



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO
“IMPLEMENTACIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
CUSHION UNIT EN LA EMPRESA GUNDERSON
CONCARRIL S. DE R.L. DE C.V.”

OPCIÓN QUE CORRESPONDA
TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:
CASANDRA GUADALUPE HERNÁNDEZ MENESES

NOMBRE DEL ASESOR:
PLUTARCO SÁNCHEZ DE GANTE

APIZACO, TLAX., SEPTIEMBRE 2025





Apizaco, Tlax. 06/marzo/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación integral

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Egresado:	CASANDRA GUADALUPE HERNÁNDEZ MENESES
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	20370538
Nombre del proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUSHION UNIT EN LA EMPRESA GUNDERSON CONCARRIL S. DE R.L. DE C.V."
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

EXCELENCIA EN EDUCACION TECNOLÓGICA. ®

Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DEL DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL




PLUTARCO SÁNCHEZ DE GANTE
ASESOR INTERNO

c.c.p._ Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._ Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 144, e-mail: industrial@apizaco.tecnm.mx | tecnm.mx |
Apizaco.tecnm.mx





Tzompantepec, Tlaxcala, 04/septiembre/2025

HERNÁNDEZ MENESES CASANDRA GUADALUPE
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL.
CON NÚMERO DE CONTROL 20370538.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"IMPLEMENTACIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUSHION UNIT EN LA EMPRESA GUNDERSON CONCARRIL S. DE R.L. DE C.V."**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



ccp. Archivo

EAB/rrc

Agradecimientos.

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la fuerza, la guía y las bendiciones necesarias para superar cada reto que enfrenté durante mi carrera. Su presencia constante me motivó a seguir adelante, sobre todo en los momentos más desafiantes.

Agradezco profundamente a mis padres, por ser mi apoyo incondicional y mi mayor inspiración. Gracias por su amor, paciencia y confianza en mí. Su ejemplo de dedicación y esfuerzo me ha impulsado a alcanzar mis metas y convertirme en quien soy hoy. Este logro es tan suyo como mío, porque sin ustedes, nada de esto sería posible.

A mis hermanas, quienes siempre han estado conmigo y han sido una fuente constante de ánimo y alegría. Su apoyo y compañía han sido fundamentales durante este proceso, y les agradezco por siempre creer en mí.

Finalmente, agradezco a todos aquellos ingenieros de Greenbrier Tlaxcala que me apoyaron durante mi proyecto. Su guía, conocimientos y disposición para ayudarme fueron clave para lograr los objetivos planteados. Su profesionalismo y experiencia han dejado una huella invaluable en mi formación.

Índice.

Agradecimientos.....	2
Resumen.....	3
Índice.....	4
1. Generalidades del proyecto.	7
1.1. Introducción.	7
1.2. Descripción de la empresa.....	8
1.2.1. Misión.	11
1.2.2. Visión.	11
1.2.3. Política de Calidad.....	11
1.2.4. Principios de operación.....	11
1.2.5. Valores.....	11
1.2.6. Organigrama de la empresa.	13
1.2.7. Greenbrier Companies y Cushion Unit.	14
1.2.8. Departamento de Mejora Continua e Ingeniería Industrial.....	18
1.3. Problemas a resolver.	21
1.4. Objetivos.....	23
1.4.1. General.....	23
1.4.2. Específicos.....	23
1.5. Justificación.	24
2. Marco teórico.	25
2.1. Diseño de LayOut.	25
2.2. Tipos de LayOut y su aplicación en el flujo en “U”.	25
2.3. Estandarización de Procesos.....	25

2.4.	Capacitación del personal.....	25
2.5.	Hojas de Trabajo Estandar (HTE).	26
2.6.	One Point Lesson (OPL).	29
2.7.	Toma de tiempos con cronómetro	30
3.	Desarrollo.....	32
3.1.	Análisis del área de trabajo actual.	32
3.2.	Investigación de referencia de planta norteamericana.....	33
3.3.	Definición de número de estaciones en Greenbrier Tlaxcala.	34
3.4.	Determinación del flujo de materiales.	36
3.5.	Diseño, revisión y ajustes del layout.	37
3.6.	Creación de Hojas de Trabajo Estándar (HTE).	38
3.6.1.	Definición de las actividades en la línea de producción.....	38
3.6.2.	Documentación de procedimientos estándar.	38
3.6.3.	Identificación de herramientas y recursos necesarios.	39
3.6.4.	Revisión y aprobación de las HTE.	40
3.7.	Capacitación del Personal	57
3.8.	Prueba piloto y toma de tiempos.....	61
3.9.	Análisis del diagrama Yamazumi y acciones correctivas.	65
3.10.	Segunda prueba piloto.	67
3.10.1.	Objetivo de la segunda prueba piloto.	67
3.10.2.	Resultados esperados.....	68
3.10.3.	Procedimiento de la segunda prueba.	68
3.10.4.	Análisis de los resultados.	69
3.10.5.	Conclusión de la segunda prueba piloto.	70
4.	Resultados.	71

