



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proyecto SMED para
reducción en tiempo de
preparación de máquina
soldadora para producción de
diferentes números de partes**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Alejandro Garcia Moreno

ASESOR DE INFORME

M. I. Francisco González Pineda



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

NOMBRE DE LA EMPRESA

RAIMSA S. DE E. DE C.V es una fábrica de DRiV Incorporated,
División de Tenneco Inc.



MISIÓN

Driv TM Los Reyes formamos una familia donde diseñamos y manufacturamos parte automotrices de suspensión, dirección y transmisión con calidad de clase mundial para el mercado de repuesto excediendo los requerimientos del cliente a través de la mejora continua e innovación, siempre comprometidos con el cuidado del medio ambiente y bienestar de nuestros colaboradores.

VISIÓN

Ser la Planta líder de la compañía en excelencia operacional a través de la implementación de las mejores prácticas de manufactura para el año 2025.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.1. OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PUESTO DE TRABAJO.....	7
3.1 PRODUCTOS DE LA EMPRESA.....	7
3.2 FUNCIONES DEL PUESTO DE TRABAJO.....	13
4. ANTECEDENTES.....	15
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	18
6. METODOLOGÍA UTILIZADA.....	21
7. RESULTADOS.....	28
8. CONCLUSIONES.....	29
9. GLOSARIO.....	30
10. BIBLIOGRAFÍA.....	32

1. INTRODUCCIÓN

La metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) se utiliza en el ámbito de la manufactura para reducir los tiempos de cambio de herramienta o preparación de máquinas, con el objetivo de optimizar el uso de los recursos y mejorar la eficiencia en la producción.

En algunas industrias automotrices y manufactureras, SMED ha sido adoptado como parte de la estrategia Lean para eliminar desperdicios de tiempo.

De este modo han logrado reducir los tiempos de cambio de herramienta a menos de 10 minutos, optimizando así el flujo de trabajo y mejorando su capacidad de respuesta a variaciones en la demanda de producción.

En este caso, el proyecto surgió tras una auditoría realizada por la consultora McKinsey & Company, donde se identificó un cuello de botella en la línea de soldadura de Sway Bar Links (SBL).

El problema principal fue el tiempo excesivo dedicado a la preparación de la máquina, particularmente en los cambios de herramental necesarios para producir distintos números de parte.

Según el software Ease.io (especializado en auditoría e inspección para manufactura) los tiempos de preparación de máquina son un factor clave en la eficiencia global de una línea de producción.

Reducciones en estos tiempos pueden representar cientos de horas adicionales de producción al año, lo que contribuye a una mejora significativa en la productividad y una disminución en los costos operativos.

2. OBJETIVO GENERAL

Revisar y confirmar la observación de McKinsey & Company en la línea de soldadura de SBL comparando los tiempos de preparación en las diferentes máquinas soldadoras.

2.1.OBJETIVOS PARTICULARES

- a. En caso de confirmarse revisar el proceso de soldadura e identificar áreas de mejora a corto a largo plazo así como la aplicación de la metodología SMED.
- b. Desarrollar y poner en marcha las áreas de mejora y establecer una reducción de tiempo que permita tener beneficios traducidos en horas de producción anuales.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PUESTO DE TRABAJO

El corporativo Tenneco tiene sus inicios en la primera mitad del siglo XX, comenzando por enfocarse en la producción y transporte de gas. Con el tiempo, diversificó sus operaciones y comenzó a expandirse hacia otros sectores.

Para la segunda mitad del siglo XX, la empresa adquirió varias compañías, lo que le permitió incursionar en la industria automotriz y de transporte, comenzando con la producción de sistemas de escape, amortiguadores, entre otros.

A pesar de los cambios y la diversificación, la empresa ha demostrado ser exitosa, destacándose por su liderazgo en el sector, su presencia global con marcas establecidas, su enfoque en la innovación y adquisiciones estratégicas, así como su compromiso con la sostenibilidad. Esto la ha llevado a aparecer hasta siete veces en la lista de Fortune 500 en lo que va del presente siglo.

Driv Incorporated, la división en la que me encuentro, surgió en 2019 cuando Tenneco adquirió la compañía Federal-Mogul en 2018, siendo que decidió dividir sus operaciones en dos unidades independientes, uno enfocado en las piezas de posventa y productos de rendimiento, y otro en soluciones tecnológicas de emisiones y tren motriz para fabricantes de vehículos.

3.1 PRODUCTOS DE LA EMPRESA

La planta de la división Driv Incorporated, donde tuve la oportunidad de desenvolverme se especializa en la manufactura de refacciones automotrices, tales como:

- ITRE & TRE: Terminales de dirección (*Inner - Tie Rod End*) (Imagen 3.1.).
- *Ball Joints*: Rótulas (Imagen 3.2.).
- SBL: Enlaces de barras estabilizadoras (*Sway Bar Links*) (Imagen 3.3.).
- *U-Joints*: Crucetas (Imagen 3.4.).



Imagen 3.1. Terminales de dirección (*Inner - Tie Rod End*) [1]
De dominio público



Imagen 3.2. *Ball Joints*: Rótulas [2]
De dominio público



Imagen 3.3. Enlaces de barras estabilizadoras (*Sway Bar Links*) [3]
De dominio público



Imagen 3.4. *U-Joints*: Crucetas. [4]
De dominio público

Estas piezas se utilizan en sistemas de dirección, suspensión y tren de potencia de vehículos automóviles ligeros, pesados y tractores. Siendo producidas como componentes de tipo Tier 2 para el mercado de refacciones (aftermarket) bajo el nombre de diferentes marcas, tales como:

- MOOG
- NAPA
- Quick Steer - QS
- Total Solución - TS

Todas las piezas producidas son exportadas a Norteamérica para su venta y distribución.

Un ejemplo de una Sway Bar Link producido en la planta donde trabajé se puede apreciar en la siguiente imagen (Imagen 3.5. Pieza de NAPA).

Esta pieza, es un repuesto que puede ser utilizado en un vehículo Toyota Sienna 2010 (Imagen 3.6. Toyota Sienna 2010).

