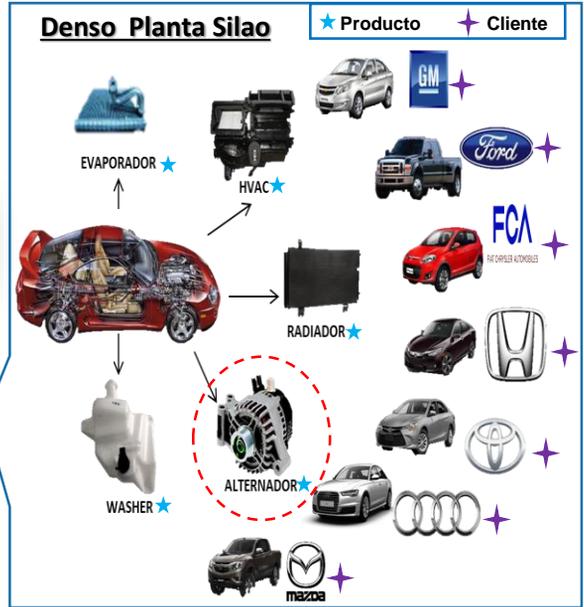


1.- Datos de la empresa



DENSO es proveedor líder de tecnología, sistemas y componentes automotores avanzados para todos los principales fabricantes de vehículos en el mundo. Cuenta con tres plantas en México, dos en Nuevo León y una en Guanajuato. De los diferentes productos que realizamos en Planta Silao, Guanajuato, nos enfocamos en el Alternador. Algunas de las certificaciones de calidad que tenemos son las siguientes:

Certificaciones



IATF 16949



OHSAS 18001



ISO 14001



Datos de la empresa

Nombre de la empresa:	DENSO México S.A. de C.V.
Dirección:	Bld. Mineral de Peñafiel No. 330 Parque Industrial Santa Fe II, Puerto Interior. Silao, Gto, C.P. 36275 Tel. +52 (472)103-2700 Fax: +52 (472)103-2710
Correo electrónico:	ANDREA_PEREZ@denso-diam.com
Sector:	Industrial, Ramo Automotriz.
Tamaño de la empresa:	Grande.
Grupo empresarial:	Denso Corporativo.
Tipo de bienes y/o servicios que ofrece al mercado:	Empresa japonesa especializada en la fabricación de partes automotrices. Sus productos son relativos al control de la temperatura y eléctricos en el automóvil, optimizando sus recursos y contribuyendo al medio ambiente.
Años de experiencia:	CORPORATIVO DENSO 71 años. Planta Silao: Inició operaciones en Noviembre del 2013.
Población total:	2072 empleados
Sistema de administración:	Se manejan sistemas de Gestión de la IATF 16949:2016, de Seguridad OHSAS 18001:2008 y de Gestión Ambiental ISO 14001:2015.

2.- Datos del Sistema de CCC

Departamento:	Mejora Continua
Responsable del sistema de CCC:	Andrea Pérez de la Peña
Teléfono:	+52(472)103-2700 ext. 3520
Correo electrónico:	ANDREA_PEREZ@denso-diam.com
No. Total de equipos de CCC:	76 Equipos
Promedio de personas por equipos:	1 Líder y 9 asociados
% de la población total CCC:	86%
Promedio de temas resueltos por año:	1
Tiempo promedio de implantación de CCC:	6 Meses

Sistema a través del cual se eligió o seleccionó al CCC.



Organización de Círculos de Control de Calidad.

El CCC es un equipo formado por un Jefe de Grupo y asociados sindicalizados que pertenecen a un mismo departamento, éstos se reúnen periódicamente para encontrar la causa raíz de un problema que afecte a los indicadores de la compañía a través del uso de la metodología PDCA.



Situación actual y problemas en Sistema de Administración de CCC.

Este es el sexto año que se establece el sistema de administración de Círculos de Control de Calidad, el cual está enfocado en la reducción de pérdidas, aseguramiento de la calidad y la satisfacción del cliente. En el proyecto se trabajó para disminuir el indicador de defectivo, lo que conlleva la reducción de costos por pérdidas con el fin de alcanzar la meta planteada para la compañía.

Glosario:

Alternador: Máquina eléctrica, que transforma energía mecánica en energía eléctrica.

Baquelita: Resina plástica sintética. Se utiliza para aislar terminales eléctricas.

Bush: Tubo de metal acerado.

Bushing: Dispositivo de alineación de fan inferior.

Clamp: Dispositivo metálico encargado de posicionar el rotor y el fan superior.

Coil: Componente de un circuito eléctrico formado por un hilo conductor aislado y arrollado repetidamente, en forma variable según su uso.

Defectivo In: Defectos detectados durante el proceso.

Defectivo Next: Defectos detectados en estaciones de inspección.

Electrodo: Objeto encargado de realizar la unión de metales por medio de soldadura.

Electroimán: Tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica.

Epóxico: Resina que recubre el motor para protegerlo.

Facility: Mantenimiento de las instalaciones.

Fan: Dispositivo de ventilación que impide que la temperatura del rotor se eleve al grado de generar daños al alternador.

Gap: Brecha entre dos objetos.

HIT: Hoja de Instrucción de Trabajo.

Jig: Dispositivo mecánico que ayuda a la fabricación del rotor.

LEI: Límite de Especificación Inferior.

LES: Límite de Especificación Superior.

Manufacturing Suite: Sistema de almacenamiento de datos de KPI Denso.

Maquinado: Procesos de manufactura de remoción de virutas mediante uso de herramientas de corte.

NG: No Good (Defecto).

Mtto: Mantenimiento.

Nylamid (nylon): Plástico que se mecaniza. Es un polímero artificial con un buen cuadro de propiedades mecánicas, tenacidad alta y resistencia al desgaste.

Placa: Barra de cobre encargada de la sujeción de electrodo superior e inferior.

PC: Control de producción.

PE: Ingeniería del proceso.

Pin: Pequeña clavija o terminal de un objeto.

Pole core: Componente de acero sólido que funcionan como polos magnéticos del rotor.

Polo magnético: Uno de los dos extremos de un imán.

PR: Producción.

QC: Control de Calidad.

Regulador: Dispositivo que mantiene la tensión suministrada por el generador lo más constante posible y regula la intensidad de la corriente en función de las condiciones de carga de la batería.

Shaft: Eje del rotor.

SHE: Seguridad e Higiene Industrial.

Slip ring: Anillos metálicos montados en el eje del rotor que a través de escobillas fijas o estacionarias conducen la corriente fuera de la parte rotativa de la máquina (rotor).

Sub-Ensamble: Serie de componentes en una unidad que forma parte de un conjunto más amplio.

Welding: Soldadura.

3.- Datos del Equipo Participante

Nombre del equipo participante: The Welders

Facilitadora del equipo: Dulce Alamilla Hernández

Departamento del facilitador: Mejora Continua

Fecha de establecimiento del Circulo de Control de Calidad: Julio 2019

Datos de los integrantes

#	Nombre	Escolaridad	Área	Antigüedad en la empresa	Puesto en la empresa	Antigüedad en CCC
1	Fernando Guillén	Licenciatura	Producción	3 Años	Jefe de Grupo	1 año
2	Oswaldo Aguilar	Preparatoria	Producción	4 Años	Einsteller	1 año
3	Claudia López	Preparatoria	Producción	4 Años	Asociado	1 año
4	Deyanira Valenzuela	Preparatoria	Producción	2 Años	Asociado	1 año
5	Brenda Vázquez	Secundaria	Producción	2 Años	Asociado	1 año

Para iniciar el proyecto realizamos una matriz de selección en donde evaluamos habilidades técnicas y administrativas utilizando una matriz de selección del 1 al 5 para evaluar el nivel de habilidad de cada participante y determinar su rol dentro del equipo.

Matriz de Selección

Nombre	Evaluación	Habilidades Técnicas					Habilidades Administrativas					Total	Rol
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
		Herramientas de Calidad	Análisis	Habilidades computacionales	Conocimientos técnicos	Mediciones	Conocimiento del Proceso	Comunicación	Liderazgo	Trabajo en Equipo	Motivación		
Fernando	Actual	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	39	Líder
	Meta	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5		
Oswaldo	Actual	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	28	Co-Líder
	Meta	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4		
Claudia	Actual	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	26	Secretario
	Meta	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4		
Deyanira	Actual	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19	Miembro
	Meta	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Brenda	Actual	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	16	Miembro
	Meta	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3		
	Promedio	2.4	2.6	2.4	2.6	2.4	2.4	2.6	2.8	2.6	2.8	25.6	→ Meta
		Eje X= 2.48					Eje Y= 2.64					2.56	

Juicio	
1	Muy Bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Excelente

Roles	
Líder	35-50
Co- líder	28-34
Secretario	22-27
Miembro	0-21

Fig. 1

Con base en el resultado de la Matriz de Selección (Fig. 1) definimos los roles en el equipo y utilizando la Matriz RACI (Fig. 2), las responsabilidades de cada integrante. Graficamos los promedios de las 10 habilidades (Fig. 3), comparamos contra la meta que es 2.56 e identificamos las habilidades que están por debajo.

Matriz RACI					
Responsabilidad	Fernando	Oswaldo	Claudia	Deyanira	Brenda
Administrar y dirigir el Equipo	R				
Soporte Técnico	A	R	I		
Análisis de Datos	A	I	R		
Recolección de Datos	I	A	C	R	R

Responsable

Informador

Aprobador

Consultado

Fig. 2

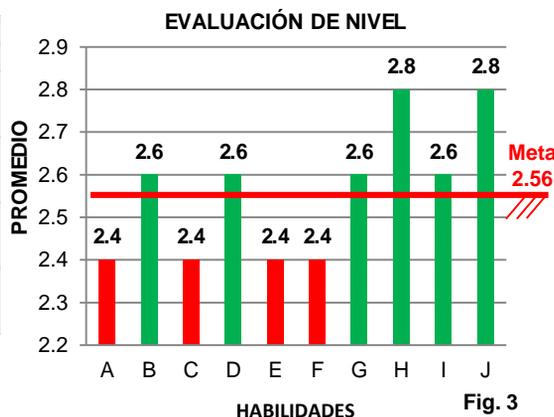
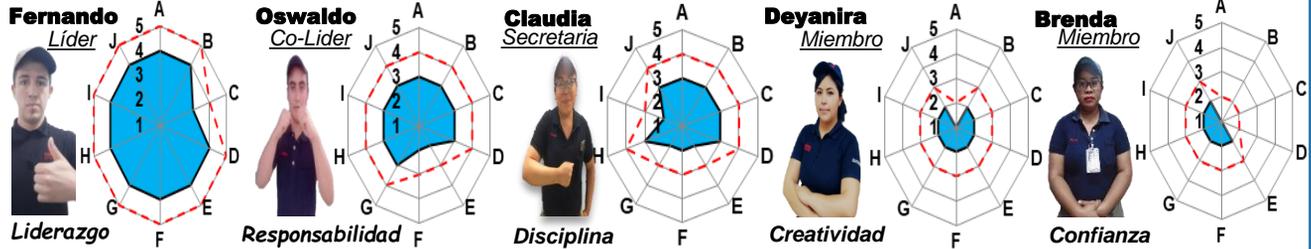


Fig. 3

El resultado de la evaluación de las habilidades lo reflejamos en gráficas de Radar para mostrar visualmente los gaps entre el estado actual y el estado ideal.



A través del FODA (Fig. 4) detectamos fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene el equipo, establecimos la meta en una gráfica de distribución de nivel (Fig. 5); actualmente estamos en el cuadrante de la zona C, teniendo como meta llegar al cuadrante de la zona B. De la misma manera para alcanzar la meta establecida realizamos un Plan de Entrenamiento (Fig. 6).

