que provocando las fallas y haciendo las mejoras.

Para ello se obtuvieron los resultados siguientes para cada falla:

### Falla de PCB Fiducial

#### 1.- Estación de soldadoras, Alineación y Temperatura

- ✓ Se verificó la condición de la punta que no presente daños
- ✓ Se comprobó que si el ángulo del dispensador con la punta esta floja, la soldadura se ira por un lado de la punta.
- ✓ Se verificó que el ángulo del dispensador este centrada con la punta
- ✓ Se verificó el controlador de temperatura es estable en 380°C (ilustración 38 temperatura correcta).



*Ilustración 38 temperatura correcta*

Se detecto el principal problema si el dispensador este flojo, dañado, tapado, desalineado con la punta del caudín, generando problemas al soldar ya que el ángulo este muy abajo pueda colocar soldadura se valla hacia la parte de atrás de la punta se ensucie y genere problemas de soldadura en los componentes del PCB, para eso se verifico y realice el ajuste a todas las soldadoras dejando la punta con el dispensador alineado.

## 2.- Estación de Soldadoras, limpieza de la punta

- ✓ Se verificó la condición de los cepillos no están desgastados y no tienen residuos de soldadura donde se cambian en una soldadora por desgaste
- ✓ Se checo que la punta donde sale limpia
- ✓ Se comprobó que el sistema de limpieza realizo el ciclo correspondiente y la punta no tenga residuos
- ✓ Se verificó al inicio de turno que los operadores realicen la limpieza de los residuos

Se comprobó y se ajustó en una soldadora el sistema de limpieza, la función donde las coordenadas estén correctamente si no de lo contrario, las piezas estarán sin residuos de soldadura, también los cepillos se cambiaron (ilustración 39 cepillos en buen estado)



*Ilustración 39 cepillos en buen estado*

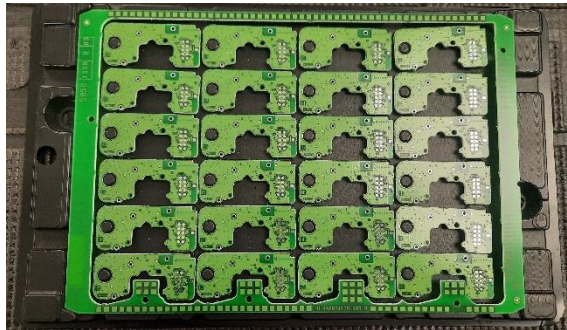
## Falla de PCB Dañado

### 1.- Estación PCB Manual

- ✓ Se verificó las charolas del magazine que no vinieran mal acomodadas porque al estar mal puede generarse algún daño
- ✓ Se revisó antes de que el operador lo coloque si no presenta falta de silicón, exceso o algún daño visible

- ✓ Se checo al operador como coloco el PCB correctamente.
- ✓ Se revisó que no todos los operadores colocaron el PCB igual ya que operadores en proceso de certificación batallan y para no dañarlo lo colocaron un poco más lento.

En esta estación el PCB las piezas que vienen de SMT, bien colocados en la charola (ilustración 40 PCBA bien colocados), esta estación no se genera el daño del PCB porque de lo contrario el PCB en las piezas del pallet no se pueden colocar.

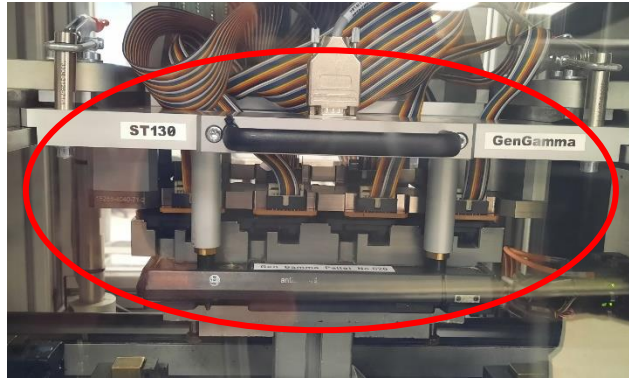


*Ilustración 40 PCBA bien colocados*

## 2.- Estación ICT

- ✓ Se verificó los pines de cada posición donde los pines se encontraron correctamente, no presentan daños, de lo contrario no funcionan automáticamente la maquina te da las piezas malas
- ✓ Se verificó la alineación del cabezal y esta correctamente (ilustración 41 cabezal alineado), ya que si estuviera desalineado no hacen contacto con las piezas y automáticamente las arroja malas
- ✓ Se verificó el tiempo que se tardó en hacer la prueba ya que es el mismo tiempo en cada pallet que paso
- ✓ Se verificó los 10 pallet donde las piezas no generaron ningún daño por el equipo