[NAPA](#)
[PRO SERVICES](#)
[TRACK ORDER](#)
[Add New Vehicle](#)

[English](#)
[Please select store \(Closed\)](#)
[Sign in](#)

[DEALS](#)
[REPAIR SERVICES](#)
[KNOW HOW](#)

[FREE SHIPPING](#) on orders \$35+

[Home / 2651611 / Suspension Stabilizer Bar Link Kit](#)

[Add a vehicle to guarantee fit](#)

Suspension Stabilizer Bar Link Kit

Part #: NCD 2651611
 Line: NAPA Chassis Parts

Price **\$39.99**
 or 4 interest-free payments of \$10.00 with **afterpay**

Qty: [Add to Cart](#)

Store Pickup
 Unavailable at Please select store 94601 Why?
 Check Nearby Stores

Free Shipping
 Get it by **Sun, Oct 20**







[Image Not Available](#)

Similar Products



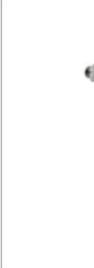
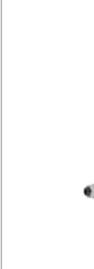




Figura 3.5. Imagen 3.5. Pieza de NAPA [5]
De dominio público



Imagen 3.6. Toyota Sienna 2010
De dominio público [6]

3.2 FUNCIONES DEL PUESTO DE TRABAJO

Mis responsabilidades como “Becario en Ingeniería de Procesos” fueron las siguientes:

- ❖ Clasificación de registros de parámetros y desarrollo de documentación técnica para las máquinas de las líneas de producción como hojas SOP.
- ❖ Diseñar y elaborar planos para piezas para las diferentes máquinas.
- ❖ Manejo de presupuesto de \$40,000.00 a \$50,000.00 USD mensualmente para compra de refacciones o servicios para las líneas de producción así como seguimiento de Órdenes de Compra con proveedores.
- ❖ Seguimiento a órdenes de prueba en las líneas de producción para la implementación de herramental.
- ❖ Desarrollo de proyectos de Mejora continua a través de la metodología Kaizen y sus 8 desperdicios (actividades que no agregan valor al producto final).
- ❖ Capacitación a personal sobre mejoras o cambios del área, máquinas o procesos.
- ❖ Resolución de problemas en las máquinas que no producen piezas con las especificaciones requeridas.
- ❖ Validación de parámetros de proceso.

A continuación en la Figura 3.5. se muestra el Organigrama y la ubicación de mi puesto de trabajo .

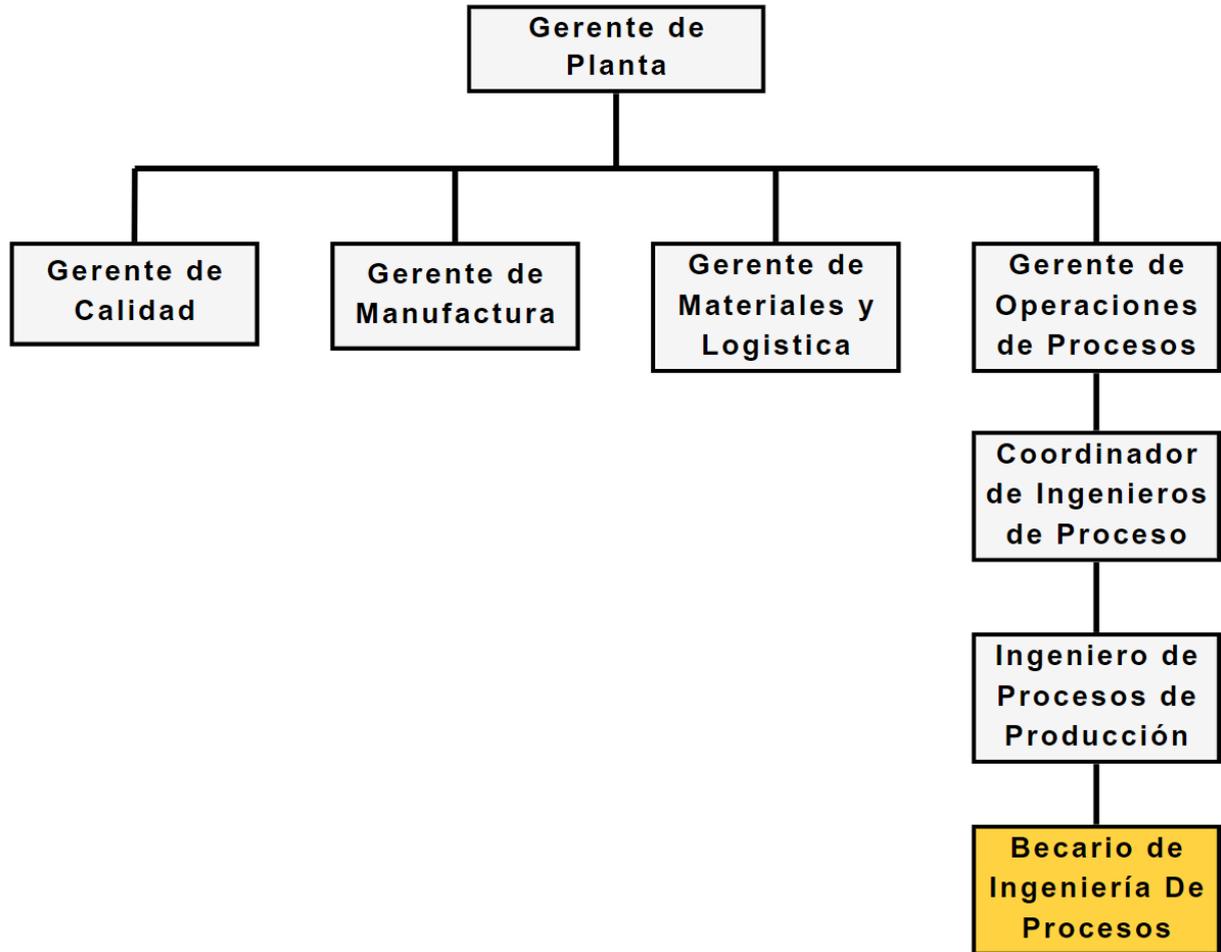


Figura 3.6. Organigrama de RAIMSA S. DE E. DE C.V. [7]
Propiedad y autorizado por la empresa

Es importante señalar que existen otras ramas como Ingeniería de Calidad, Ingeniería de Manufactura, Sistemas, Ingeniería de Diseño, Mantenimiento, Recursos Humanos, Finanzas y Contabilidad. Dado que la estructura organizativa es matricial, durante mi desempeño como becario, interactúe con personal de distintas áreas y niveles de responsabilidad para la resolución de diferentes problemas.