Análisis FODA

AMENAZAS

- Disponibilidad de los integrantes.
- Disponibilidad del entrenador.

FORTALEZAS

- Motivación.
- Liderazgo.

DEBILIDADES

- Herramientas de calidad.
- Habilidades computacionales.
- Conocimiento del proceso.
- Habilidad de mediciones.

OPORTUNIDADES

- Trabajo en equipo.
- Análisis de Datos.
- Conocimiento único.
- Comunicación.

Gráfica de distribución de nivel

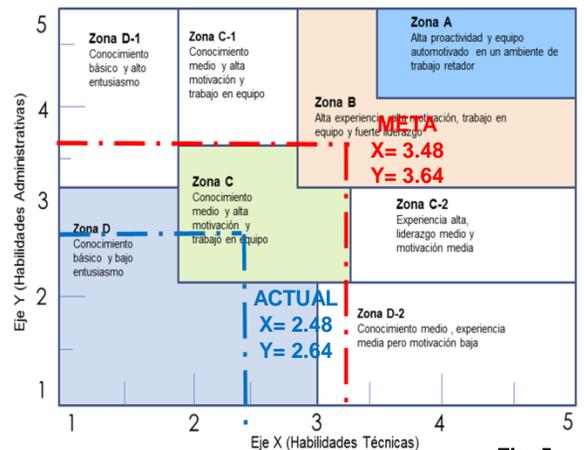


Fig. 4

Fig. 5

Entrenamiento para mejorar las habilidades

¿Qué ?	¿Por qué ?		¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuánto?	¿Dónde?													
Herramientas de calidad.	Es necesario conocer las herramientas para solucionar problemas.	<table border="1"> <tr><th colspan="4">Julio</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td style="background-color: #007bff;"></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Julio				1	2	3	4						CALIDAD	Curso 7 herramientas de la calidad.	2 sesiones 4 hrs	
Julio																			
1	2	3	4																
Habilidades computacionales.	Es importante graficar los datos recabados para tener problema.	<table border="1"> <tr><th colspan="4">Julio</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td style="background-color: #007bff;"></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Julio				1	2	3	4						PROD.	Curso de herramientas computacionales básicas.	2 sesiones 2 hrs	
Julio																			
1	2	3	4																
Conocimiento del proceso.	Es necesario conocer de mejor forma el proceso y poder determinar las variables que lo afectan.	<table border="1"> <tr><th colspan="4">Julio</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td style="background-color: #007bff;"></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Julio				1	2	3	4						P.E.I.	Puntos clave del proceso y funcionalidad de la pieza.	3 sesiones 1 hrs	
Julio																			
1	2	3	4																
Mediciones.	Se utilizarán herramientas de medición para validar datos.	<table border="1"> <tr><th colspan="4">Julio</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td style="background-color: #007bff;"></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Julio				1	2	3	4						MED.	Entrenamiento de cómo realizar mediciones.	1 sesión 2 hrs	
Julio																			
1	2	3	4																

Fig. 6

Funcionamiento y antecedentes del equipo.

Lugar: Sala de mejora continua. **Frecuencia:** Lunes a Viernes.

Horario de reuniones: 14:00-14:30 hrs.

Antecedentes y evoluciones del equipo: Se realizó una competencia interna en Denso Silao en donde participamos 76 equipos y el nuestro obtuvo el primer lugar para participar en la Competencia Nacional 2020.

Número de casos que se resuelven al año: 1 caso resuelto al año.

Características especiales del funcionamiento del equipo: Se utilizó la metodología PDCA, se definió la meta con base en el SMART y se estandarizó con base en procesos controlados.

4.- Caso Exitoso

A) Introducción.

Nombre de la metodología específica con que está participando en la categoría: Círculos de Control de Calidad.

Fecha de inicio y fin del caso exitoso: El caso fue resuelto de Julio 2019 a Enero 2020.

Nombre original técnico: El proyecto lleva como nombre «Ángulo de fan fuera de especificación».

Nombre del caso resuelto que se presenta: Ángulo de fan fuera de especificación provoca desfase durante el sub-ensamble del rotor, al ensamblar con esta condición podría generar sobrecalentamiento en el alternador del auto.

Descripción del área de trabajo o proceso donde se llevó a cabo la mejora: La producción de Alternador cuenta con 7 áreas, las 7 áreas cuentan con dos líneas espejo y nuestro proyecto es desarrollado en el área de Rotor línea 2, la cual a su vez se divide en dos bloques.

El proceso de producción del Rotor comienza en el sub-ensamble (A) que es donde se forma el Rotor, el cual se precalienta a 176°C en el horno (B) y se le aplica epóxico (C) para después ser maquinado (D) previo a su ensamble final (E) (Fig. 7).

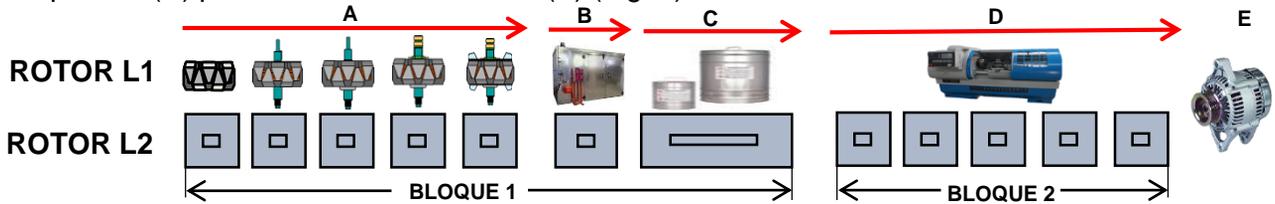
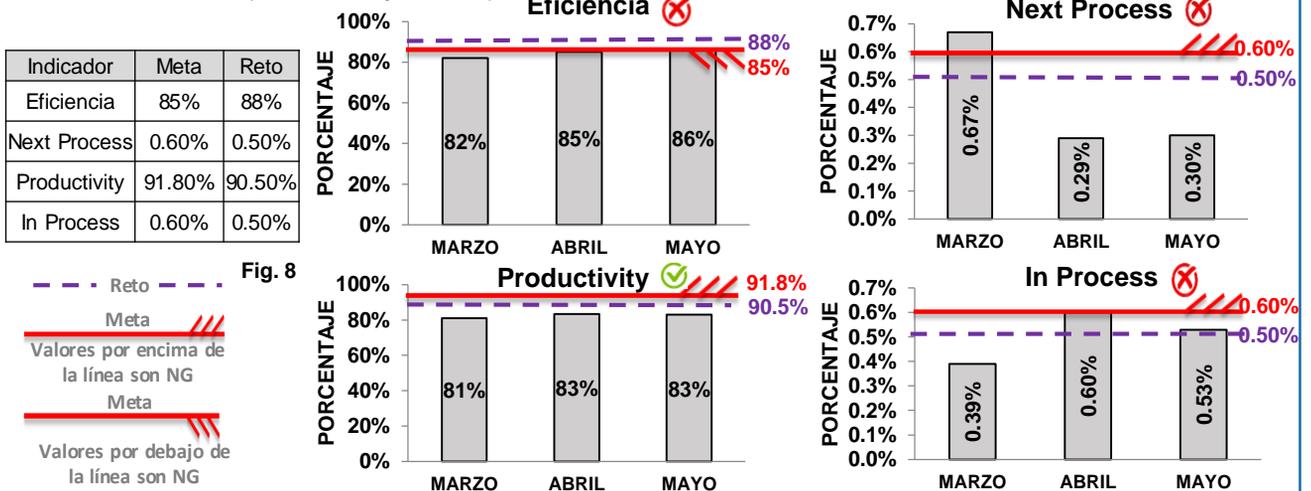


Fig. 7

B) Identificación de la problemática – Selección de la oportunidad de mejora.

Análisis de la situación actual e identificación de la problemática:

Evaluamos las metas y retos descritos en el Plan Anual 2019 de la empresa (Fig. 8) de los cuales Eficiencia, In Process y Next Process están fuera de meta. Realizamos este análisis utilizando los datos de 3 meses (Marzo-Mayo 2019).



Proceso analítico para la selección del problema.

Con ayuda del soporte técnico realizamos una matriz de selección evaluando Calidad, Entrega y Costo, siendo indicadores claves para la compañía y recopilamos datos de Marzo, Abril y Mayo del 2019. Seleccionamos In Process con la mayor cantidad de puntos obtenidos (Fig. 9).

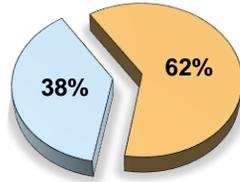
Matriz de Selección de Indicadores										
Indicador	Situación Actual			Evaluación The WellDers			Técnico			Total
	Calidad	Entrega	Costo	Calidad	Entrega	Costo	Calidad	Entrega	Costo	
Eficiencia	0.93% defectos	84.2% promedio	\$153.28 x Hora	5	3	3	3	3	5	22
In Process	0.51% defectivo	2382 piezas	\$312.31 x pieza	5	5	5	5	3	5	28
Next Process	0.42% defectivo	2049 piezas	\$312.31 x pieza	5	3	5	5	3	5	26

Fig. 9

Revisando el indicador In Process de ambas líneas de Rotor, notamos que la línea 2 presenta mayor cantidad de defectivo con un 62%, por lo que nos enfocaremos en ella. La línea 2 a su vez se divide en dos bloques, y analizando ambos bloques detectamos que el bloque 1 representa el 55% del total del defectivo, seleccionando así el bloque 1 de la línea 2 de Rotor como nuestro objeto de estudio.

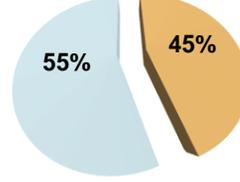
In Process Rotor Marzo - Mayo 2019

■ Rotor L1 ■ Rotor L2



In Process Rotor Línea 2 Marzo - Mayo 2019

■ Bloque 1 ■ Bloque 2



Realizamos un diagrama de Pareto (Fig. 10) analizando los meses de marzo a mayo de 2019, donde graficamos los 15 principales defectos de un total de 24 defectos de In Process encontrados en el área de Rotor línea 2 bloque 1 y se observa que el defecto de «Ángulo de fan fuera de especificación» representa el 21% del total de los defectos.