En esta estación no se generó el problema de PCB dañado ya que, si los pines están dañados, el cabezal si estuviera desalineado automáticamente en la pantalla del equipo las rechaza y las detecta malas.



*Ilustración 41 cabezal alineado*

### Falla de Enclosure dañado

#### 1.- Estación Carga de Enclosure Dañado

- ✓ Se revisó los pallets de la línea donde los Shock absorbers están en buenas condiciones.
- ✓ Se realizó la inspección del operador como colocar la pieza en cada nido.
- ✓ Se aseguro que los demás operadores que colocaron las piezas donde correctamente entraron en cada una de las posiciones del pallet (ilustración 42 piezas bien colocadas en pallet).
- ✓ Se verificó que al colocar cada pieza en cada una de las posiciones no está levantada.

En esta operación no se pudo generar el daño en el Enclosure ya que los Shock absorbers y los pallets están en buenas condiciones.



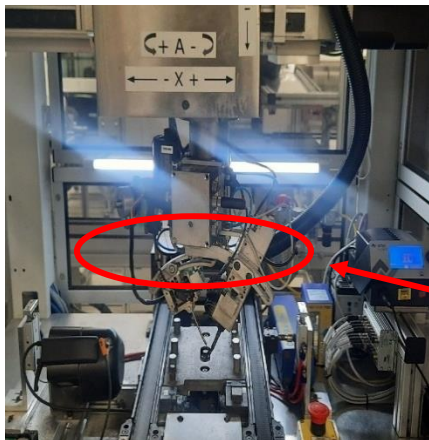
*Ilustración 42 piezas bien colocadas en pallet*



## 2.- Soldadoras, Cabezal

- ✓ Se verificó los cabezales donde están bien mecánicamente (ilustración 43 correctamente alineado).
- ✓ Se realizó prueba de 8 piezas donde se aflojo cabezal antes de los ajustes de parámetros correctos.
- ✓ Se verificó el parámetro donde se encuentran puntos no al mismo parámetro
- ✓ Se ajusto el parámetro FREE DRIVE HGHT Z donde se cambió a un nivel de punto apunto a -15 y de pieza a pieza a 0
- ✓ Se apretó cabezal para verificar que cambiando el parámetro correcto y cabezal correctamente las piezas estén correctamente soldadas y no presenten daños en el Enclosure.

Se comprobó que si los parámetros FREE DRIVE HGHT Z no están correctamente el problema en el daño del Enclosure siempre se estará generando dañando la pieza, punta y resistencia.



*Ilustración 43 cabezal correctamente alineado*

### 3.- Estación Descarga Automática

- ✓ Se verificó que los grippers no presenten daños en cualquiera de los 2
- ✓ Se verificó que al tiempo que esté tomando las piezas no las suelte por no estar bien colocados
- ✓ Se verificó que no pierda secuencia y estén correctamente las coordenadas del robot
- ✓ Se hizo la comprobación de cuando se esté descargando las piezas no choque robot y realice su ciclo correcto (ilustración 44 Robot descargando correctamente)

En esta estación no se puede presentar el daño ya que al estar mal colocado alguno de los grippers automáticamente la pieza no la toma y la tira la pieza y si choca o pierde secuencia el robot automáticamente se alarma con un error y ya no realiza nada.