4. ANTECEDENTES

El objetivo principal de la metodología SMED es reducir el tiempo de cambio entre diferentes procesos de producción o configuraciones de máquinas a menos de 10 minutos.

Considerando que el número de cambios de configuración son más de 100 mensualmente por máquina en la línea de soldadura de SBL se identifica el área de oportunidad, dado que en promedio, el tiempo dedicado para el cambio de configuración es en promedio de 33.5 minutos.

Lo anterior se ve traducido en mínimo, 55.83 horas al mes en las cuales no hay producción y son dedicadas únicamente al tiempo de preparación de configuración de cada máquina.

En adición otros conceptos aplicados para la identificación de la causa o causas raíz de este proyecto fueron:

- Diagrama de Ishikawa
- 8 *Mudas* Kaizen

Un Diagrama Ishikawa también conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pescado, es una herramienta utilizada para identificar y visualizar las posibles causas de un problema al dividir categorías involucradas como: mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, medio ambiente y medición.

Luego de aplicar el Diagrama Ishikawa al análisis del problema (Figura 4.1. "Diagrama Ishikawa aplicado") se reconoció que las principales categorías involucradas fueron:

- Método
- Maquinaria
- Mano de obra

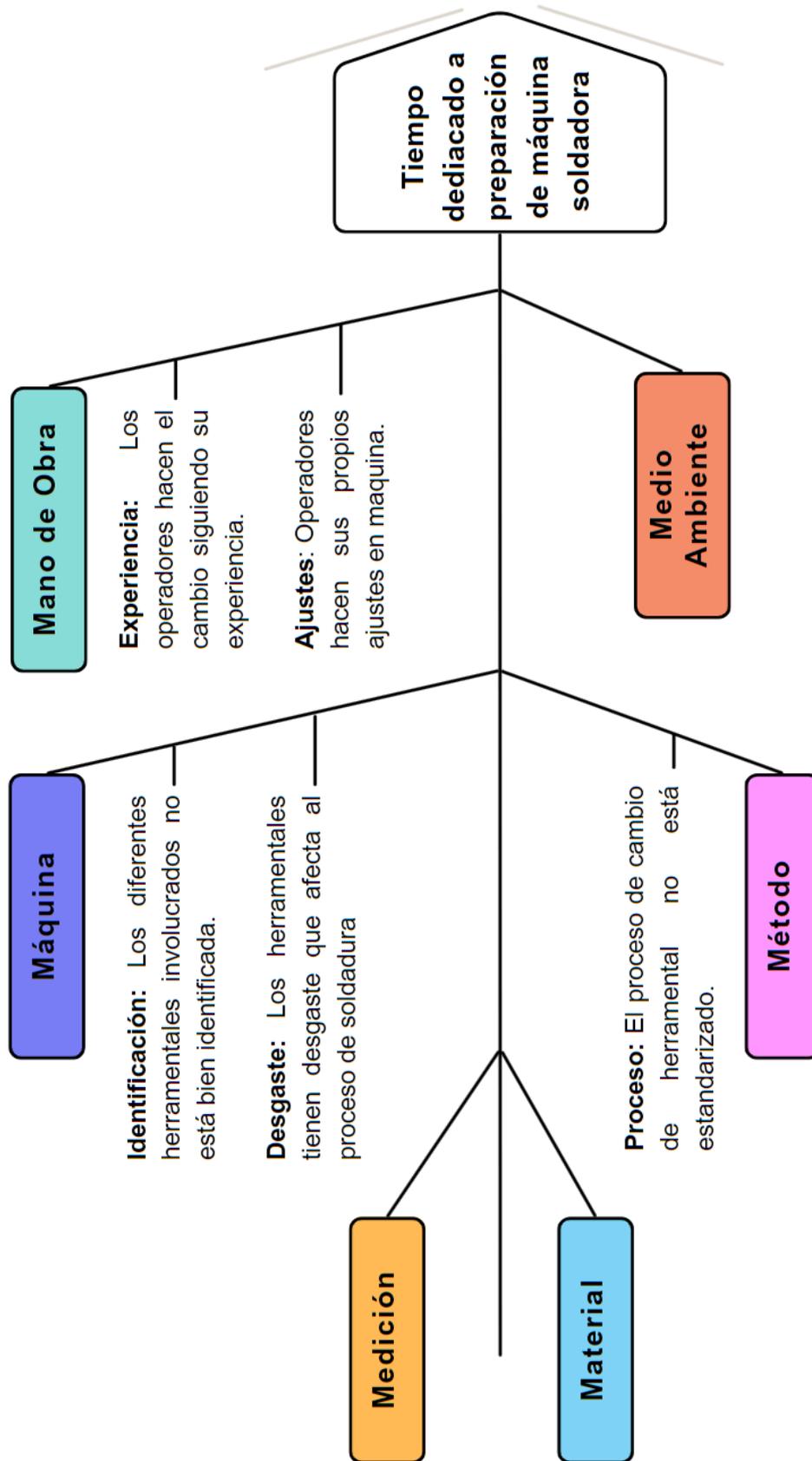


Figura 4.1. Diagrama Ishikawa aplicado [8]
 Propiedad y autorizado por la empresa

Las 8 *Mudas* Kaizen son tipos de “desperdicios” que deben de ser identificados y eliminados con el fin de mejorar la eficiencia en las líneas de producción; estas *Mudas* se identifican como las actividades que no añaden valor al proceso o bien, al producto final.