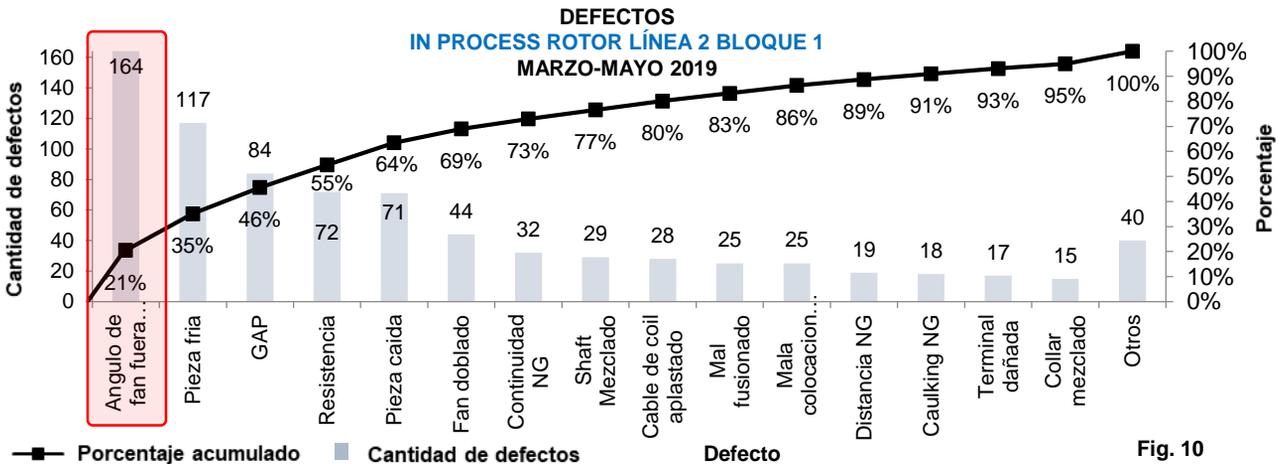
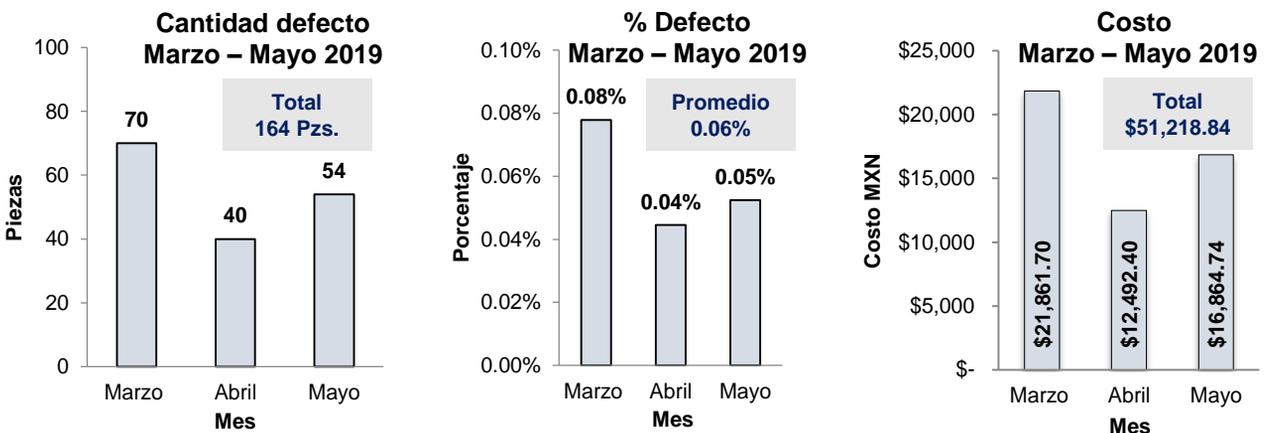


Fig. 10

Antecedentes del problema.

Graficando la tendencia del defecto de Ángulo de fan fuera de especificación notamos que no es muy alto en porcentaje comparado con el volumen de producción, sin embargo, es importante su reducción debido al alto costo del rotor (\$312.31 p/pieza).



Razones de la selección del tema con evidencias numéricas.

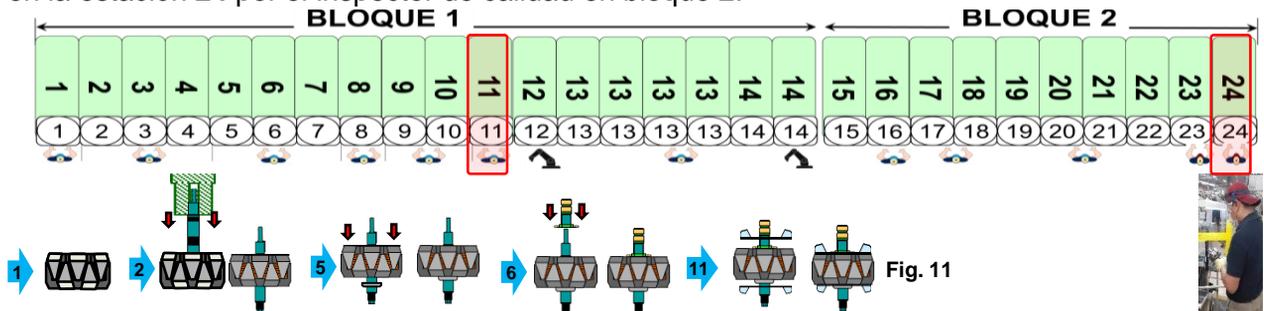
El defecto de «Ángulo de fan fuera de especificación» ha generado 164 piezas NG teniendo un porcentaje de defectivo del 0.06% de In Process en los 3 meses de estudio (mar-may 2019). Lo que representa \$51,218.84 pesos perdidos para la compañía.

C. Entendimiento de la situación actual del problema elegido y su cuantificación.

<p>¿Qué es el Rotor? Es la parte móvil del alternador, está formada por dos fan, un electroimán (Pole core + Coil) que recibe corriente desde el regulador a través de un Slip ring situados en el shaft. Crea el campo magnético que provocará la tensión eléctrica cuando reciba la energía mecánica.</p>		<p>¿Qué es el defecto de «Ángulo de fan fuera de especificación»? Posición incorrecta del fan al momento de realizar la unión al resto del sub-ensamble.</p>	
<p>¿Cuándo se detecta? Cuando el asociado revisa el producto siguiendo la política interna de: *Checar *Hacer *Checar.</p>	<p>¿Dónde se genera? En la estación 11 de la Línea 2 de Rotor Bloque 1.</p>	<p>¿Por qué es importante detectarlo? Porque afecta a nuestros clientes y a nosotros como empresa.</p>	<p>¿Cuánto y cómo nos afecta? Con un promedio de 55 piezas y \$17,072.95 pesos mensuales.</p>

Investigación en el lugar donde se origina el caso exitoso, detección y medición de los factores que originan el problema.

El Ángulo del fan fuera de especificación se genera y se detecta en la estación 11 de la línea 2 de Rotor bloque 1 (Fig. 11), que es donde se realiza la soldadura del fan al resto del sub-ensamble; el operador de dicha estación revisa el producto siguiendo la política interna «Checar-Hacer-Checar», detectando el defecto en la misma operación. En caso de que fluya el defecto se detecta en la estación 24 por el inspector de calidad en bloque 2.



Definición de la meta y justificación de su magnitud.

Utilizando la metodología SMART, calculamos la meta del proyecto que es de 0.04% y el porcentaje de reducción que es del 33% para el defecto de Ángulo de fan fuera de especificación. También utilizamos la meta del In Process (0.60%) descrita en el Plan Anual de la compañía para hacer la sustitución de la fórmula.

Metodología SMART

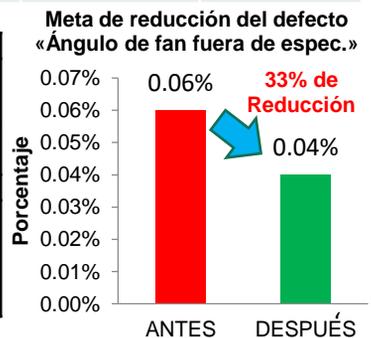
- Específica**
Reducir defectos por Ángulo de fan fuera de especificación en Rotor L2
- Medible**
Reduciendo del 0.06% al 0.04%
- Alcanzable**
Monitoreando diariamente el In Process en el Manufacturing Suite
- Relevante**
Obteniendo una reducción del 33%
- Temporizado**
Realizado de Julio a Enero del 2020

Meses	Producción Total	Defectos Globales	% Defectos	Ángulo de fan fuera espec.	%Á ngulo fuera de espec.
Marzo	89931	964	1.07%	70	0.08%
Abril	89804	799	0.90%	40	0.04%
Mayo	103023	861	0.84%	54	0.05%
Total	282758	2624	0.93%	164	0.06%

Cálculo de META

$$\frac{\% \text{ Defecto analizado}}{\% \text{ Defecto Promedio de 3 meses}} \times \% \text{ Meta} = 0.06\% \times 0.60\% = 0.04\%$$

Cálculo de Reducción

$$\frac{\% \text{ Defecto-- \% de META analizado del Defecto}}{\% \text{ Defecto analizado}} \times 100 = \frac{0.06\% - 0.04\%}{0.06\%} \times 100 = 33\%$$


Programa general para lograr la meta y resolver el problema.

Posteriormente realizamos un análisis PERT para cuantificar la duración de las fases del proyecto, el cual tendrá una duración de 26 semanas.

ANÁLISIS PERT

Variable	Actividades	P				D	C	A	
		1 Organización del Equipo	2 Selección del Tema	3 Definición de la Situación	4 Análisis de la Situación	5 Toma de Acciones	6 Verificación de Resultados	7 Estandarización	8 Sumario
A	Tiempo Optimista	0.3	0.5	0.8	8	2	1	1	1
M	Tiempo Estimado	0.5	0.8	1	9	3	2	2	2
B	Tiempo Pesimista	2	2	2	8	5	5	4	4
$\frac{A+4M+B}{6}$	Tiempo Esperado	0.7	1.0	1.1	8.7	3.2	2.3	2.2	2.2
$\sqrt{\frac{B-A}{6}}$	Tolerancia	0.5	0.5	0.4	0.0	0.7	0.8	0.7	0.7
Total		1.2	1.5	1.6	8.7	3.9	3.1	2.9	2.9

Estas 26 semanas se plasmaron en un diagrama de GANTT que nos ayudará a cumplir los tiempos de cada fase, así como identificar retrasos y contratiempos.

DIAGRAMA DE GANTT

Año: 2019 CÍRCULO KAIZEN		The Welders				Área: Alternador				PLAN																			
Etapas	Mes	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
P 1. Organización del Equipo	Plan	■																											
	Real																												
P 2. Selección del Tema	Plan		■																										
	Real																												
P 3. Definición de la Situación	Plan			■																									
	Real																												
D 4. Análisis de la Situación	Plan				■																								
	Real																												
D 5. Toma de Acciones	Plan												■																
	Real																												
C 6. Verificación de Resultados	Plan																	■											
	Real																												
A 7. Estandarización	Plan																					■							
	Real																												
A 8. Sumario	Plan																										■		
	Real																												

Para seleccionar al equipo de soporte elaboramos una matriz de selección, evaluando la influencia e importancia de cada departamento en nuestro proyecto. Con base en lo anterior, seleccionamos a los que representan alta influencia e importancia, los cuales son: Producción, Ingeniería y Mantenimiento.

MATRIZ DE SELECCIÓN DE STAKEHOLDERS

#	DEPARTAMENTO	INTERÉS	INFLUENCIA	IMPORTANCIA	ESTRATEGIA
1	PR	Mejorar la eficiencia	Alta	Alta	Implementar ideas de mejora
2	PE	Reducir/Eliminar los defectos	Alta	Alta	Implementar kaizen
3	MTTO	Disminuir las fallas de máquina	Alta	Alta	Mejorar el funcionamiento de máquinas
4	PC	Cumplir requerimientos de cliente	Baja	Alta	Apoyar y dar seguimiento a proveedores
5	SHE	Reducir condición insegura	Baja	Baja	Evaluaciones de riesgos
6	QC	Asegurar la Calidad del Producto	Baja	Alta	Asegurar la Calidad del Producto
7	FACILITY	Instalaciones de la Planta	Baja	Baja	Revisar la infraestructura

Diagrama de Influencia / Importancia



Departamentos de Soporte

	Guillermo Hernández		Eduardo Caracheo		Braulio Tovar
	Supervisor		Supervisor		Supervisor
	Producción		Ingeniería		Mantenimiento

D) Análisis de las causas del problema.

Análisis de las posibles causas y estratificación de las mismas hasta llegar a las posibles causas raíz.

En conjunto con el equipo de soporte realizamos una lluvia de ideas de las posibles causas potenciales, las cuales ordenamos en un diagrama de Ishikawa (Fig. 12) y las clasificamos con una matriz de análisis e impacto. Con base en esta evaluación, seleccionamos las causas de alto impacto representadas por el 1 y 2.