4.1.	Diseño y optimización de Layout.	71
4.2.	Estandarización del Método y Capacitación del Personal.....	72
4.3.	Reducción de Tiempos de Ciclo.....	73
5.	Conclusiones.....	75
5.1.	Conclusión del proyecto.....	75
5.2.	Recomendaciones.	75
5.3.	Experiencia personal adquirida.....	76
6.	Competencias desarrolladas.....	78
6.1.	Competencias técnicas.	78
6.2.	Competencias organizacionales.	78
6.3.	Competencias interpersonales.....	79
7.	Fuentes de información.....	80

Resumen.

El presente proyecto se centró en la implementación de una línea de producción para Cushion Units en la planta de Greenbrier Tlaxcala. Inició con el diseño de un layout en forma de "U" que facilita el flujo continuo y reduce los tiempos de desplazamiento entre estaciones. Para asegurar la estandarización del proceso, se desarrollaron Hojas de Trabajo Estándar (HTE) y One Point Lessons (OPL), y se implementaron programas de capacitación para el personal.

Mediante pruebas piloto y ajustes, se lograron reducir los tiempos de ciclo en estaciones críticas, alcanzando el objetivo de producir 16 unidades diarias dentro de los tiempos de ciclo requeridos. El proyecto concluye con la validación de la línea de producción para operar de forma continua, cumpliendo con los estándares de calidad y eficiencia esperados, y consolidando la posición de Greenbrier Tlaxcala en el sector ferroviario.

Además, este proyecto permitió integrar conocimientos técnicos y habilidades de gestión, asegurando una ejecución eficiente en todas sus fases. La implementación de la línea no solo refuerza la capacidad productiva de la planta, sino que también contribuye al desarrollo del talento humano y a la adopción de mejores prácticas en la manufactura, fortaleciendo el compromiso de Greenbrier Tlaxcala con la mejora continua y la competitividad global.

1. Generalidades del proyecto.

1.1. Introducción.

En este proyecto, se presenta la implementación de una línea de producción de Cushion Units en la planta de Greenbrier Tlaxcala, como parte de la expansión de capacidades productivas y mejora continua en la manufactura de vagones de ferrocarril. La fabricación de Cushion Units implica un proceso específico de ensamblaje, el cual incluye fases de soldadura, llenado y pruebas, diseñado para cumplir con los estándares de calidad y eficiencia requeridos en el mercado ferroviario.

El proyecto aborda desde el diseño de un layout eficiente en forma de "U", que optimiza el flujo de trabajo y la supervisión, hasta la creación de Hojas de Trabajo Estándar (HTE) y One Point Lessons (OPL) para la estandarización de procedimientos. Estas acciones permitieron balancear la carga de trabajo entre estaciones, optimizando el flujo de producción. También se implementaron programas de capacitación para el personal, asegurando la correcta ejecución de los nuevos procedimientos.

El proyecto concluye con la validación de la línea de producción para operar de manera continua, cumpliendo con los estándares de calidad y productividad establecidos. Este trabajo no solo mejora la capacidad productiva de la planta, sino que también fortalece su posición competitiva en el sector ferroviario, reafirmando el compromiso de Greenbrier Tlaxcala con la excelencia operativa.

1.2. Descripción de la empresa.

Gunderson Concarril S. de R.L. de C.V. es parte de The Greenbrier Companies, líder global en la fabricación de vagones de ferrocarril. Con más de 25 años de presencia en México, Greenbrier México se dedica a la manufactura de vagones con los más altos estándares de calidad y tiempos de entrega excelentes, posicionándose como líder en la fabricación de carros de ferrocarril en Norteamérica. La empresa cuenta con tres plantas de manufactura en México: Greenbrier Sahagún en Ciudad Sahagún, Hidalgo; Greenbrier Tlaxcala en Tetla de la Solidaridad, Tlaxcala; y Greenbrier GIMSA en Monclova Coahuila, las cuales se muestran en las ilustraciones 1, 2 y 3 respectivamente. En todas las plantas, se prioriza el Respeto a las Personas, la Seguridad, la Satisfacción al Cliente y la Calidad (The Greenbrier Companies, s.f.).



Ilustración 1: Greenbrier Tlaxcala.



Ilustración 2: Greenbrier Sahagún.



Ilustración 3: Greenbrier Monclova.