Las 8 clasificaciones de *Mudas* según la metodología Kaizen son:

1. Sobreproducción: Producir más de lo necesario o antes de lo requerido, lo que genera inventarios excesivos y/o desperdicio de recursos.
2. Tiempos de espera: El tiempo se vuelve improductivo cuando los productos o personas están esperando la siguiente etapa del proceso.
3. Transporte innecesario: El movimiento innecesario de productos, materiales o información que no añade valor y puede aumentar los costos y riesgos de daño al producto.
4. Reprocesos: Realizar más pasos de los necesarios en un proceso, como inspecciones adicionales o ajustes innecesarios aumenta los costos y tiempos sin aportar valor.
5. Inventario innecesario: Mantener un exceso de inventario consume espacio, capital y puede llevar a daños o vencimiento de productos.
6. Movimiento innecesario: El movimiento excesivo de personas durante el trabajo, como buscar herramientas o piezas resulta en pérdida de tiempo y esfuerzo.
7. Defectos: Producir productos defectuosos que requieren retrabajo, reparación o sustitución, lo que genera desperdicio de tiempo y materiales.
8. Potencial humano desperdiciado: No aprovechar completamente las habilidades y creatividad de los empleados, lo que resulta en una falta de innovación y mejora continua.

Gracias a la observación de las anteriores, es posible optimizar procesos y mejorar la eficiencia de los mismos al eliminar estos desperdicios.

5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para poder identificar la causa raíz o causas raíces del problema, inicié con realizar un análisis detallado del proceso de cambio de herramientas en la línea de soldadura de SBL. Para ello, utilicé los principios del Análisis de Tiempo y Movimiento y como parte de este análisis, grabé el proceso completo de cambio de herramienta.

Decidí grabar el proceso de preparación de la máquina con apoyo del operador más experimentado de la línea de soldadura y de este modo descartar el factor “Mano de Obra” del diagrama Ishikawa y además tomar su referencia para poder estandarizar el proceso de cambio de herramientas.

Después en la grabación pude observar al operador realizar los cambios de herramientas; como electrodos sujetadores de aleación cobre-tungsteno, siendo que las dimensiones de éstos estaban directamente relacionados con las diferencias entre los números de parte a soldar (tipos de housing, largos y diámetros de barra, ángulos entre barra y housing).

Esta grabación fue un paso clave en el proyecto, ya que me permitió entender y analizar cada detalle del proceso. Pues el total de las actividades del proceso resultaron 13 etapas, para el cambio de herramienta, con 336 actividades diferentes considerando todas las acciones que realiza el operador, desde que termina la última pieza de la orden de producción anterior hasta que libera su primera pieza de nueva producción.

Considerando las etapas y actividades del proceso procedí a registrarlas en un cursograma analítico (Figura 4.2. “Cursograma analítico desarrollado”). Lo que me permitió analizar todas las acciones realizadas y clasificarlas según su tipo:

- Operación
- Inspección
- Transporte
- Espera
- Almacenamiento.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO												
Maquina: Soldadora		Resumen										
Proceso: Soldadura de SBL		Símbolo	Actividad	Actual	Min	Econ						
Inicia: 16.04.2024			Operación	273	17.4	n/a						
Finaliza: 16.04.2024			Inspección	44	5.87	n/a						
Método: Soldadura			Transporte	4	0.65	n/a						
			Espera	1	0.1	n/a						
			Almacenaje	0	0	n/a						
		Total		322	24.02	n/a						
		Distancia total (metros)		n/a	n/a	n/a						
		Tiempo min/hombre		-	-	-						
#	Actividad	Descripción de actividad	Minuto	Inicio	Final	Tiempo (segundos)	Notas	Símbolo de actividades				
1	Limpieza	Retira objetos del área de trabajo	0	0	7	7	-					
2	Limpieza	Cierra cajón de herramientas	0	7	8	1	-					
3	Identificar No.	Va al tablero KanBan	0	8	9	1	-					
4	Identificar No.	Selecciona hoja KanBan	0	9	10	1	-					
5	Identificar No.	Regresa al cajón de herramientas	0	10	11	1	-					
6	Identificar No.	Abre cajón de teclado y mouse	0	11	12	1	-					
7	Identificar No.	Acomoda teclado y mouse	0	12	15	3	-					
8	Identificar No.	Desbloquea la computadora	0	15	18	3	-					
9	Identificar No.	Espera que se desbloquee	0	18	20	2	-					
10	Identificar No.	Busca excel para plano	0	20	33	13	-					
11	Identificar No.	Busca número parte en hoja KB	0	33	42	9	-					
12	Identificar No.	Teclea número de parte	0	42	44	2	-					

Figura 5.1. Cursograma analítico desarrollado [9]

Propiedad y autorizado por la empresa

A partir de lo anterior identifiqué diferentes problemas relacionados directamente con el tiempo de preparación de máquina para diferentes números de parte, estos fueron los siguientes:

1. No estandarización en la herramienta manual: Los operadores utilizaban una amplia variedad de herramientas, lo que generaba confusión y tiempo perdido en la búsqueda y selección de las adecuadas.
2. No estandarización en los elementos de sujeción (tornillos): Se utilizan tornillos con el mismo vástago, pero con cabezas diferentes (hexagonal, allen, etc.), lo que obligaba a los operadores a cambiar constantemente de herramienta.
3. Tiempo en identificar y conseguir el herramental necesario: Los operadores tenían que buscar manualmente los herramientas necesarios, lo que incrementaba los tiempos de preparación.
4. Tiempo en ajustar los herramientas: Debido al desgaste en el herramental, el ajuste de los herramientas tomaba más tiempo del necesario, afectando la precisión del proceso.
5. Ergonomía y tiempo en avituallamiento de material: Se observó que el abastecimiento de housing, no estaba optimizado, lo que generaba tiempos muertos.

Con las problemáticas definidas pude proseguir a trabajarlas definiendo implementaciones a corto y largo plazo.

6. METODOLOGÍA UTILIZADA

Para la resolución de los problemas identificados:

1. No estandarización en la herramienta manual.
2. No estandarización en elementos de sujeción.
3. Tiempo en identificar y conseguir el herramental necesario
4. Tiempo en ajustar los herramientas
5. Ergonomía y tiempo en surtimiento de material

Utilicé la metodología SMED dado que esta metodología puede ser aplicada para proyectos donde se busque disminuir tiempos por cambios de herramientas o ajustes que impactan directamente en la eficiencia de la producción.

Al seguir la metodología traté de convertir las tareas internas (que solo se pueden realizar cuando la máquina está detenida) en tareas externas (que se pueden hacer mientras la máquina está funcionando), a modo de buscar mantener la máquina funcionando independiente al cambio de herramientas.