*Ilustración 44 robot descargando correctamente*

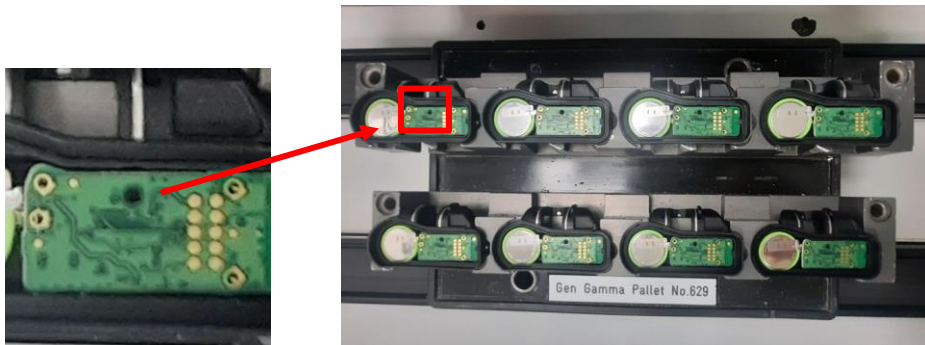
*Para la falla de PCB Dañado y Enclosure Dañado se obtiene el mismo resultado*

### 1.- Estación de Heat Stake

- ✓ Se revisó el flujo del aire donde esta correctamente
- ✓ Se verificó la temperatura este correcta 360°C solo se baja cuando abren la puerta y hasta que sube la temperatura que debe de ser empieza a trabajar

- ✓ Se verificó que el cabezal no esté desalineado verificando que las piezas derritan el pin en el mismo lugar y no presenten daños en las partes del Enclosure y no afecte al PCB
- ✓ Se verificó el tiempo de cada pallet que hace al remachar
- ✓ Se verificó 20 pallets que el pin de cada posición remache en el mismo lugar y no afecte los lados del Enclosure y PCB
- ✓ Se inspecciono cada uno de los remaches de cada pieza como lo realizo.

En esta operación el cabezal no estaba desalineado, generando el pin del remache correctamente (ilustración 45 piezas con remache correcto) donde no genero daños en las partes posteriores (Anexo 1).



*Ilustración 45 piezas con remache correcto*

### 3 tipos de fallas se ejecutan los mismos resultados

#### 1.- Estación de soldadoras, Calibración

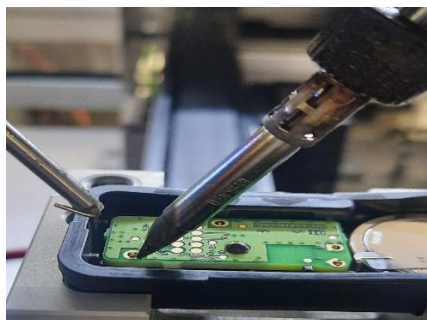
- ✓ Se verifica en parámetro en coordenada A (Ilustración 46) (Anexo 2).
- ✓ Se verificó los parámetros en X o Y no en el punto donde está el orificio y las terminales que soldaron en otra parte del PCB donde puede llenar de soldadura los pats (ilustración 47).
- ✓ Se puso a soldar un pallet para comprobar que teniendo los parámetros incorrectos pueden llenar en otra parte del PCB
- ✓ Se revisó que la punta tenga la temperatura correcta ya que si baja se quedan residuos en la punta y generando excesos en otros puntos a soldar

- ✓ Se corrigió parámetros en general para no generar soldadura por toda la pieza y generar el daño de PCB Fiducial
- ✓ Después de corregir los 32 puntos se pone a soldar el pallet para asegurar que quedaron los parámetros correctos
- ✓ Se inspeccionó el pallet para verificar que si quedaron en esos parámetros correctos
- ✓ Se verificó 10 pallets después de la corrección

Esta prueba se comprobó que si los parámetros están mal la soldadora va generar residuos de soldadura en el PCB ya que si no están en la calibración correcta siempre va estar presente los daños y para eso se corrigieron los parámetros en posición correcta en cada una de las soldadoras (ilustración 48 parámetros correctos).