Greenbrier Tlaxcala tiene como misión producir los mejores carros de carga de ferrocarril en un ambiente seguro, mejorando el entorno y bienestar de los trabajadores para superar las expectativas de nuestros clientes. Gracias a nuestro liderazgo en la mejora de calidad, asegurando tiempos de entrega y reduciendo costos operativos, somos la mejor opción en el ramo, dejando huella en proveedores, la comunidad y las familias de nuestros colaboradores. La planta de Tlaxcala, inaugurada en 2015, fue donde se fabricaron los primeros vagones de góndola y carro tanque de la planta, ubicada en el boulevard Emilio Sanchez Piedras #108, Ciudad Industrial Xicoténcatl 90434, Tetla de la Solidaridad, Tlaxcala, México.



Ilustración 4: Mapa satelital de la ubicación de Greenbrier Tlaxcala.

The Greenbrier Companies, fundada en 1919 como fabricante de acero en Portland, ha evolucionado hasta convertirse en un líder mundial en la fabricación y servicios de transporte de carga. Actualmente, desarrolla operaciones en Europa, México, Canadá y Estados Unidos, empleando a más de 10,000 personas. Los pilares fundamentales de la empresa son Seguridad, Calidad, Respeto por las Personas

y Compromiso por la Satisfacción del Cliente, lo que consolida a Greenbrier como una empresa de clase mundial y un proveedor clave en la industria ferroviaria.

En el marco de mis prácticas profesionales, estoy asignada al departamento de Mejora Continua e Ingeniería Industrial en la planta de Greenbrier Tlaxcala, donde participó activamente en la implementación de la línea de producción de Cushion Units, además de dar soporte realizando actividades en las 6 líneas de metálico, 2 de pintura y en la nave de subensambles y fabricación pesada, que conforman la planta. Mis actividades incluyen el desarrollo y actualización de Hojas de Trabajo Estándar (HTE), así como su difusión correspondiente, el diseño del layout de la nueva línea, la capacitación del personal y la revisión de los recursos y equipos necesarios. Este proyecto es clave para asegurar que esta nueva línea de producción en la planta opere con la máxima eficiencia y calidad, contribuyendo a mantener el liderazgo de Greenbrier Tlaxcala en el mercado ferroviario. (The Greenbrier Companies, s.f.).



Ilustración 5: Logo de la empresa.

1.2.1. Misión.

“Producir carros de carga de ferrocarril de calidad que superen las expectativas de nuestros clientes y accionistas, en un ambiente seguro mejorando el entorno y el bienestar de nuestros colaboradores.”

1.2.2. Visión.

“Ser la mejor opción de manufactura de Carros de Ferrocarril.”

1.2.3. Política de Calidad.

“Greenbrier está comprometido a proporcionar productos y servicios seguros que cumplan con todos los estándares y expectativas del cliente requeridos a través de la mejora continua de nuestro programa de calidad.”

1.2.4. Principios de operación.

- Seguridad.
- Calidad.
- Respeto por las personas.
- Satisfacción al cliente.

1.2.5. Valores.

- Respeto por las personas: Entender la diversidad de ideas, opiniones y conductas diferentes a la propia para llegar a acuerdos y toma de decisiones.
- Ética: Actuar con rectitud, lealtad y compromiso hacia los valores de la empresa y el país, así como apegarse a las leyes a pesar de circunstancias adversas, favoreciendo los intereses organizacionales por encima de los personales.
- Flexibilidad: Tener la capacidad de adaptarse a los cambios que impactan a la organización tomando nuevas direcciones.
- Disciplina: Seguir las reglas y procedimientos con determinación y perseverancia para lograr los objetivos planteados.

- Valentía: Es el guardián de los valores, está latente en momentos críticos y está presente en la toma de decisiones difíciles a pesar del miedo o la intimidación.
- Humildad: Sacrificar el ego de la persona a favor por una causa mayor.