Aunque dada la naturaleza del proceso y la máquina no fue posible convertir actividades internas en externas gracias a este análisis pude agrupar los problemas identificados en cada categoría.

De este modo para la tarea interna (bajo su definición) resultó en:

- Cambio de herramental (para problemas 1, 2, 3 y 4)

Mientras que para la tarea externa resultó en:

- Abastecimiento del material (para el problema 5).

Posteriormente con las tareas definidas procedí a optimizarlas, iniciando por las tareas internas.

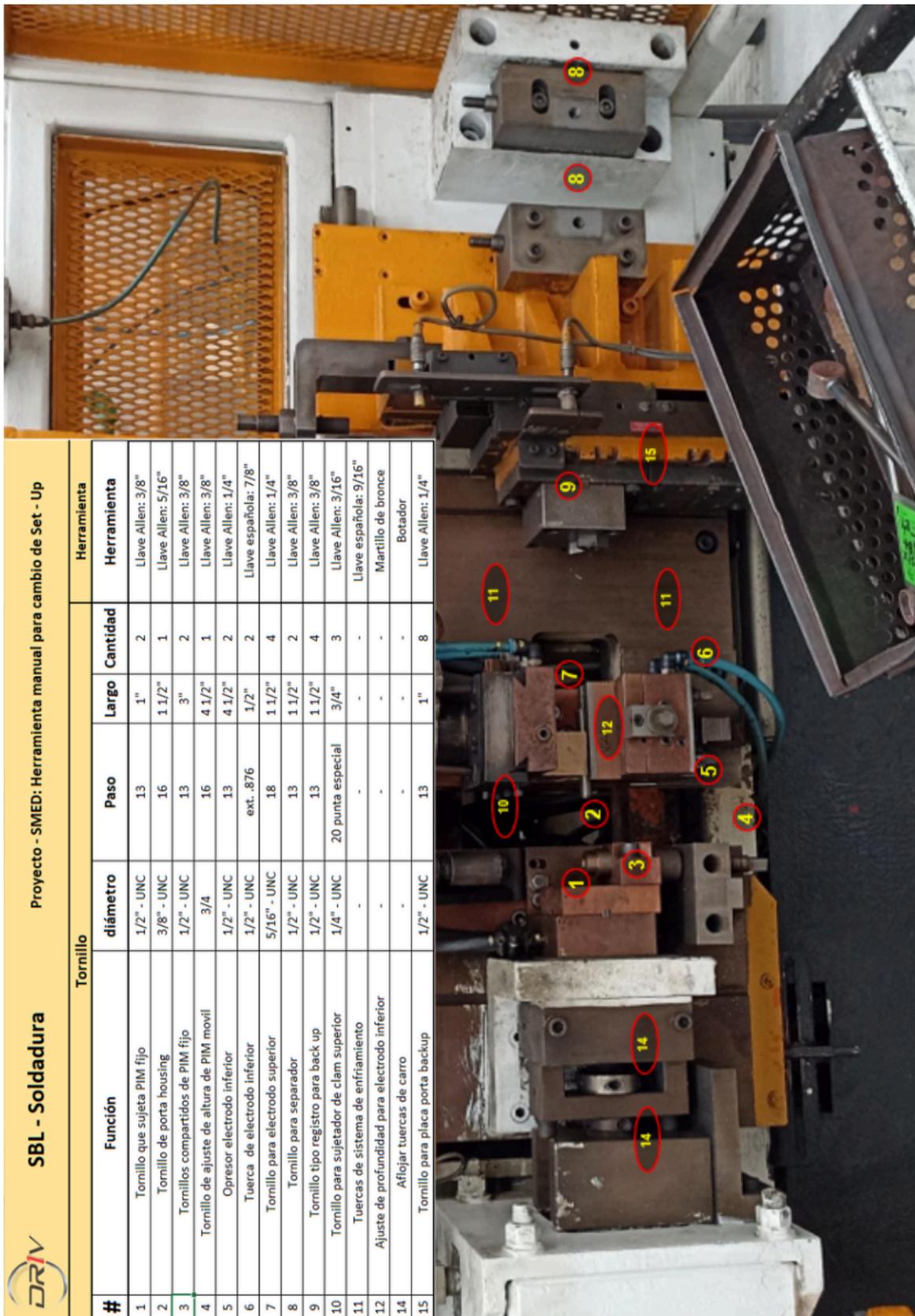
Para abordar el problema de la no estandarización en las herramientas y elementos de sujeción (tornillos), utilicé los conocimientos adquiridos en Diseño de Producto y apliqué el principio de Simplicidad/Homologación.

Siendo que mi objetivo era reducir la cantidad de herramientas necesarias para el cambio de herramientas; logré reducir el número de herramientas manuales de 14 a solo 7 estandarizando los tornillos de sujeción para que todos utilizaran la misma cabeza (tornillos allen) lo que permitió un uso más eficiente de las herramientas.

De este modo, como mejora adicional sustituí las herramientas manuales que se utilizaban (llaves allen) por matracas con dados allen consiguiendo que el apriete de los tornillos fuera más fácil de realizar.

Aprovechando que se haría una implementación a las herramientas y considerando el análisis Ishikawa referente a “Mano de Obra”, realicé una ayuda visual (Imagen 6.1. Ayuda visual sobre uso de herramientas) que identificaba qué herramienta debían utilizarse para cada tipo de tornillo y herramienta con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje para nuevos los operadores. Esta solución, basada en principios de gestión visual de Lean Manufacturing, permitió estandarizar y agilizar el proceso y reducir el tiempo invertido en el cambio de herramientas.

A continuación, se muestra la ayuda visual así como las herramientas requeridas (Imagen 6.1. “Ayuda visual sobre uso de herramientas”).