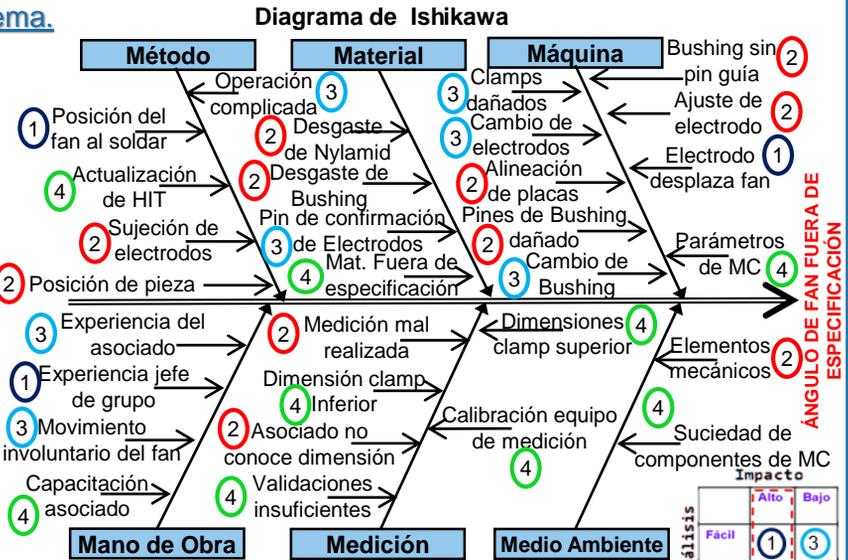


Fig. 12

Verificación de las relaciones lógicas entre las causas y los efectos.

Las causas identificadas con impacto alto fueron 14 y procedimos a realizar un diagrama de interrelación; seleccionando las que tienen mayor número de salidas. El resultado son 4 posibles causas potenciales (Fig. 13).

N°	Causa Potencial	Entrada	Salida
1	Posición de pieza	6	2
2	Posición del fan al soldar	6	4
3	Experiencia Jefe de Grupo	0	2
4	Electrodo desplaza fan	3	4
5	Desgaste de Nylamid	1	1
6	Desgaste de Bushing	0	1
7	Medición mal realizada	2	1
8	Asociado no conoce dimensión	1	2
9	Sujeción de electrodos	1	4
10	Pines de Bushing dañado	2	1
11	Bushing sin pin guía	0	1
12	Ajuste de electrodo	2	3
13	Elementos mecánicos	1	2
14	Alineación de placas	1	1

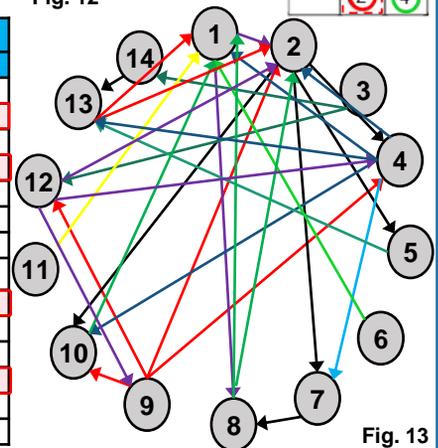
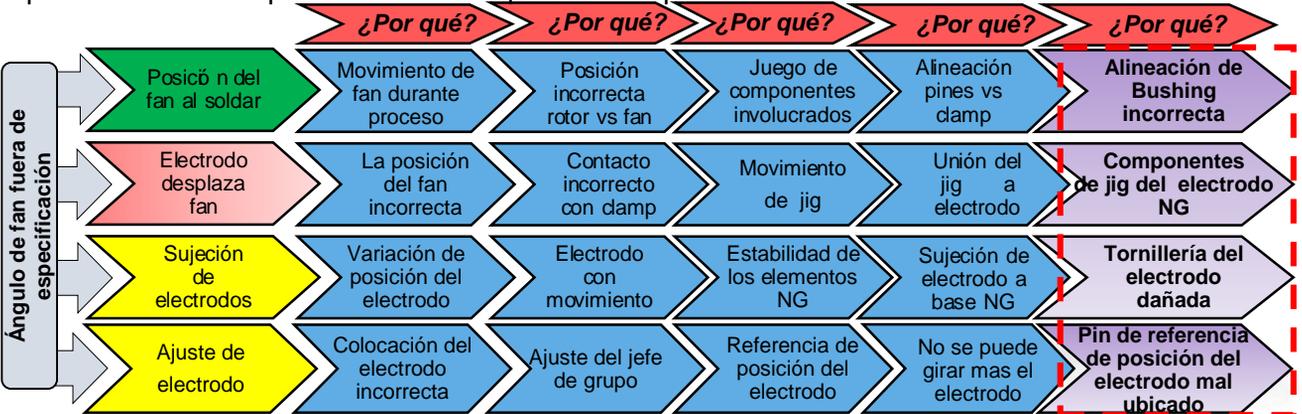


Fig. 13

Aplicamos el 5 Por qué a las 4 causas potenciales para identificar la causa raíz de cada una.



Seleccionando el último «por qué» de cada causa potencial, realizamos una matriz de priorización para establecer la secuencia de investigación de cada una de ellas.

Causa Potencial	Peso	Dificultad	Impacto	Tiempo de investigación	Total	Orden	Evaluación
Alineación de Bushing incorrecta	5	3	5	3	16	2	Alto 5
Componentes de jig del electrodo NG	5	5	3	5	18	1	Medio 3
Tornillería del electrodo dañada	5	3	3	1	12	4	Bajo 1
Pin de referencia de posición del electrodo mal ubicado	5	3	3	3	14	3	

Con base en lo anterior, realizamos un plan 5W+2H para analizar las causas potenciales y poder alcanzar la meta establecida en el proyecto. Se asignaron responsables y tiempos para los análisis.

Causa Potencial	¿Qué ?	¿Cómo?	¿Por qué ?	¿Quién?		¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
				CK	Stakeholder			
1	Componentes de jig del electrodo NG	Detectando anomalías en los componentes	Si algún componente está dañado puede variar la posición del fan	Fernando	Caracheo	MC Fan Welding	Agosto 1 2 3 4	63 piezas
2	Alineación de Bushing incorrecta	Revisando la medición del ángulo inferior	Si el bushing no está correctamente alineado se puede generar el defecto	Claudia	Omar	MC Fan Welding	Septiembre 1 2 3 4	63 piezas
3	Pin de referencia de posición del electrodo mal ubicado	Confirmando ángulo fan	Si el electrodo está en posición incorrecta puede generar defecto o daño al mismo electrodo	Fernando	Caracheo	MC Fan Welding	Septiembre 1 2 3 4	63 piezas
4	Tornillería del electrodo dañada	Verificando daño en la tornillería	Si alguno de los componentes se encuentra dañado se puede generar el defecto	Oswaldo	Braulio	MC Fan Welding	Octubre 1 2 3 4	63 piezas

Cuantificación de la relación entre las posibles causas raíz y el efecto.

Para determinar el tamaño de la muestra para el análisis de las posibles causas raíz, utilizaremos la siguiente fórmula, obteniendo un tamaño de muestra de **63**.

z= Puntuación de acuerdo al nivel de confianza deseado
 p= Probabilidad de éxito
 e= Margen de error
 N= Tamaño de la población (Prod. promedio de marzo-mayo 2019)

z= 1.65
 p= 0.5
 e= 0.1
 N= 94252

$$n = \frac{z^2 * p(1-p)}{e^2} \div 1 + \left(\frac{z^2 * p(1-p)}{e^2 N} \right)$$

Determinación de las causas reales.

Causa Potencial 1: Componentes de jig del electrodo NG

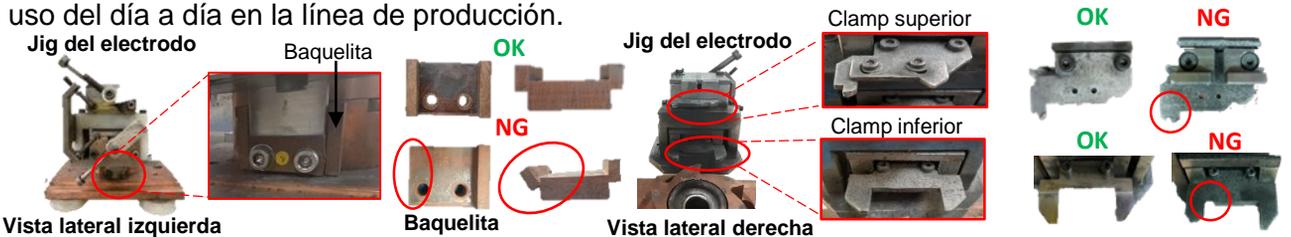
Hipótesis: Creemos que alguno de los componentes del jig del electrodo se encuentra dañado generando movimiento de las partes involucradas durante el sub-ensamble, el cual podría estar generando el defecto de Ángulo de fan fuera de especificación.

Investigación previa: Revisamos físicamente los componentes del jig del electrodo verificando su condición (daños, golpes, fracturas, desgaste).

Introducción al problema: Los componentes del jig del electrodo son 3 dispositivos mecánicos que permiten posicionar de manera correcta al rotor y al fan durante el sub-ensamble (Fig. 14). El primero es la baquelita que mantiene a 90° el ángulo de la base del electrodo respecto a la base del jig (Fig.15). El segundo es el clamp superior que posiciona el fan superior y el tercero es el clamp inferior encargado de sujetar al rotor durante el proceso.

Actividad de análisis #1: Verificar los componentes del jig del electrodo

Con base en lo anterior realizamos una inspección visual a los componentes del electrodo y revisamos que no presentaran daños, golpes, fracturas o partes desgastadas generados con el uso del día a día en la línea de producción.



Se detectaron diferentes anomalías en la inspección de los componentes del jig del electrodo, que podrían influir en el movimiento durante la operación. Por lo que las analizaremos a detalle.

Actividad de análisis #1.1: Cuantificar los daños en los componentes de jig de electrodos.

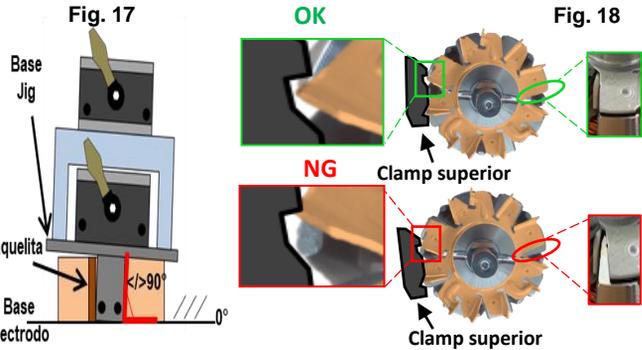
Con la información anterior elaboramos una lista de verificación de Jig (Fig. 16). En total se detectaron 15 anomalías, de las cuales las más críticas están presentes en la baquelita (12 de 15 representado el 80% del total), por lo que verificaremos el modo de falla de las anomalías encontradas en la baquelita y cómo influyen en la generación del defecto.

Lista de Verificación de Jig				
Inspección	Baqelita	Clamp. I	Clamp. S	Total
Difícil	2	0	0	2
Golpes	3	0	1	4
Fracturas	2	0	0	2
Desgaste	5	1	1	7
Total	12	1	2	15
% anomalías	80%	7%	13%	

Anomalías encontradas en el Jig:

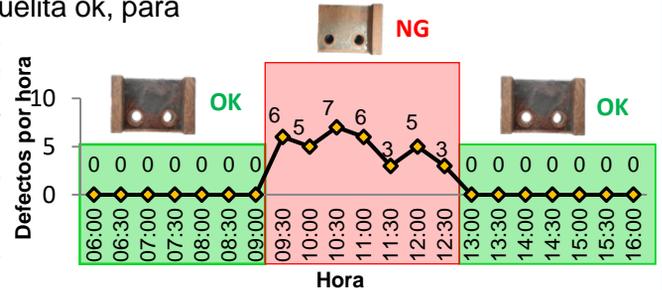
Actividad de análisis #2 : Verificar modo de falla de baquelita dañada vs ángulo de fan.