*Ilustración 46 pieza calibrada en eje*



*Ilustración 47 Pieza calibrada en eje X y Y*

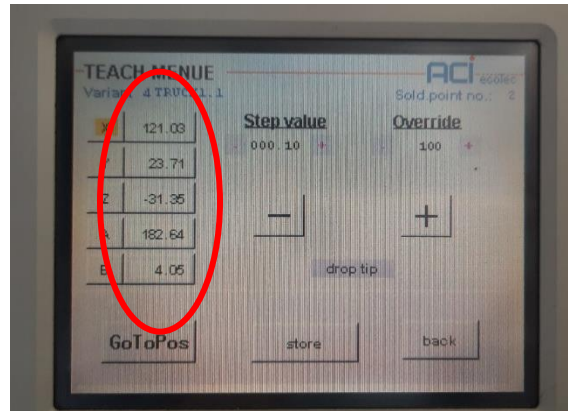


Ilustración 48 Parámetros correctos

## 2.- Estación de soldadoras, Punta floja

- ✓ Se verificó que todas las boquillas que no presenten daños, rotas o que no se pueda apretar la punta
- ✓ Se realizó una prueba con 8 piezas con la punta floja dejando las piezas dañadas y mal soldadas
- ✓ Después de la prueba se colocó correctamente y se calibraron en parámetros correctos
- ✓ Se verificó los pallets después del hacer el método correcto.

Con la prueba que se realiza en la soldadora mientras la punta esta floja, chueca y no esta apretada la boquilla siempre va estar presente el problema de PCB Fiducial y se dejan las soldadoras las puntas bien colocadas y la boquilla colocada correctamente (ilustración 49 punta colocada).



Ilustración 49 punta colocada

### 3.- Estación Retrabajo

- ✓ Se realizó la inspección de cómo el operador toma la punta para retrabajar donde los operadores toman la punta de diferente forma
- ✓ Se realizó la inspección de cómo retrabajan los diferentes operadores y varios no retrabajan correctamente
- ✓ Se verificó la condición de la punta donde está en buenas condiciones ya que cuando no calienta o esta fea el operador pide el cambio de punta
- ✓ Se cambió la punta correcta como se muestra la (ilustración 50 punta correcta) que corresponde como la ayuda visual que existe en la operación retroalimentando al operador ( anexo 3)

Se compruebo que los operadores mientras no tengan el mismo conocimiento de cómo retrabajar pueden ocasionar daños en el Enclosure, daños en el PCB y PCB Fiducial si no cambian las puntas cuando estén en malas condiciones pueden estar presentes las mismas fallas.



*Ilustración 50 punta correcta*



## 6.1 CONCLUSIONES

En este proyecto aprendí las varias metodologías para implementar una mejora dentro del proceso (kaizen), donde se realizó el análisis de causa y efecto (Ishikawa), el DIMAC (definir, medir, analizar, implementar y controlar) para reducir las pérdidas y mejorar los procesos de las piezas TPMS dentro de la línea 16 en el área de Mechanical Assembly en Sensata Technologies, ya que los dichos procesos que se generan en la línea se involucraron a nivel de producción, e Ingeniería de procesos.

Al utilizar el análisis de causa y efecto, se idéntico el problema que genero el incremento de yield para eso se utilizó as diferentes mejoras para cambiar diferentes cosas dentro del proceso como la calibración, la capacitación de los operadores y cambios de herramientas.

Con la implementación de la mejora el yield de estar a un 98% donde se tiraban aproximadamente 30 piezas diariamente, después de la mejora el incremento del yield fue de 99% ya que poco a poco se verá las mejora con el paso de los días donde el ahorro de las piezas se vio reflejado durante el mes de noviembre.

Con el desarrollo del proyecto y la utilización de la mejora, se obtuvo buen resultado, por lo cual es factible realizarlo para cualquier defecto o problema detectado. El método de análisis de causa y efecto como los demás señalados anteriormente son muy completos y tan útiles como se pretenda utilizar, en la forma correcta nos brinda la oportunidad de guiarnos de la mano en cada uno de los pasos desde la definición correcta del problema, la descripción detallada del proceso, determinar las variables y validar las significativas, hasta obtener el resultado deseado.

Por lo tanto, son unas metodologías que se recomienda para cualquier problema a resolver.