1.2.6. Organigrama de la empresa.

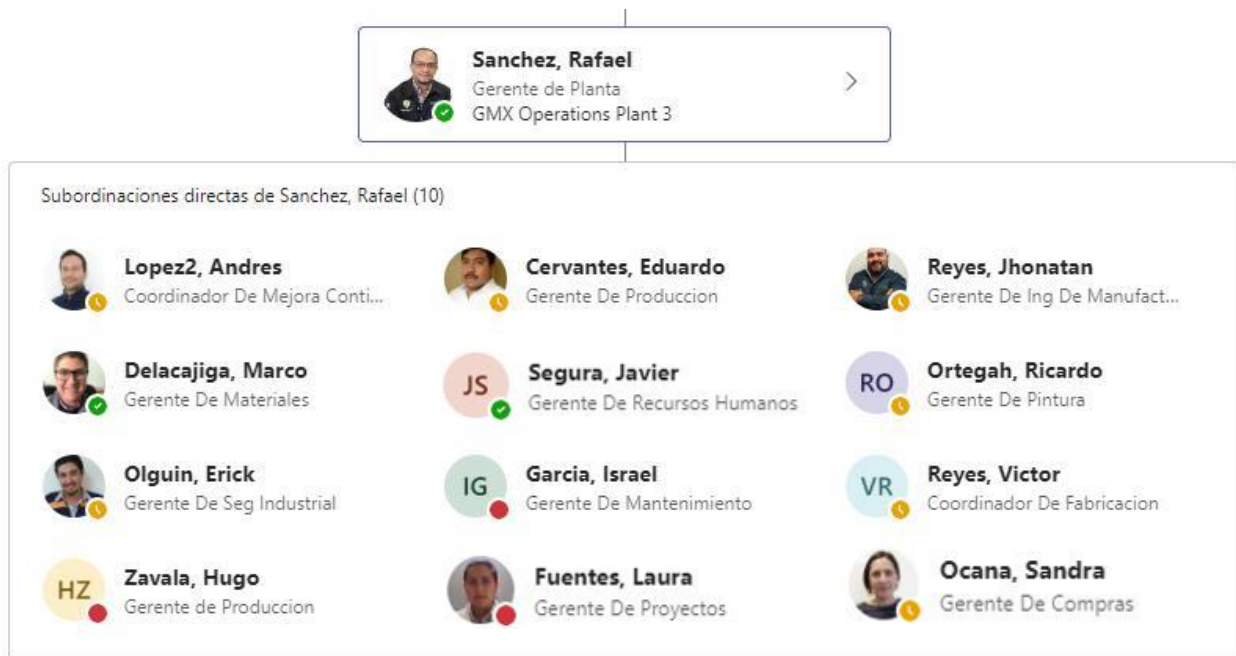


Ilustración 6: Organigrama.

1.2.7. Greenbrier Companies y Cushion Unit.

Greenbrier Companies se especializa en la producción de una variedad de vagones de carga ferroviarios diseñados para satisfacer las diversas necesidades del transporte de mercancías:

- *Góndolas*: Vagones abiertos, ideales para el transporte de materiales a granel o de gran tamaño, como chatarra metálica, minerales y materiales de construcción. Su diseño permite una carga y descarga rápida y eficiente, especialmente cuando se utiliza maquinaria pesada ilustración 7.



Ilustración 7: Góndola.

- *Carros Tanque*: Vagones cerrados y cilíndricos diseñados específicamente para el transporte seguro de líquidos, gases y productos químicos. Estos carros cuentan con sistemas de sellado y materiales especializados que garantizan la seguridad y preservación de las sustancias transportadas, cumpliendo con rigurosos estándares de calidad mostrado en ilustración 8.



Ilustración 8: Carro Tanque.

- *Hopper:* Vagones con compartimentos inclinados y puertas en la base que facilitan la descarga de materiales a granel, como granos, carbón, minerales y productos agrícolas. Los hopper están diseñados para una descarga rápida por gravedad, optimizando el proceso de entrega en estaciones de destino, como se muestra en la ilustración 9.



Ilustración 9: Hopper.

- *Flatcars:* Vagones planos sin paredes ni techo, adecuados para transportar grandes piezas de maquinaria, vehículos, y otros artículos de gran tamaño. Estos vagones son versátiles y permiten la carga y descarga desde cualquier lado, adaptándose a diversos tipos de carga que requieren espacio y accesibilidad, como se muestra en la ilustración número 10.



Ilustración 10: Flatcars.

- **Boxcars:** Vagones cerrados con paredes y techo, diseñados para transportar productos que requieren protección frente a las condiciones climáticas. Los boxcars son ampliamente utilizados para cargas diversas, desde alimentos hasta productos industriales, y son esenciales para la preservación y seguridad de los productos durante el transporte, como se muestra en la ilustración número 11.



Ilustración 11: Boxcars.

En Greenbrier Tlaxcala, la producción se centra en los modelos Hopper y Carros Tanque. Estos vagones cuentan con sistemas especiales para asegurar su correcto funcionamiento, y dentro de estos sistemas, uno de los componentes clave son los amortiguadores. Aunque en Greenbrier Tlaxcala no se instalan amortiguadores en los modelos Hopper y Tanque, en otras plantas si, como en la planta de Greenbrier Sahagún, donde se integran estos sistemas en otros modelos, como los Boxcars y Góndolas.

Los Cushion Units (unidades de amortiguación) son precisamente estos sistemas de absorción de impacto que juegan un papel fundamental. Un Cushion Unit, o unidad de amortiguación, es un componente esencial en los sistemas de acoplamiento de los vagones de ferrocarril. Su función principal es absorber los impactos generados durante el acoplamiento y desacoplamiento de los vagones, protegiendo tanto la carga como la estructura del vagón. (Greenbrier, s.f.)

En la planta de Greenbrier Tlaxcala, donde realizo mis prácticas profesionales, se está implementando una línea de producción de Cushion Units con el objetivo de exportarlas al extranjero, donde serán instaladas en vagones que requieren esta protección adicional. Este proyecto no solo me permite participar en la fabricación de un nuevo producto, sino que también contribuye a expandir las capacidades productivas de la planta y fortalecer la presencia de Greenbrier Tlaxcala en el mercado internacional.