El estado de la baquelita es muy importante, de ella depende la posición de los elementos durante el ensamble. Detectamos que se encuentra dañada, causando que la base del jig tenga un ángulo incorrecto ($\neq 90^\circ$) con respecto a la base del electrodo (Fig. 17) que podría generar el defecto. Esta condición puede generar que el clamp superior empuje el fan colocando su ángulo fuera de especificación (Fig.18), provocando el defecto.



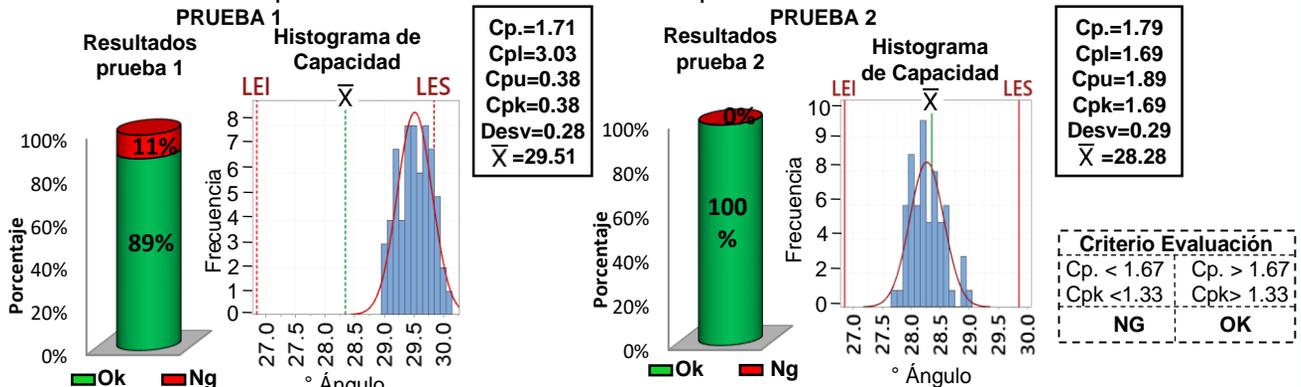
Actividad de análisis #2 .1: Ensamblar piezas con baquelita OK y baquelita NG.

Realizamos una prueba de regresión de 10.5 horas corriendo 200 piezas/hora, donde las primeras 3.5 horas se corrieron con la baquelita ok, las siguientes 3.5 se corrieron con la baquelita dañada y las últimas 3.5 nuevamente con la baquelita ok, para verificar la relación entre el estado de la baquelita y el Ángulo de fan fuera de especificación. Observamos que mientras la baquelita está ok no se generan defectos, mientras que al colocar la baquelita NG se dispara el defectivo. Por tal motivo, verificaremos si la baquelita dañada influye en la capacidad del proceso.



Actividad de análisis #3: Realizar prueba de capacidad de proceso con baquelita OK/NG.

Realizamos una prueba ensamblando 63 piezas (Prueba 1) con una baquelita dañada, con un resultado de 7 defectos por Ángulo de fan fuera de especificación, representado un 11% de defectivo. Realizamos un histograma el cual nos muestra el proceso cargado hacia el LES. Con ayuda del soporte técnico instalamos una baquelita nueva y ensamblamos 63 piezas (Prueba 2). El resultado de esta prueba fue de 0 defectos con un proceso más centrado.



Establecimos un criterio de evaluación para validar los índices de capacidad de ambas pruebas y notamos una amplia mejora en cuanto al Cpk, que pasó de un 0.38 (prueba 1) a 1.69 (prueba 2).

Conclusión: Por lo anterior concluimos que si la baquelita está dañada, genera movimiento en el resto de las partes involucradas durante el sub-ensamble, y por consecuencia genera que el ángulo del fan esté fuera de especificación, generando el defecto. Por lo tanto, **Si es causa Raíz. Causa Potencial 2: Alineación de Bushing incorrecta.**

Hipótesis: Una alineación incorrecta del Bushing respecto al electrodo inferior, puede generar que al realizar el sub-ensamble el fan se encuentre en posición de ángulo fuera de especificación.

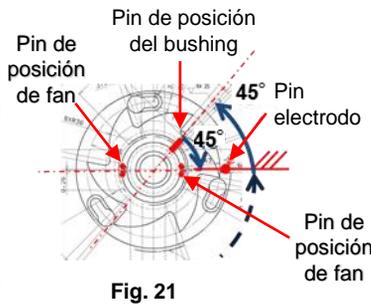
Investigación previa: Revisamos físicamente el Bushing y su alineación vs dibujo verificando su condición, así mismo investigamos las dimensiones de sus componentes.

Introducción al problema: El Bushing (Fig.19) es un dispositivo formado por un jig de nylamid, un metal tubular Bush, un pin de posición del Bushing y 4 pines de posición para el fan. Este dispositivo sirve para posicionar el fan inferior sobre el electrodo y evitar el movimiento durante el proceso (Fig. 20).



Actividad de análisis #1: Verificar la posición de componentes de Bushing vs Dibujo de electrodo inferior.

Comparamos el dibujo del electrodo inferior vs la condición actual, el cual nos pide que los 4 pines de posición de fan tengan una posición de 0 y 180° y el pin de posición del Bushing a 45°, que representa la alineación correcta del Bushing (Fig.21). Verificamos estas mediciones con ayuda de un transportador digital y con ellas elaboramos una lista de verificación de posición de elementos de Bushing (Fig. 22), la cual nos permite observar que los componentes del Bushing se encuentran en posición NG de acuerdo a dibujo.



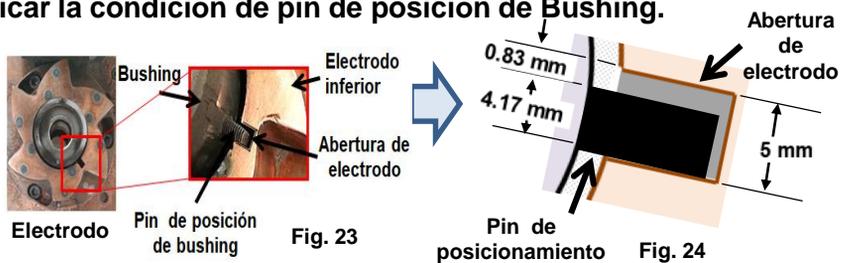
Elemento	Dibujo	Real	Juicio
Pin de posición del bushing	45°	40°	x
Pin de posición de fan	0°	355°	x
Pin de posición de fan	180°	175°	x

Fig. 22

La posición incorrecta del pin de posición de Bushing genera que la alineación del Bushing sea incorrecta, verificaremos su condición para validar su relación con el Ángulo de fan fuera de especificación.

Actividad de análisis #1.1: Verificar la condición de pin de posición de Bushing.

La alineación del Bushing depende 100% de la condición del pin de posición del Bushing, por lo que se procedió a revisar su condición. Éste entra en la abertura del electrodo alineando así el Bushing (Fig.23).



Detectamos que el pin de posición de Bushing tiene un diámetro de 4.17 mm cuando la abertura del electrodo mide 5 mm, generando un gap de 0.83 mm que provoca movimiento y por lo tanto variación de la alineación del Bushing (Fig.24). Cabe mencionar que el pin no está estandarizado.

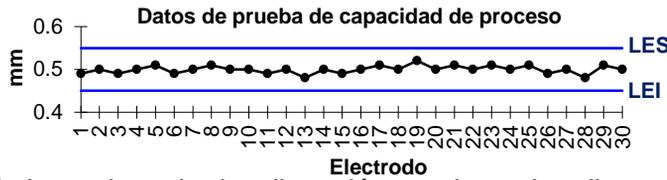
Actividad de análisis #1.2: Validación de abertura del electrodo vs dibujo.

Tomamos los datos de la medición de la abertura de 30 electrodos y comparamos vs dibujo (no se contaba con 63 electrodos para la muestra completa debido a que con cada electrodo se procesan alrededor de 10,000 piezas). La especificación de dibujo es de 5 +/- 0.5 mm. Todos los electrodos están dentro de especificación, pero validaremos la capacidad de proceso para descartar influencia en la alineación del Bushing.

# Electro.	mm								
1	4.9	7	5.0	13	4.8	19	5.2	25	5.1
2	5.0	8	5.1	14	5.0	20	5.0	26	4.9
3	4.9	9	5.0	15	4.9	21	5.1	27	5.0
4	5.0	10	5.0	16	5.0	22	5.0	28	4.8
5	5.1	11	4.9	17	5.1	23	5.1	29	5.1
6	4.9	12	5.0	18	5.0	24	5.0	30	5.0

Actividad de análisis #1.3: Realizar pruebas Cpk (apertura de electrodo).

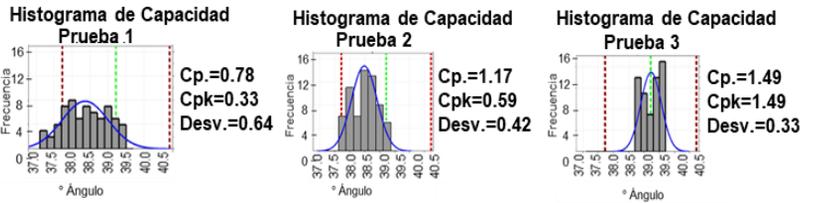
Realizamos una gráfica con los datos de prueba de capacidad de proceso de la apertura del electrodo y calculamos las medidas de tendencia central, los índices de capacidad y los evaluamos con base en el criterio de evaluación. Los resultados son favorables, por lo que descartamos la influencia de la apertura del electrodo en la desalineación, por lo cual realizaremos pruebas con el pin del Bushing.



Criterio Evaluación	
Cp. < 1.67	Cp. > 1.67
Cpk < 1.33	Cpk > 1.33
NG	OK
Resultados Estadísticos	
Promedio	0.50
Desviación S.	0.01
Cp:	1.80
Cpk:	1.78
Evaluación	OK

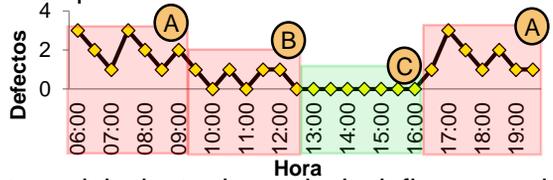
Actividad de análisis #1.4: Ensamblar rotores con diferente diámetro de pin de Bushing.

Para validar la influencia y la alineación del pin del Bushing, elaboramos 3 pines de diferentes diámetros y ensamblamos 63 piezas con cada uno. En la prueba 1 utilizamos un pin de diámetro 4 mm, la prueba 2 con condición actual (4.17mm) y prueba 3 con pin de diámetro 4.5mm (tomando como referencia la especificación mínima de apertura de electrodo 4.5 mm). Con base en los histogramas podemos determinar, el diámetro óptimo para el pin es el de la prueba #3. También se comprueba que a menor diámetro se genera desalineación del Bushing, provocando defectos.



Actividad de análisis #1.5: Validar el diámetro del pin respecto a defectos por ángulo de fan.

Realizamos una prueba de regresión de 14 horas, donde las primeras 3.5 horas se corrieron con el pin de 4 mm (A), las siguientes 3.5 se corrieron con el pin de 4.17 mm (B), las siguientes 3.5 con el de 4.5 mm (C) y las últimas 3.5 nuevamente pin de 4 mm (A). Como podemos observar el diámetro del pin influye en la alineación del Bushing, generando defectivo.