## **CAPITULO 7**

# **COMPETENCIAS DESARROLLADAS**

## **7.1 COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS**

A lo largo de mi estancia en el Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, así como a la empresa Sensata Technologies las cual me permitió adquirir experiencia profesional, tuve que conocer y desarrollar competencias estadísticas, herramientas y metodologías de calidad las cuales fueron de suma importancia en la elaboración de dicho proyecto, a continuación, hago mención de algunas de ellas.

Aplicación de las herramientas como DMAIC, Diagrama de Ishikawa, análisis de problemas, herramientas estadísticas para poder realizar la medición de los avances en cada una de las etapas del proyecto e ir verificando porcentualmente, en piezas y en ahorro monetario.

Así mismo se desarrollan herramientas vistas y aplicadas en Six Sigma y el desarrollo de actividades de mejoras como es el Kaizen, las cuales fueron las que se cambiaron para poder obtener los resultados requeridos.

Lo importante en la parte del seguimiento y desarrollo del proyecto de todas y cada una de las pruebas realizadas, generando una satisfacción en cada una de las pruebas realizadas, porque se comprobó donde se genera el problema para desarrollar y trabajar en ello para obtener resultados favorables.



## 8.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ariane de Sager (2013) El diagrama de Ishikawa. Como solucionar los problemas de su raíz (1-48pag) Editorial 50 minutos. es
- Conocimiento del diagrama Ishikawa y en que consiste en una representación gráfica el cómo explicar un determinado problema recuperado de. <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/> (Rodriguez, Johanna;, 2021)
- En que consiste la filosofía Kaizen y sus ejemplos. Recuperado de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3906091-que-consiste-filosofia-kaizen-pasos-ejemplos> (S.L., 2003 - 2022)
- Estructura del Diagrama Causa- Efecto como está compuesto y como se construye. Recuperado de. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa> (ARELI ÁLVAREZ, 2020)
- La historia de Sensata Technologies desde su inicio hasta la actualidad. Recuperado de <https://www.timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies> (timelines C. ©.-2., 2007-2022)

- Lean Six Sigma. Estructura de la Organización sobre la metodología DMAIC para operar procesos de optimización. Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/lean-six-sigma-estructura-de-la-organizacion-jorge-ivasquez-burgos> (ceruma, 2021).
- Lean Six Sigma ¿Cómo funciona esta metodología para reducir fallos? Recuperado de. <https://www.apd.es/lean-six-sigma-como-funciona> (APD, 2019).

APD. (2019). *Lean Six Sigma: ¿Cómo funciona esta metodología para reducir fallos*. APD.

APD. (2019). *Lean Six Sigma: ¿Cómo funciona esta metodología para reducir fallos?* oda la actualidad de la Comunidad Global de Directivos en un nuevo canal de contenidos digitales.

APD. (2019). *Lean Six Sigma: ¿Cómo funciona esta metodología para reducir fallos?* APD.

Areli Álvarez . (2021). *en que consiste la filosofía del Kaizen*.

Areli Álvarez . (s.f.). *en que consiste la filosofía del Kaizen*. Lean Construction Mexico.

ARELI ÁLVAREZ. (2020). *Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa)*. Lean Costruction Mexico.

ARIANE DE SAEGER. (2013). *EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA Solucionar los problemas desde su raíz*. USA: PRIMENTO, SOCIO DIGITAL DE LOS EDITORES .

ceruma. (2021). *¿QUÉ ES SIX SIGMA?* universidad internacional del talento.

EMPRESARIALES, A. (2016). *La metodología Six Sigma*. Universidad ESAN 2019.

FRANCISCO GONZALEZ. (2016). *METODOLOGIA DEL SEIS SIGMA*. SIGMA MASTER .

occ-empresas. (4 de Octubre de 2020). [/www.occ.com.mx/perfiles-empresas](http://www.occ.com.mx/perfiles-empresas). Obtenido de [www.occ.com.mx/perfiles-empresas/583875-sensata-technologies-de-mexico](http://www.occ.com.mx/perfiles-empresas/583875-sensata-technologies-de-mexico)  
<https://www.occ.com.mx/perfiles-empresas/583875-sensata-technologies-de-mexico>

Rodriguez, Johanna;. (2021). *Qué es el diagrama de Ishikawa y cómo aplicarlo en tus procesos*. blog.hubspot.