La imagen del Cushion Unit que se encuentra en esta sección ha sido intencionalmente pixelada por razones de confidencialidad y para cumplir con las políticas de privacidad de **Greenbrier Tlaxcala**. Esto asegura que no se divulgue información sensible sobre el diseño o los componentes específicos de este producto estratégico.

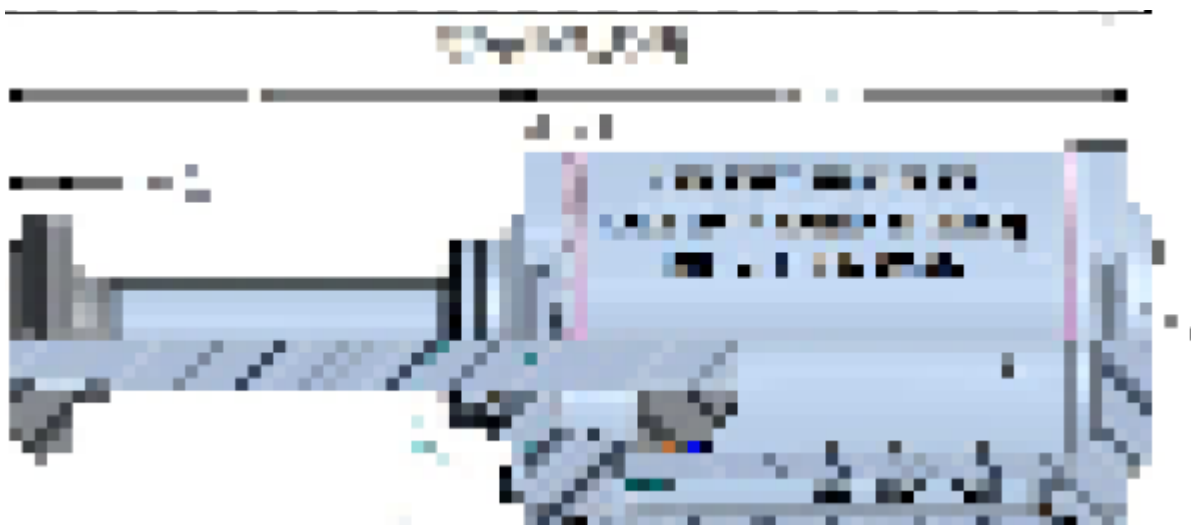


Ilustración 12: Cushion Unit.

1.2.8. Departamento de Mejora Continua e Ingeniería Industrial.

El Departamento de Mejora Continua e Ingeniería Industrial de Greenbrier Companies juega un papel clave en la optimización de los procesos de fabricación, algunas de las principales actividades que realiza el departamento incluyen:

- **Layouts (Distribución de planta):** El departamento se encarga de desarrollar y optimizar el layout de la planta, asegurando una disposición eficiente de las estaciones de trabajo, equipos y materiales. Un diseño adecuado del layout es fundamental para reducir los tiempos de transporte, minimizar el desperdicio de espacio y mejorar la fluidez de los procesos productivos.
- **Toma de tiempos:** Se realizan estudios de tiempos para medir la duración de cada actividad en el proceso de producción. Esto permite identificar cuellos de botella, evaluar la eficiencia de las operaciones y establecer tiempos estándar para cada tarea, lo cual es crucial para la planificación de la producción y la optimización de recursos.
- **Elección de la cantidad de personal:** El departamento evalúa la carga de trabajo de cada área para determinar la cantidad de personal necesario. Este análisis se realiza a partir de un estudio detallado de las actividades de cada estación de trabajo, los tiempos de ciclo y la demanda de producción. Una correcta asignación de personal es clave para evitar sobrecarga de trabajo y garantizar la eficiencia operativa.
- **Planificación de procesos:** Se desarrollan planes detallados de los procesos de producción, abarcando desde la recepción de materiales hasta la entrega del producto final. La planificación incluye la definición de secuencias de trabajo, tiempos de operación, asignación de recursos y la integración de nuevas tecnologías o equipos cuando es necesario. La correcta planificación asegura una producción continua, sin interrupciones y con el mínimo desperdicio.

- **Hojas de trabajo estándar (HTE):** El departamento crea y estandariza las hojas de trabajo (HTE) para cada puesto de trabajo y actividad. Estas hojas detallan los procedimientos, tiempos de ciclo, herramientas y equipos necesarios para ejecutar cada tarea. Las HTE son fundamentales para garantizar la consistencia del proceso, facilitar la capacitación de nuevos operarios y mejorar la calidad del producto.
- **Ayudas visuales:** El equipo de Mejora Continua diseña ayudas visuales como diagramas de flujo, carteles informativos y etiquetas, proporcionando instrucciones claras a los operarios en cada estación de trabajo. Estas ayudas visuales mejoran la comunicación dentro de la planta, reducen los errores, aumentan la eficiencia y aseguran que los procedimientos sean seguidos correctamente por todos los trabajadores.