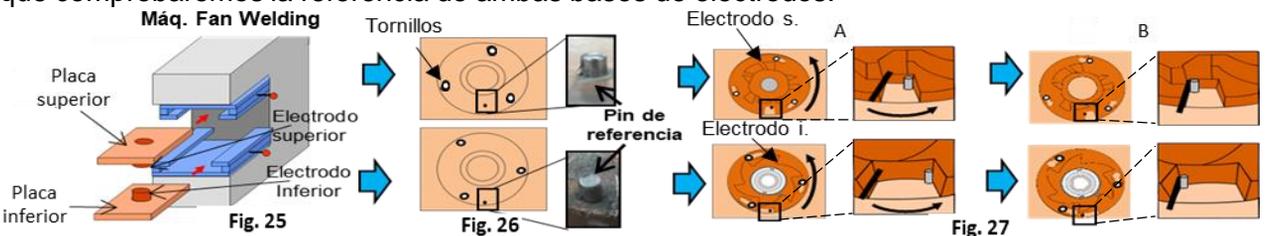
Conclusión: Se comprobó que el gap entre la apertura del electrodo y el pin influyen en la creación de la incorrecta alineación del Bushing respecto al electrodo inferior, contribuyendo a la generación del defecto Ángulo de fan fuera de especificación. Por lo tanto, **Si es causa raíz.**

Causa Potencial 3: Pin de referencia de posición del electrodo mal ubicado.

Hipótesis: Creemos que el pin de referencia de posición de los electrodos, tanto inferior como superior, impiden lograr un ajuste del ángulo del fan correcto, generando el defecto.

Investigación previa: Investigamos el método de colocación de los electrodos (superior e inferior) y la referencia que se tiene para ubicarlos correctamente.

Introducción al problema: La máquina de Fan Welding cuenta con dos placas que sirven de sujeción para los electrodos superior e inferior (Fig. 25). Cada una de ellas cuenta con un pin de referencia para la ubicación del electrodo y 3 tornillos de sujeción de electrodo (Fig. 26). Para colocar el electrodo (fig. 27), se coloca sobre la placa insertando los tornillos de sujeción en las ranuras del electrodo y se gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj (A), hasta que llega al pin de referencia, el cual funciona como un tope mecánico para el giro del electrodo (B). Para el ajuste de ambos electrodos, ya sea superior o inferior éste se realiza de manera individual, por lo que comprobaremos la referencia de ambas bases de electrodos.



Actividad de análisis #1: Realizar pruebas para verificar si existe relación entre el fan superior y el fan inferior.

Realizamos un modelo de correlación entre el resultado del ángulo del fan superior vs el ángulo del fan inferior. Como resultado obtuvimos un coeficiente de correlación muy bajo de 7% lo que nos indica que no hay relación entre ángulo de fan superior e inferior.

Actividad de análisis #2: Verificar la referencia de posición de electrodo.

Realizamos una prueba posicionando ambos electrodos en 7 diferentes ángulos (3,2,1,0,-1,-2 y -3) (Fig. 29), tomando como referencia la actual posición del pin como "0°". Con la información obtenida elaboramos 2 gráficas, evaluando la posición de los electrodos vs el ángulo resultante del fan.

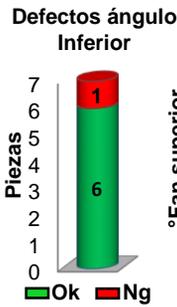
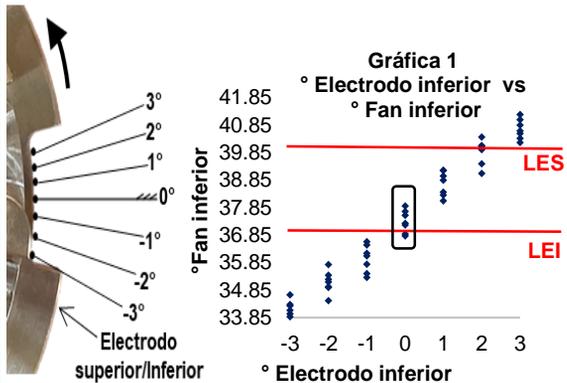
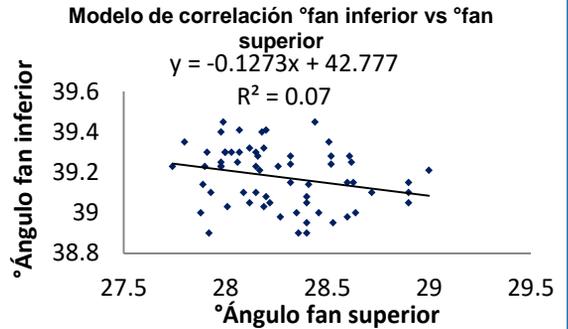


Fig. 28

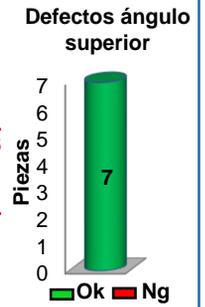
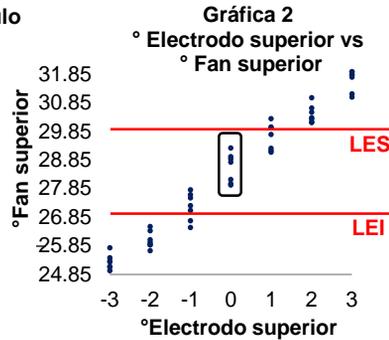


Fig. 29

La gráfica 1 muestra que la ubicación actual del pin de referencia no coincide con el LEI y LES, generando 1 defecto de un total de 7 piezas ensambladas (Fig. 28) . Por el contrario en la gráfica 2 coincide la posición actual con el LEI y LES y no se generaron defectos (Fig.29).

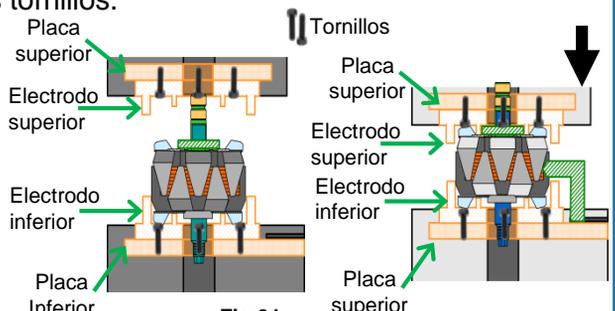
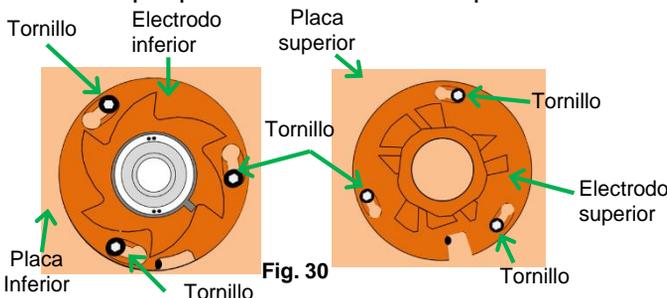
Conclusión: Se comprobó que la posición actual del pin de referencia del electrodo inferior impide ajustar correctamente el electrodo, influyendo en el resultado del ángulo del fan, por lo cual concluimos que **Sí es causa Raíz.**

Causa Potencial 4: Tornillería del electrodo dañada.

Hipótesis: Se tiene la teoría que alguno de los tornillos que sirven de sujeción al electrodo presentan alguna anomalía o daño en las cuerdas, lo que ocasiona que se aflojen. Al estar flojos, los electrodos tendrán variación en su posición generando el defecto.

Investigación previa: Revisamos físicamente el estado de los tornillos, al igual que la cantidad que hay de tornillos en cada electrodo.

Introducción al problema: Los tornillos de electrodos son los que mantienen sujeto el electrodo a la placa, impidiendo movimiento (Fig. 30). Durante el ensamble del rotor, el electrodo inferior se mantiene estático, mientras que el superior realiza el recorrido vertical para realizar el soldado del fan (Fig. 31). Cuando esto ocurre, el electrodo superior impacta la pieza generando cargas móviles que producen vibraciones que afectan a los tornillos.



Actividad de análisis #1: Verificación del estado de tornillería.

Verificamos los 3 tornillos de ambos electrodos y realizamos un check list con base en un diagrama de las partes del tornillo (Fig.32), verificando que éstas no presenten daños o desgaste. No se detectaron anomalías, por lo que procederemos a evaluar el torque.

Electrodo	# Tornillo	Check list de partes del tornillo							
		Cabeza		Raíz		Hilo		Cresta	
		Dã o	Desgaste	Dã o	Desgaste	Dã o	Desgaste	Dã o	Desgaste
Superior	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Inferior	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

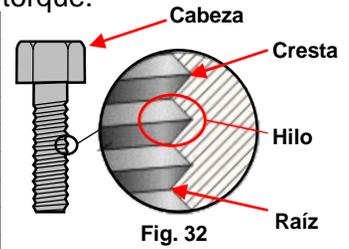
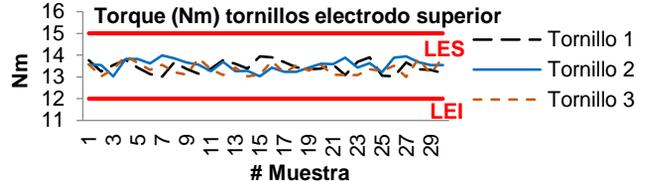


Fig. 32

Actividad de análisis #2: Verificación del comportamiento del torque de tornillos.

Verificamos en el manual de máquina las especificaciones de torque para los tornillos del electrodo (apriete min. 12 y max. 15 Nm). Realizamos la medición del torque de los tres tornillos de ambos electrodos cada 63 piezas y realizamos 2 gráficas. Como se puede apreciar en ellas no hay pérdida de torque de los tornillos.



Conclusión: No se encontró anomalía en las cuerdas por lo que se descarta que los tornillos se estén aflojando y generando el defecto de Ángulo de fan fuera de especificación.

Por lo tanto, **No es Causa Raíz**

E) Análisis de las soluciones.

En conjunto con el equipo de soporte realizamos una matriz Must-Want para cada causa potencial y seleccionamos entre 3 alternativas la mejor con base en Calidad, Tiempo, Costo, Facilidad y Control de implementación. Se eligieron las alternativas con mayor puntuación:

Componente de electrodo NG		ALTERNATIVA 1							ALTERNATIVA 2							ALTERNATIVA 3						
		Reemplazo de Baquelita							Cambio de material baquelita							Cambio de disño de jig						
Calidad		Si							Si							Si						
Seguridad		Si							Si							Si						
Costo Implementacõ n		\$3,550.78							\$4,500							\$15,000						
Factores de implementacõ n	Peso	Puntuacõ n				Total	Wxs	Puntuacõ n				Total	Wxs	Puntuacõ n				Total	Wxs			
		Ck	Pe	Mtto	Pr			Ck	Pe	Mtto	Pr			Ck	Pe	Mtto	Pr					
Calidad	5	3	5	5	3	4	20	3	3	3	3	3	15	3	1	1	1	2	7.5			
Tiempo	5	5	5	5	5	5	25	1	5	5	3	3	17.5	3	5	3	3	4	17.5			
Costo	5	5	3	3	5	4	20	1	5	5	1	3	15	3	5	5	3	4	20			
Facilidad	3	3	5	1	3	3	9	1	5	5	1	3	9	1	5	5	3	3	10.5			
Control	3	3	2	5	3	3.5	9.75	3	1	3	5	3	9	1	1	1	1	1	3			
Total puntuacõ n		83.75							65.5							58.5						

Contramedida #1: Decidimos reemplazar la baquelita dañada y estandarizar acciones.