SBL - Soldadura		Proyecto - SMED: Herramienta manual para cambio de Set - Up				
#	Función	Tornillo			Herramienta	
		diámetro	Paso	Largo	Cantidad	Herramienta
1	Tornillo que sujeta PIM fijo	1/2" - UNC	13	1"	2	Llave Allen: 3/8"
2	Tornillo de porta housing	3/8" - UNC	16	1 1/2"	1	Llave Allen: 5/16"
3	Tornillos compartidos de PIM fijo	1/2" - UNC	13	3"	2	Llave Allen: 3/8"
4	Tornillo de ajuste de altura de PIM móvil	3/4	16	4 1/2"	1	Llave Allen: 3/8"
5	Opresor electrodo inferior	1/2" - UNC	13	4 1/2"	2	Llave Allen: 1/4"
6	Tuerca de electrodo inferior	1/2" - UNC	ext. .876	1/2"	2	Llave española: 7/8"
7	Tornillo para electrodo superior	5/16" - UNC	18	1 1/2"	4	Llave Allen: 1/4"
8	Tornillo para separador	1/2" - UNC	13	1 1/2"	2	Llave Allen: 3/8"
9	Tornillo tipo registro para back up	1/2" - UNC	13	1 1/2"	4	Llave Allen: 3/8"
10	Tornillo para sujetador de clam superior	1/4" - UNC	20 punta especial	3/4"	3	Llave Allen: 3/16"
11	Tuercas de sistema de enfriamiento	-	-	-	-	Llave española: 9/16"
12	Ajuste de profundidad para electrodo inferior	-	-	-	-	Martillo de bronce
14	Afiliar tuercas de carro	-	-	-	-	Botador
15	Tornillo para placa porta backup	1/2" - UNC	13	1"	8	Llave Allen: 1/4"

Imagen 6.1. Ayuda visual sobre uso de herramientas [10]

Propiedad y autorizado por la empresa

Sobre el tiempo en identificar y conseguir el herramental necesario; trabajé junto con el ingeniero de procesos y el encargado de cambios rápidos en la reorganización del layout del área de trabajo ya que estaba mal organizado y no permitía una identificación rápida de los herramientas.

A través de una lluvia de ideas propusimos una mejora mediante la creación de una base de datos que vincula las variables de los números de parte a producir (tipo de housing, el ángulo de soldado, la longitud y el diámetro de la barra) con los herramientas necesarios. De este modo se consiguió establecer una base de datos con la cual los operadores podían escanear un código en la orden de trabajo y con esto obtener de inmediato la ubicación y el tipo de herramental.

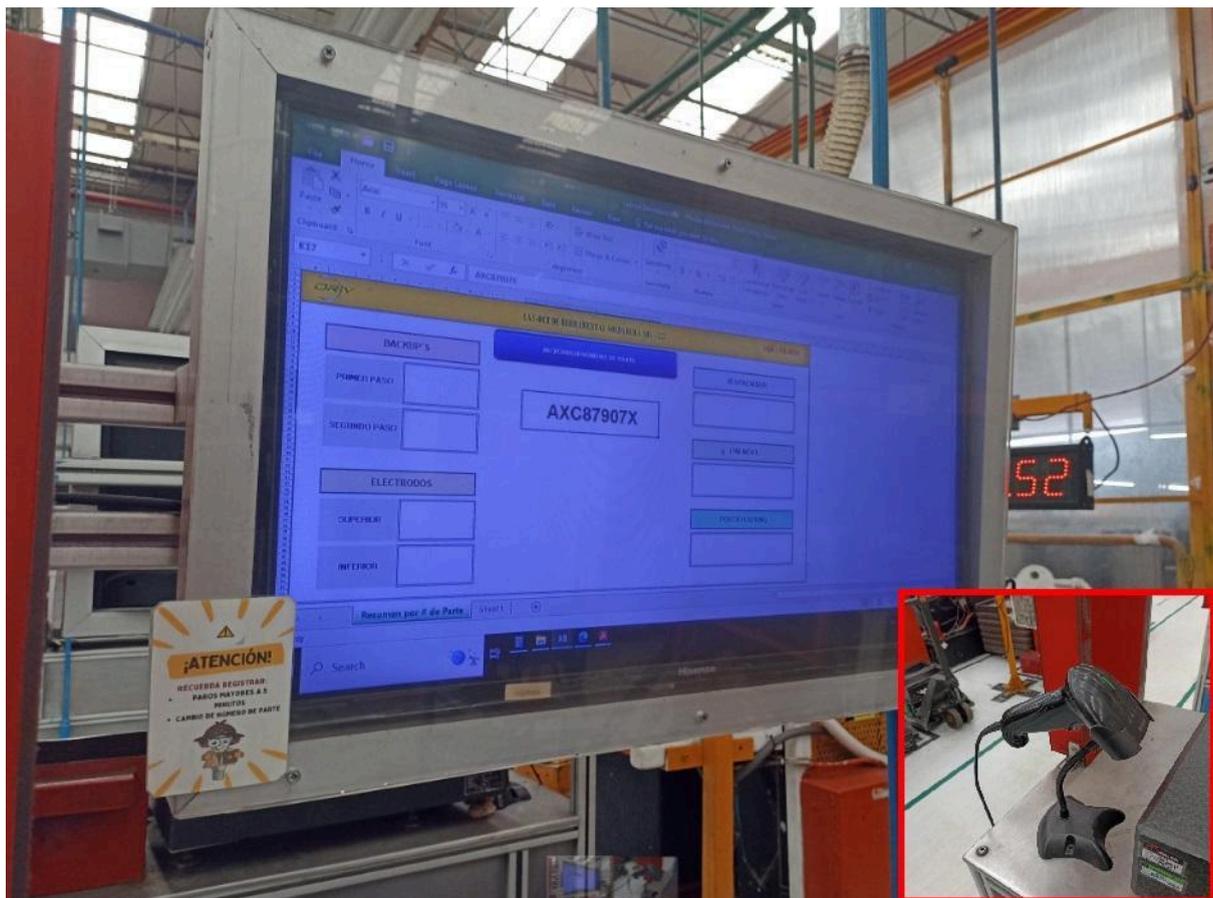


Imagen 6.2. Implementación de escáner [11]

Propiedad y autorizado por la empresa

Para el tiempo en ajustar los herramientas, identifiqué que el problema provenía del desgaste de herramientas pues al soldar las piezas se generaba un descentrado entre la barra y el housing. De este modo, los operadores debían realizar varias pruebas de soldado para ajustar el descentrado, lo que resultaba en pérdidas de tiempo considerables además de las mermas generadas.

Para solucionar este problema, diseñe un dispositivo de alineación que consistía en un housing con una perforación circular y una barra con un diámetro de control.