El objetivo principal del Departamento de Mejora Continua e Ingeniería Industrial es optimizar la eficiencia, seguridad y calidad de los procesos productivos. A través de estas actividades, el departamento contribuye al cumplimiento de la misión de Greenbrier: producir los mejores vagones de tren, cumplir con los plazos de entrega y mantener los más altos estándares de calidad. La implementación de estas prácticas busca la mejora continua en todos los aspectos de la operación, lo que tiene un impacto directo en la productividad y la satisfacción del cliente a continuación se muestra el organigrama del departamento de Ingeniería Industrial, en la ilustración número 13.

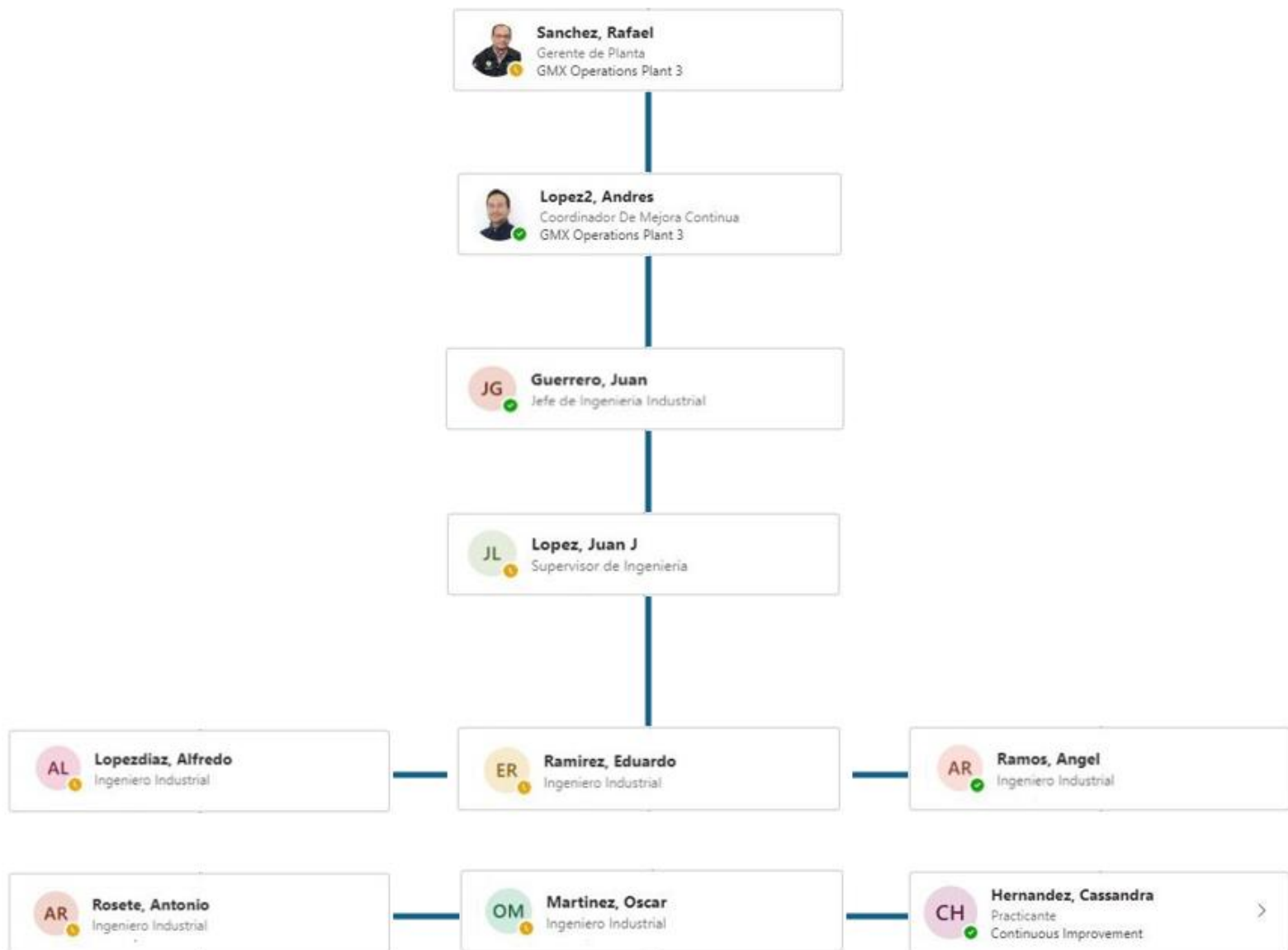


Ilustración 13: Organigrama del Departamento de Mejora Continua e Ingeniería Industrial.