Alineacõ n de Bushing NG		ALTERNATIVA 1							ALTERNATIVA 2							ALTERNATIVA 3						
		Cambio de disño del Bushing							Estandarizar pin de Bushing							Cambiar disño de electrodo						
Calidad		Si							Si							Si						
Seguridad		Si							Si							Si						
Costo Implementacõ n		\$6,700							\$4,279.22							\$7,644						
Factores de implementacõ n	Peso	Puntuacõ n				Total	Wxs	Puntuacõ n				Total	Wxs	Puntuacõ n				Total	Wxs			
		Ck	Pe	Mtto	Pr			Ck	Pe	Mtto	Pr			Ck	Pe	Mtto	Pr					
Calidad	5	1	3	1	3	2	10	5	3	5	5	4	22.5	3	3	5	5	4	20			
Tiempo	5	1	1	3	3	2	10	3	3	3	5	4	17.5	1	1	1	1	1	5			
Costo	5	1	1	1	1	1	5	1	3	3	3	2	12.5	1	1	3	3	2	10			
Facilidad	3	3	3	1	1	2	6	3	3	5	3	4	10.5	1	1	3	1	2	4.5			
Control	3	3	3	3	5	4	10.5	5	5	5	5	5	15	3	3	3	5	4	10.5			
Total puntuacõ n		41.5							78							50						

Contramedida #2: Decidimos reemplazar el pin de Bushing y estandarizarlo.

Referencia de posición de electrodo inferior NG		ALTERNATIVA 1							ALTERNATIVA 2					ALTERNATIVA 3					
Reubicación de pin de referencia de placa de electrodo									Graduar electrodos					Utilizar medidor digital de ángulo para el ajuste					
Calidad		Si							Si					Si					
Seguridad		Si							Si					No					
Costo Implementación		\$8,851.86							\$30,000					\$1,357.16					
Factores de implementación	Peso	Puntuación							Puntuación					Puntuación					
		Ck	Pe	Mtto	Pr	Total	Wxs	Ck	Pe	Mtto	Pr	Total	Wxs	Ck	Pe	Mtto	Pr	Total	Wxs
Calidad	5	3	3	5	5	4	20	1	3	3	1	2	10	1	1	5	5	3	15
Tiempo	5	3	5	5	5	4	22.5	1	3	3	1	2	10	3	3	1	1	2	10
Costo	5	1	5	5	5	3	20	1	5	5	3	3	17.5	1	1	3	3	2	10
Facilidad	3	5	3	3	3	4	10.5	3	5	5	3	4	12	1	1	3	1	2	4.5
Control	3	3	3	1	5	3	9	5	5	5	5	5	15	3	3	3	3	3	9
Total puntuación		82							64.5					48.5					

Contra medida #3: Con ayuda del soporte técnico decidimos reubicar el pin del electrodo inferior.

F) Implantación

Implantación #1: Remplazo de Baquelita.

Plan de Implantación de Contra medida 1						
Actividades	Responsable		Octubre 2019			
			1	2	3	4
1 Remplazo de baquelita	Fernando (Ck) Caracheo (Pe)	Plan				
		Real				
2 Definir puntos clave para verificar baquelita	Fernando (Ck) Braulio (Mtto)	Plan				
		Real				
3 Establecer documentación para verificar baquelita	Fernando (Ck) Guillermo (Pr)	Plan				
		Real				
4 Entrenamiento del personal para remplazo de baquelita	Fernando (Ck) Caracheo (Pe)	Plan				
		Real				

1 Con ayuda de mantenimiento retiramos la baquelita dañada y colocamos una nueva, verificamos los otros componentes del electrodo y lo ingresamos a la línea de producción.



ANTES

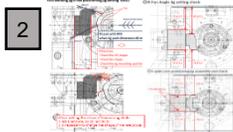


DESPUÉS

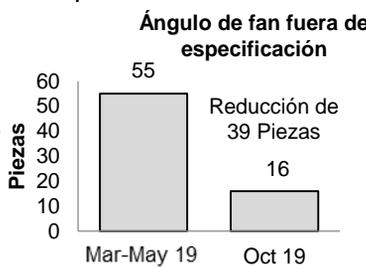
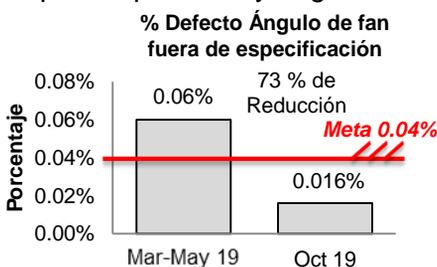
2 Para prevenir más anomalías en la baquelita y otros componentes del electrodo, con el apoyo del supervisor de Producción, Mtto e Ingeniería realizamos un manual de procedimiento con ayudas visuales que permita al jefe de grupo/asociado detectar daños a tiempo. Se incluyeron frecuencia de chequeo, revisiones diarias por el jefe de grupo y semanalmente por el supervisor.

3 Como complemento al manual de procedimiento anterior se agregó al check list la revisión de la baquelita cada inicio de turno, adicional también se realizó un manual de ajuste de jig de electrodo donde se mencionan los pasos para el remplazo y ajuste los diferentes componentes.

4 Entrenamos a los asociados y jefes de grupo en la inspección visual de los componentes de electrodo y se generó un reporte de entrenamiento.



Tomando como referencia los 3 meses de análisis con los que iniciamos el proyecto (mar-may 2019), después de la implementación de estas actividades obtuvimos una reducción del 73% en el porcentaje de pérdida de In Process por el defecto de «Ángulo de fan fuera de especificación», que va del 0.06% al 0.016% lo que representa 39 piezas reducidas. Asimismo, se evaluaron los aspectos positivos y negativos de la implementación de la contra medida.



Aspectos positivos	Aspectos negativos
Se controlan elementos importantes en la generación de defecto ángulo de fan fuera de especificación.	Fragilidad de la baquelita, al tener poca flexibilidad y elasticidad.

Implantación #2: Estandarizar pin de Bushing.

Plan de Implantación de Contramedida 2						
Actividades	Responsable	Octubre 2019			Nov 2019	
		2	3	4	1	2
1 Diseño de pin de bushing	Fernando (Ck) Caracheo (Pe)	Plan				
		Real				
2 Colocación de pin de bushing	Fernando (Ck) Braulio (Mitto)	Plan				
		Real				
3 Entrenamiento y comunicación a Jefe de grupo	Fernando (Ck) Guillermo (Pr)	Plan				
		Real				

1 Realizamos pruebas con diferentes diámetros de pin, evaluando la desviación estándar para de esta manera determinar el diámetro óptimo. En la fig. 33 tenemos una tabla con 9 pruebas ensamblando piezas con diferentes diámetros de pin (cada una de 20 piezas) y se calculó la desviación estándar de cada una. Como se puede observar en la gráfica de línea ajustada a mayor gap, mayor variación de proceso, aunque en determinado punto la desviación estándar deja de cambiar. Dicha prueba es la número 6, la cual fue con un pin de diámetro 4.6 mm, el cual genera un gap de 0.4 mm con respecto a la abertura del electrodo y una desviación estándar de 0.26 mm.

Como el 4.6 entra dentro del rango de especificación de la abertura del electrodo (5+/-0.5mm), tomaremos las dos inmediatas de 4.4 a 4.5 mm las cuales serán las especificaciones mínima y máxima del pin del Bushing para el diseño.

# De prueba	Diam. Pin	GAP (mm)	Desv. Estd.
1	4	1	0.64
2	4.2	0.8	0.43
3	4.3	0.7	0.38
4	4.4	0.6	0.35
5	4.5	0.5	0.33
6	4.6	0.4	0.26
7	4.7	0.3	0.27
8	4.8	0.2	0.25
9	4.9	0.1	0.26

Gráfica de línea ajustada para modelo cuadrático

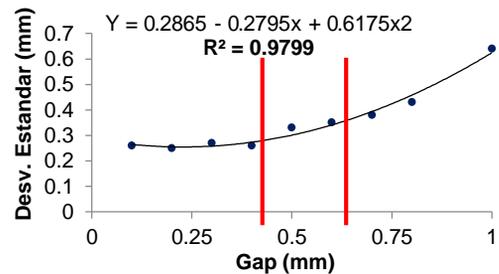


Fig. 33

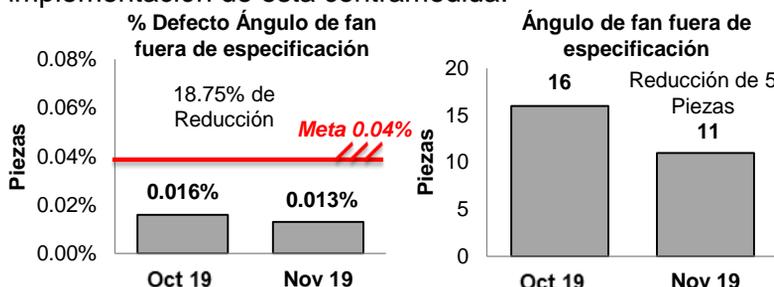
2 Con ayuda de mantenimiento e ingeniería realizamos el remplazo del pin del Bushing y monitoreamos con ayuda del personal de mediciones la tendencia del ángulo inferior.



3 Se informó a los jefes de grupo y otros departamentos sobre los cambios realizados y cómo se llegó a la solución del problema. De igual manera se informó la importancia de la alineación del Bushing y cómo sus componentes influyen en ella. También se levanto un reporte de entrenamiento.



Después del remplazo del pin de Bushing obtuvimos una reducción del 18.75% en el porcentaje del defecto de «Ángulo de fan fuera de especificación» que va del 0.016% al 0.013% lo que representa 5 piezas reducidas. También describimos los aspectos positivos y negativos de la implementación de esta contramedida.



Aspectos positivos	Aspectos negativos
Reducción de minutos de pérdida por ajuste de ángulo de fan por jefe de grupo/ Partes estandarizadas.	El desgaste del pin del Bushing aumenta la variabilidad del ángulo inferior del fan.

Plan de Implantación de Contramedida 3				Noviembre 2019			
Actividades	Responsable	Plan	Real	1	2	3	4
				1	Fernando (Ck) Caracheo (Pe)	Plan	Real
2	Fernando (Ck) Braulio (Mtto)	Plan	Real				
3	Fernando (Ck) Braulio (Mtto)	Plan	Real				

Implantación #3: Reubicación de pin de referencia de electrodo inferior.

1 Revisamos los datos de la prueba de posición de pin de referencia de electrodo inferior vs °Fan inferior (Fig.34) y calculamos un porcentaje de correlación del 85%(R2).

Con esta información creamos una ecuación que describe la relación entre X y Y la cual es $Y=1.2859X + 37.226$

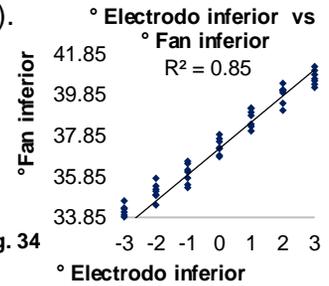
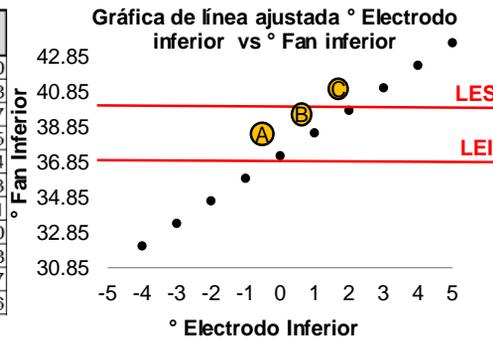


Fig. 34

$Y = 1.2859X + 37.226$

X ° Electrodo	Y ° Fan Inferior
-5	30.80
-4	32.08
-3	33.37
-2	34.65
-1	35.94
0	37.23
1	38.51
2	39.80
3	41.08
4	42.37
5	43.66

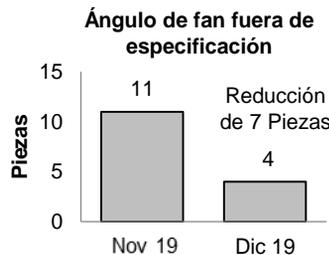
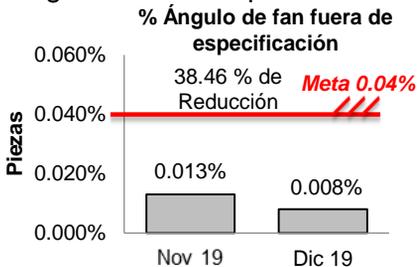


2 Usamos la ecuación para calcular la ubicación óptima del pin de referencia. De acuerdo a los resultados obtenidos el pin de referencia puede ubicarse en 0° (A) como mínimo, una media de 1°(B) y un máximo de 2°(C) (Esto de acuerdo a límites de especificación de dibujo de tolerancias de ángulo del fan).