Este dispositivo asegura que la barra solo pueda entrar en el housing si está alineada, de esta forma, eliminando el problema del descentrado. Utilicé los principios de ajuste y holgura vistos en la materia de Diseño de Elementos de Máquinas, seleccionando un ajuste H7/h7 para las interfaces de contacto, lo que permitió que las piezas se alinearan fácilmente sin generar demasiada fricción (Figura 6.3. Plano de barra guía).

Adicionalmente, añadí líneas guía al diseño de la barra para que al momento de ser sujeta el operador pueda identificar la desviación de la barra y poder ajustar al momento.

Finalmente, para mejorar la ergonomía y tiempo en surtimiento de material, me centré en optimizar la forma en que los operadores recibían y manipulaban los cortes de barra y los housings. Identifiqué que los cortes de barra estaban organizados en cajas metálicas, mientras que los housings debían ser transferidos manualmente con el uso de una pala de un contenedor grande a cajas metálicas auxiliándose de una pala.

Esto era debido ya que una operación anterior era la de “Marcado de Housing” (operación fundamental para la trazabilidad del producto final) el housing producido era entregado en contenedores.

Aplicando el Principio de Diseño por Analogía visto en Diseño de Producto, diseñe un nuevo rack para las cajas metálicas de los housings, tomando la forma en la que se almacenaban los cortes de barra. Este cambio mejoró la ergonomía reduciendo significativamente el tiempo requerido para surtirse de material (Imagen 6.4. Mejora en surtimiento de material).

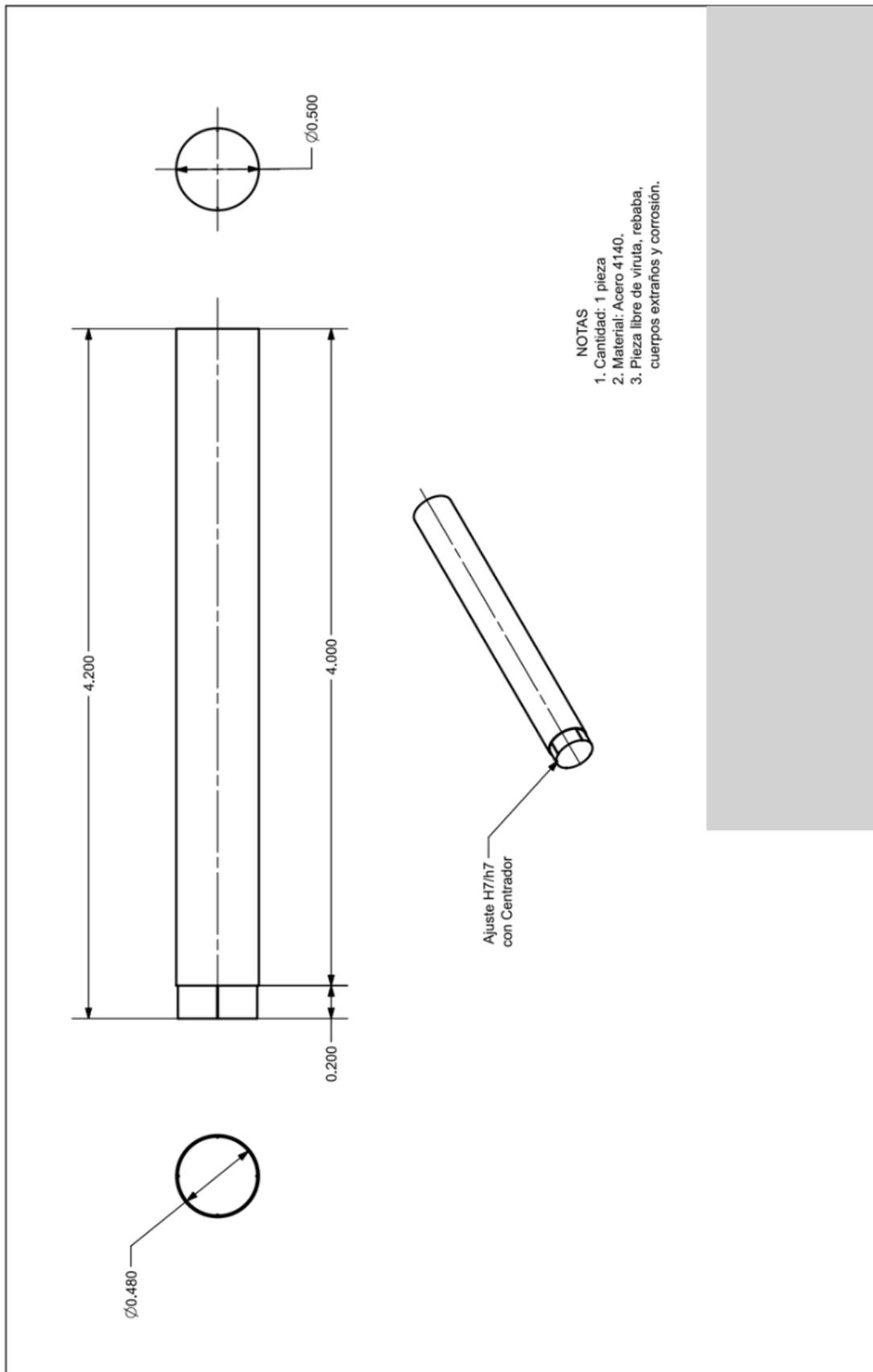


Figura 6.3. Plano de barra guía [12]
 Propiedad y autorizado por la empresa



Imagen 6.4. Mejora en surtimiento de material [13]
Propiedad y autorizado por la empresa

7. RESULTADOS

*La información y datos tomados de tiempo no pueden ser mostrados, por temas de confidencialidad.

Las mejoras implementadas tuvieron un impacto significativo en la eficiencia de la línea de soldadura de SBL. Ya que después del procesamiento de la información recabada se logró reducir el tiempo promedio de cambio de herramientas en un 40% acorde a lo establecido inicialmente; siendo esto confirmado estadísticamente a través de un índice de capacidad de proceso.

Aunque esto pudiera no representar un cambio significativo en el día a día, a plazo de un año el beneficio se ve representado en los costos de operación correspondiente a 1 operador del área de soldadura, es decir, si la línea de soldadura requería de 6 personas para producir un “n” cantidad de piezas, ahora se requieren 5 personas para producir el mismo “n” cantidad de piezas.

8. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto representó una prueba a la formación académica recibida en la Facultad de Ingeniería - UNAM ya que fue la suma de los conocimientos de ingeniería y habilidades socio humanísticas lo que me permitió llevar al éxito proyecto.

Sin embargo, me parece fundamental indicar que gracias al aprendizaje continuo de nuevas metodologías aplicadas en la industria automotriz pude tener una guía que me sirvió de base para la toma de decisiones así como para el desarrollo del proyecto.

Gracias a lo anterior no solo se pudo mejorar la productividad, sino que también incrementó la satisfacción de los operadores al facilitar su trabajo diario y reducir los errores causados por desalineaciones y tiempos de espera innecesarios generando de este modo un ahorro significativo anual para la empresa.

De este modo, la productividad se vio aumentada al permitir que los operadores puedan producir más piezas así como también la eficiencia de la línea de producción en un 33.33%.

9. GLOSARIO

1. **SMED** (*Single-Minute Exchange of Die*): Metodología de manufactura diseñada para reducir los tiempos de cambio de herramientas o configuraciones de máquinas a menos de diez minutos, mejorando la eficiencia de producción.
2. **Lean Manufacturing**: Estrategia de producción que busca minimizar el desperdicio de recursos en los procesos de fabricación, incrementando la eficiencia y efectividad.
3. **SBL** (*Sway Bar Links*): Piezas utilizadas en los sistemas de suspensión de los automóviles, también conocidas como enlaces de barras estabilizadoras.
4. **Ease.io**: Software especializado en auditoría e inspección para procesos de manufactura, utilizado para identificar áreas de oportunidad en las líneas de producción.
5. **Diagrama de Ishikawa**: También conocido como diagrama de espina de pescado o de causa-efecto, esta herramienta se utiliza para identificar las causas de un problema, organizándolas en categorías como mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, entre otras.
6. **Kaizen**: Filosofía de mejora continua utilizada en procesos productivos para identificar y eliminar desperdicios, con el fin de aumentar la eficiencia.
7. **Mudas**: Actividades o recursos en un proceso productivo que no añaden valor al producto final. Existen diferentes tipos de mudas, como sobreproducción, tiempos de espera, defectos, entre otros.
8. **Cursograma analítico**: Diagrama que representa gráficamente las etapas y actividades en un proceso productivo, clasificando las acciones en categorías como operación, inspección, transporte, espera y almacenamiento.
9. **OEE (Overall Equipment Effectiveness)**: Métrica que evalúa la eficiencia de una máquina o proceso productivo considerando tres factores: disponibilidad, rendimiento y calidad.
10. **Auditoría**: Proceso de revisión y evaluación de ciertos aspectos de una empresa o producción, con el fin de identificar problemas o áreas de mejora.
11. **Herramental**: Conjunto de herramientas y dispositivos utilizados en un proceso de producción o fabricación.
12. **Cambio de configuración**: Proceso de ajuste o modificación de una máquina para que pueda fabricar diferentes tipos de piezas o productos.

13. **Tiempo de preparación:** El tiempo que toma ajustar una máquina antes de que comience a producir piezas correctamente.
14. **McKinsey & Company:** Firma consultora internacional que ayuda a empresas a mejorar su funcionamiento y resolver problemas estratégicos.
15. **Housing:** Parte de un SBL que sirve como contenedor para los componentes mecánicos.
16. **Lluvia de ideas:** Técnica donde varias personas proponen soluciones creativas para encontrar mejoras o resolver problemas.
17. **Operador:** Persona encargada de manejar o supervisar las máquinas en una línea de producción.
18. **Descentrado:** Cuando dos partes que deben encajar o alinearse correctamente no lo hacen, causando errores en la fabricación.
19. **Estandarización:** Proceso de hacer que ciertos procedimientos o productos sigan normas uniformes para mejorar la eficiencia y reducir la variabilidad.
20. **Layout:** Disposición física de las máquinas, herramientas y equipos en un área de trabajo, diseñada para optimizar el flujo de trabajo y minimizar el tiempo perdido.
21. **Ergonomía:** Ciencia que adapta el entorno de trabajo y las herramientas para mejorar la comodidad, seguridad y eficiencia de las personas.
22. **Soldadura:** Proceso en el que se unen dos piezas de metal usando calor y, a veces, presión.
23. **Mano de obra:** El trabajo o esfuerzo físico y mental realizado por las personas en un proceso de producción.
24. **Ayuda visual:** Material gráfico diseñado para ayudar a los empleados a seguir instrucciones más fácilmente, mejorando la eficiencia y reduciendo errores.
25. **Dispositivo de alineación:** Herramienta o equipo diseñado para asegurar que las piezas estén correctamente alineadas durante el ensamblaje o la fabricación.
26. **Análisis de Tiempo y Movimiento:** Técnica que analiza cada paso en un proceso productivo y mide el tiempo que toma cada actividad para mejorar la eficiencia.

10. BIBLIOGRAFÍA

01. What is OEE in Manufacturing? (2024, 30 abril). Ease.io. Recuperado 6 de septiembre de 2024, de <https://www.ease.io/blog/oeo-in-manufacturing/>
02. Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Productivity Press.
03. Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: The story of lean production*. Harper Perennial.
04. Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
05. Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
06. Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2016). *Operations management*. Pearson.
07. Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
08. Imai, M. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. McGraw-Hill.
09. Nash, M. A., Poling, S. R., & Ward, E. R. (2006). *Using lean for faster Six Sigma results: A synchronized approach*. Productivity Press.
10. Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). Wiley.
11. Dennis, P. (2015). *Lean production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system* (3rd ed.). CRC Press.
12. Wild, R. (2002). *Operations management: An integrated approach*. Routledge.
13. Pinto, J. K. (2019). *Project management: Achieving competitive advantage* (5th ed.). Pearson.
14. Moog. (n.d.). *Moog parts*. Recuperado el 20 de septiembre de 2024, de <https://www.moogparts.com/es-mx/>
15. NAPA Auto Parts. (n.d.). *NCD2651611* [Producto]. Recuperado el 10 de octubre de 2024, de <https://www.napaonline.com/en/p/NCD2651611>