1.3. Problemas a resolver.

Al ser un proceso nuevo, la implementación de la línea de producción de Cushion Units en la planta de Greenbrier Tlaxcala, se han identificado problemas clave que deben ser resueltos para asegurar una operación eficiente y de alta calidad. Estos problemas se priorizan de la siguiente manera:

- **Diseño del layout de producción:** El espacio físico donde se integrará la línea de producción de Cushion Units requiere un diseño eficiente que optimice el flujo de trabajo, minimice los tiempos de desplazamiento y asegure la accesibilidad a herramientas y equipos. Un lay out ineficiente puede generar cuellos de botella y retrasos en la producción.
- **Falta de procedimientos estandarizados:** Actualmente no existen Hojas de Trabajo Estándar¹ (HTE) para la producción de Cushion Units. La falta de estandarización puede generar inconsistencias en el proceso, lo que podría afectar la calidad del producto final y la eficiencia operativa. Este es un problema para resolver para garantizar un proceso de producción uniforme y predecible.
- **Capacitación del personal:** El personal de la planta aún no ha sido capacitado en los procedimientos específicos para la fabricación de Cushion Units, lo cual es esencial para cumplir con los requisitos de la Association of American Railroads (AAR) y la American Welding Society (AWS). Estas organizaciones establecen estándares rigurosos que incluyen la capacitación obligatoria del personal en técnicas de fabricación y soldadura específicas, garantizando que los operarios estén preparados para cumplir con los criterios de calidad y seguridad en el proceso de producción. Sin esta formación adecuada, el riesgo de errores operativos aumenta, lo cual podría

¹ La Hoja de Trabajo Estándar es un "Documento base de un miembro de equipo que organiza elementos de trabajo dentro de una secuencia que puede ser exitosamente repetida" (Capacitación GM-GMS BIQ IV Estandarización, 2014).

comprometer tanto la calidad del producto como la seguridad del proceso en su conjunto

- **Disponibilidad y adecuación de los equipos:** Se necesita revisar el equipo y los recursos disponibles, como lo son racks, para asegurarse de que todo lo necesario para la producción de Cushion Units esté presente y en buen estado. En caso de que falten equipos o recursos, será necesario gestionarlos de manera oportuna para evitar retrasos en la implementación.
- **Monitoreo y optimización del proceso:** Una vez implementada la línea de producción, será crucial establecer un sistema de monitoreo que permita evaluar su desempeño y realizar ajustes continuos para mejorar la eficiencia, reducir tiempos de producción y asegurar la calidad del producto.

1.4. Objetivos.

1.4.1. General

Estandarizar los procedimientos de producción en la implementación de la nueva línea de producción de las unidades de amortiguación (cushion units), obteniendo la mejora de eficiencia y calidad del proceso productivo mediante el desarrollo de Hojas de Trabajo Estándar (HTE) y la integración de prácticas de mejora continua.

1.4.2. Específicos

- Crear y documentar las Hojas de Trabajo Estándar (HTE) necesarias para la fabricación de cushion units, asegurando que todos los pasos del proceso estén claramente definidos y estandarizados para lograr consistencia y calidad en la producción.
- Implementar un programa de capacitación para el personal de la planta, enfocándose en los nuevos procedimientos estandarizados y las mejores prácticas relacionadas con la fabricación de cushion units, para asegurar una transición efectiva y una operación eficiente.
- Revisar que todo el equipo necesario para la implementación de cushion units esté disponible y, en caso de que falte algún equipo, adquirirlo para asegurar que el proceso de producción se pueda llevar a cabo sin interrupciones.

1.5. Justificación.

La implementación de la línea de Cushion Unit en Gunderson Concarril S. de R.L. de C.V. planta Tlaxcala es crucial para mejorar la calidad y eficiencia de la producción de vagones de carga. Estas unidades ayudan a reducir el impacto durante el acoplamiento, protegiendo tanto la carga como la estructura del vagón. La estandarización de los procedimientos a través de Hojas de Trabajo Estándar (HTE) garantizará una producción más uniforme y de alta calidad. Además, se debe asegurar que todo el equipo necesario esté disponible es esencial para evitar interrupciones en el proceso y mantener la eficiencia operativa. Este proyecto busca optimizar la producción, mejorar la calidad del producto y asegurar una operación continua y efectiva. En conjunto, este proyecto es vital para fortalecer la posición de Gunderson Concarril S. de R.L. de C.V. planta Tlaxcala en el mercado y asegurar su éxito a largo plazo.

2. Marco teórico.

2.1. Diseño de LayOut.

El diseño de layout se refiere a la disposición física de las estaciones de trabajo, maquinaria, materiales y áreas de apoyo en una planta de producción. Un layout eficiente permite un flujo continuo y ordenado de materiales, personas y productos, reduciendo tiempos muertos y mejorando la productividad. Un layout bien diseñado debe minimizar los costos de manejo de materiales y maximizar la flexibilidad y la eficiencia de la producción (Francis, McGinnis, & White, 1992).