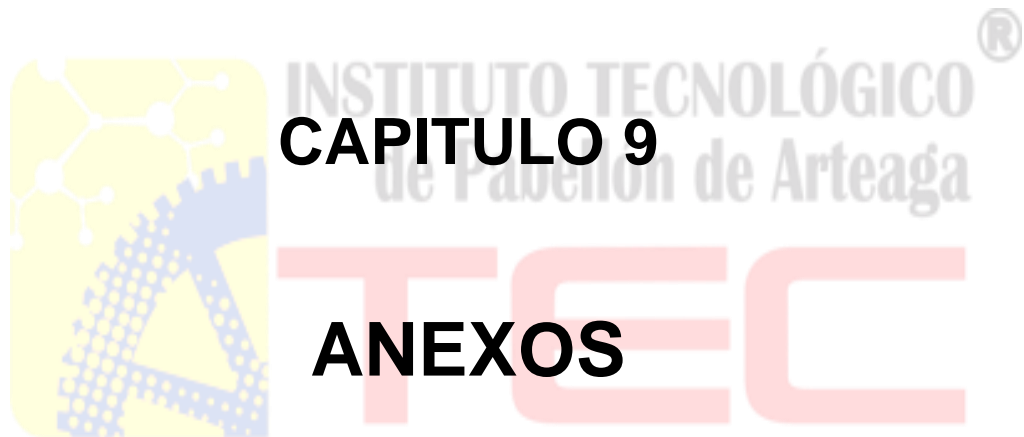
S.L., R. (2003 - 2022). [rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3906091-que-consiste-filosofia-kaizen-pasos-ejemplos](http://rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3906091-que-consiste-filosofia-kaizen-pasos-ejemplos). Obtenido de [rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3906091-que-consiste-filosofia-kaizen-pasos-ejemplos](http://rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3906091-que-consiste-filosofia-kaizen-pasos-ejemplos).

timelines, C. ©.-2. (2007-2022). [timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies](http://timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies). Obtenido de [timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies](http://timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies).

timelines, T. (2007). <https://www.timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies>. Obtenido de <https://www.timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies>.

timelines, T. (2007-2022). <https://www.timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies>. Obtenido de <https://www.timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies>.

Timetoast timeline. (2007). <https://www.timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies>. Obtenido de <https://www.timetoast.com/timelines/historia-sensata-technologies>.



## ANEXOS

### Cambios en el proceso

1.- Remache correcto como se muestra en la (ilustración 45) en mis resultados del mismo documento pág. 68

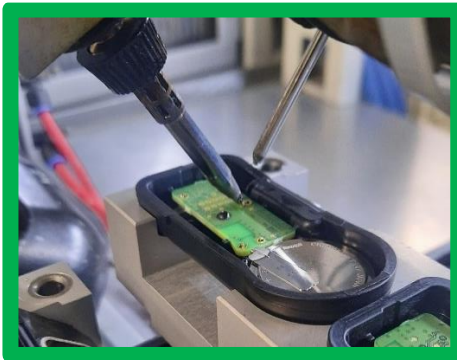


**Correcto**



**incorrecto**

2.- Calibración correcta (ilustración 46) donde se encuentran los resultados en pág. 69 del mismo documento.

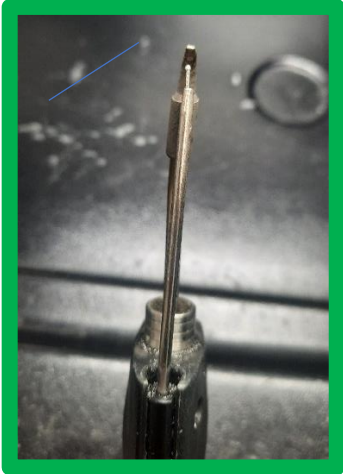


**Correcto**



**incorrecta**

3.- Punta correcta (ilustración 50) donde se encuentra en resultados pag.71 del mismo documento



**Correcta**



**incorrect**