3 En colaboración con los miembros de soporte concluimos que la nueva ubicación del pin de referencia será la media, para evitar problemas con la variación del proceso. También se procedió a modificar el dibujo agregando el cambio de ubicación, aunque dichas placas se cambian alrededor de cada 2 años.



Después de la reubicación del pin de referencia del electrodo inferior obtuvimos una reducción del 38.46% en el porcentaje del defecto de «Ángulo de fan fuera de especificación» que va del 0.013% al 0.008% lo que representa 7 piezas reducidas. También describimos los aspectos positivos y negativos de la implementación de esta reubicación de pin de referencia.



Aspectos positivos	Aspectos negativos
Reducción de tiempo al realizar el cambio/ ajuste de electrodo. Reducción de defecto Ángulo de fan fuera de especificación.	Al generarse desgaste en el pin de referencia podrá causar un ajuste de posición de electrodo incorrecto.

G) Resumen de los Resultados Obtenidos.

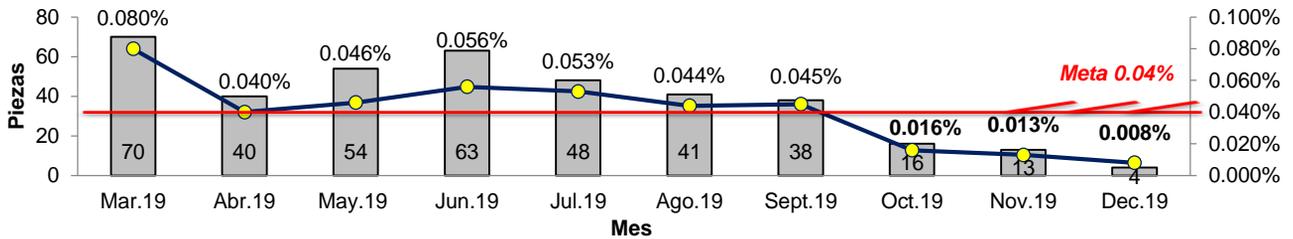
Evaluación cuantitativa de resultado tangibles: El resultado de las acciones tomadas, tuvo una reducción en total del 86.66% para el defecto de Ángulo de fan fuera de especificación en L2.

Comparación cuantitativa de la situación actual vs situación anterior.

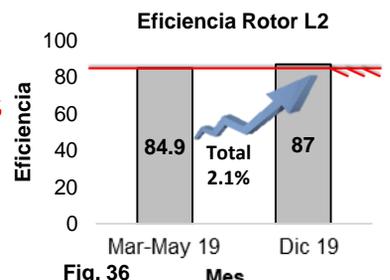
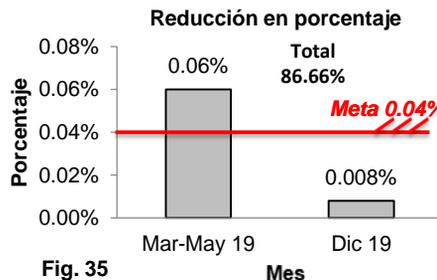
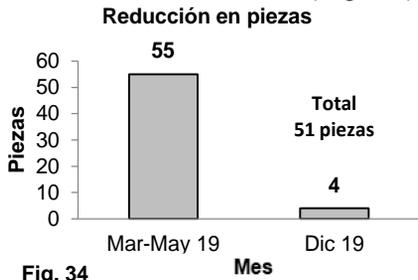
El cálculo inicial del defectivo fue de un 0.06% y aplicando las contramedidas logramos llegar hasta un 0.008% en el mes de Diciembre de 2019.

Medición cuantitativa de los efectos secundarios de las mejoras. Como efecto secundario se incrementó un 2.1% en la eficiencia de la línea 2 de Rotor (Fig. 36).

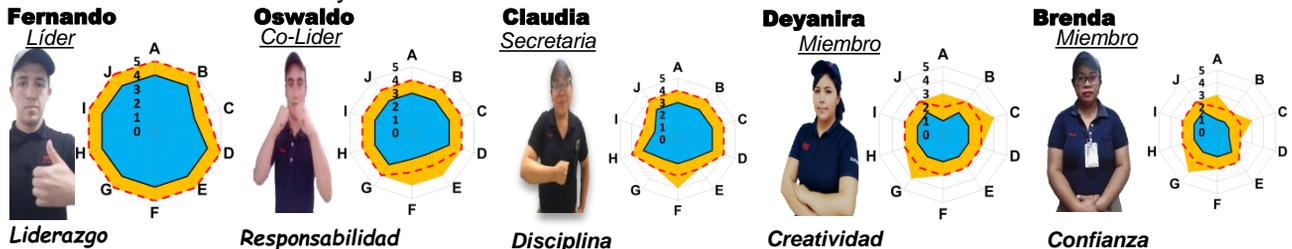
Ángulo de fan fuera de especificación Rotor L2



Comparación cuantitativa de los resultados obtenidos contra la meta previamente establecida. Se muestra la gráfica del antes (Marzo-Mayo 2019) y el después (Diciembre 2019) donde observamos una reducción total de 51 piezas (Fig. 34). que representa el 0.008% superando nuestra meta del 0.04% (Fig. 35).



Evaluación de resultados intangibles. Gracias a la aplicación del plan de entrenamiento previamente establecido y al soporte técnico para el desarrollo del proyecto se lograron mejorar las habilidades técnicas y administrativas de cada miembro de CCC.



Evaluación y análisis en términos de impactos económicos para el negocio.

El ahorro del proyecto fue de \$14,537.6 mensuales y se tuvo una inversión de \$16,681.86 los cuales se recuperaron en 25.24 días ROI.

$$\text{Ahorro por pzas salvadas al mes} = \left[\text{Cant. de defectos promedio (Mar-May)} - \text{Cantidad de defectos promedio mensual después de la mejora} \right] \times \left[\text{costo de pieza} \right] = (55 - 4) (312.31) = \$ 15,927.81$$

$$\text{Ahorro Anual} = \left[\text{Ahorro por pzas salvadas al mes} \right] \left[12 \text{ meses} \right] = (15,927.81 * 12) = \$ 191,133.72$$

$$\text{Inversión} = \$16,681.86 \text{ pesos}$$

$$\text{Ahorro Mensual} = \frac{\text{Ahorro Anual} - \text{Inversión}}{12 \text{ Meses}} = \$14,537.66$$

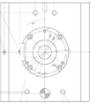
$$\text{Ahorro Diario} = \frac{\text{Ahorro Mensual}}{22 \text{ Días}} = \$660.80$$

$$\text{ROI Días} = \frac{\text{Costo de Inversión}}{\text{Ahorro Diario}} = \$25.24$$

H) Diseño del nuevo estándar.

Diseño e implantación de nuevos estándares, métodos de control y procedimientos. Seguimiento de los resultados una vez aplicados los nuevos estándares o mejoras.

Contramedida	Documentos Modificados	todo de Control
1.- Reemplazo de baquelita	 Manual de verificación de Jig Se agrega a manual de verificación de proceso	 Se agrega a Check List de máquina Hoja de chequeo Diario del Einsteller

Contramedida	Documentos Modificados	Todo de Control
2.- Reemplazo de pin de bushing	 Dibujo técnico de pin estándar  Se agrega a manual de verificación de proceso	 Hoja de chequeo Diario del Einsteller  Se agrega a Check List de máquina
3.- Reubicación de pin de referencia de electrodo	 Dibujo técnico de base de electrodo  Se agrega a manual de verificación de proceso	 Se agrega a Check List de máquina

Ejecución de actividades de capacitación y entrenamiento sobre nuevos procedimientos.



Se informó a los departamentos la aplicación de las contramedidas.

Se capacitó al personal fuera de línea que estará monitoreando las contramedidas.

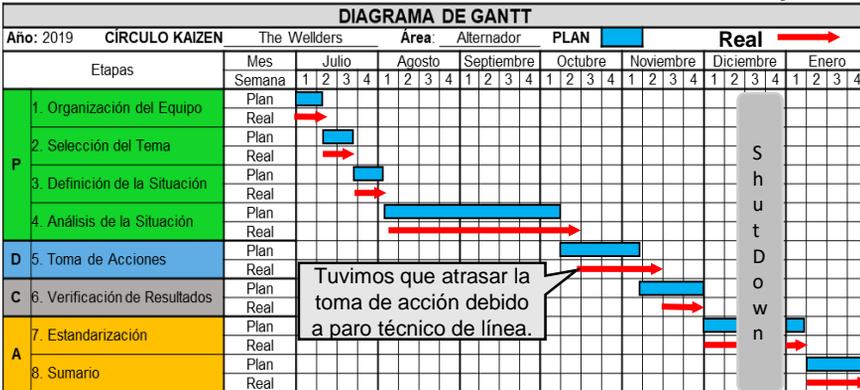
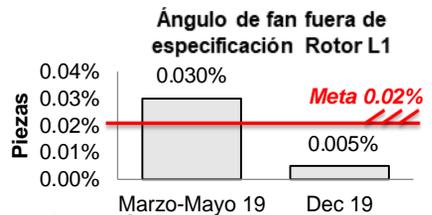
Se informó al personal de producción del área de Rotor la toma de acciones.

Descripción de la aplicación real de la mejora en otros procesos (YOKONIRAMI).

Las contramedidas se clonaron para la línea 1 de Rotor, para la cual se tuvo un 83.33% de reducción para el defecto de Ángulo de fan fuera de especificación.

1) Conclusiones.

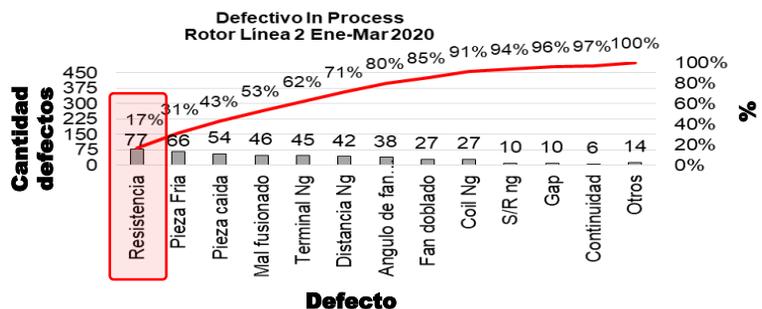
Evaluación de lo realizado en cada una de las fases del proceso de mejora.



Aspectos positivos	Aspectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del defectivo de Ángulo de fan fuera de especificación. - Reducción de defectos In Process - Se eleó el nivel de análisis de los miembros de CCC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para la elaboración de pruebas por costo del rotor. - Dificultad para comprender el funcionamiento de la máquina fan welding.

Aprendizaje obtenido. Al desarrollar este proyecto reforzamos la metodología del PDCA utilizando herramientas de calidad, elevando nuestro conocimiento y con ello encontrar las causas raíz para el defecto de Ángulo de fan fuera de especificación.

Descripción del plan de acciones a realizar inmediatamente después de terminado el presente tema. El siguiente proyecto que desarrollaremos será «Resistencia NG» de acuerdo al nuevo Pareto de la línea de Rotor reduciendo aún más la pérdida de In Process.



¡Gracias por su atención!