2.2. Tipos de LayOut y su aplicación en el flujo en “U”.

Existen varios tipos de layouts en la industria, entre los más comunes se encuentra, el layout en "U". En el caso del layout en "U", este tipo de disposición permite una supervisión más directa, facilita la comunicación entre operarios y minimiza los tiempos de desplazamiento. Según Womack y Jones (1996), el flujo en "U" es especialmente útil en sistemas lean, ya que facilita la visualización del proceso completo y permite una mayor flexibilidad, factores clave para una producción eficiente.

2.3. Estandarización de Procesos.

La estandarización de procesos consiste en definir y documentar los métodos de trabajo para garantizar que todas las operaciones se realicen de forma consistente y de acuerdo con los estándares de calidad. Esto implica establecer secuencias de tareas, tiempos de operación y el uso de herramientas específicas en cada estación de trabajo. “La estandarización es uno de los pilares de la mejora continua, permitiendo identificar y reducir variaciones en el proceso, así como facilitar la capacitación del personal” (Imai, 1986).

2.4. Capacitación del personal.

La capacitación del personal es un elemento esencial para asegurar la correcta implementación de nuevos procesos y el funcionamiento óptimo del layout. Una

capacitación adecuada permite a los operarios comprender los procedimientos establecidos, el uso correcto de las herramientas, y los estándares de tiempo y calidad que deben cumplir en cada estación de trabajo. Según Blanchard y Thacker (2012) en Formación Eficaz: Sistemas, Estrategias y Practicas, la capacitación contribuye a mejorar el desempeño de los empleados y a reducir errores operativos, lo cual es crítico en entornos de manufactura.

2.5. Hojas de Trabajo Estandar (HTE).

Las Hojas de Trabajo Estándar (HTE) son documentos esenciales en la estandarización y control de procesos de producción. Las HTE especifican de manera clara y detallada los procedimientos, tiempos de ciclo, herramientas y materiales requeridos para realizar cada tarea en la línea de producción. Según Ohno (1988) en Sistema de Producción Toyota, las HTE son una herramienta fundamental para asegurar la consistencia y calidad en la manufactura, permitiendo que los operarios realicen sus actividades de manera uniforme y precisa.

En la ilustración número 14, se puede observar el formato de la portada de una HTE, la cual contiene toda la información general de la posición respectiva, entre los datos que contiene se encuentra la línea de producción a la que pertenece, el código de identificación, el lote que se encuentra trabajando, los nombres de los integrantes del equipo multidisciplinario, la fecha de emisión, quien realizo, quien la aprobó, los materiales necesarios para la actividad correspondiente, la herramienta necesaria, los equipos de medición y la maquinaria con la que se debe contar así como la distribución de la estación de trabajo, es decir el lay out.

En la ilustración número 15, se encuentra el número de operación, segunda de una ayuda visual y la descripción de dicha operación tanto en idioma español, como en el día idioma inglés.

Y por último en el formato, se encuentra una sección de certificación de entrenamiento de HTE como se muestra en la ilustración número 16, donde los operadores colocan su número de empleado seguido de su firma, para avalar que se les dio a conocer la HTE y su información contenida.

GUNDERSON CONCARRIL
S.A. de C.V.
A GREENBRIER COMPANY

MATERIALES/MATERIALS

HERRAMIENTAS/TEQUIPOS DE MEDICIÓN/MEASURING EQUIPMENMÁQUINAS Y/O EQUIPOS/MACHINES AND EQUIPMENT

DISTRIBUCIÓN DE POSICIÓN/LAYOUT



27

HOJA DE TRABAJO ESTÁNDAR / STANDARD WORK SHEET



NOMBRE DE POSICIÓN/
POSITION NAME:

CODIGO HTE/
SWS CODE:

NO. DE OPERACIÓN/ OPERATION NUMBER	IMAGEN / PICTURE	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
010			
020			
030			
040			
050			
060			

Ilustración 15: Cuerpo de HTE.

CERTIFICACIÓN DE ENTRENAMIENTO DE HTE/CERTIFICATION OF WES TRAINING					
OPERADOR/OPERATOR					
MATRICULA/ ENROLLMENT	FIRMA/ SIGNATURE	MATRICULA/ ENROLLMENT	FIRMA/ SIGNATURE	MATRICULA/ ENROLLMENT	FIRMA/ SIGNATURE

Ilustración 16: Certificación de entrenamiento.

2.6. One Point Lesson (OPL).

Las One Point Lessons (OPL) son lecciones breves y visuales que se emplean para comunicar puntos clave de un proceso, procedimiento o tarea específica, facilitando la comprensión rápida y el aprendizaje práctico del personal. Las OPL suelen enfocarse en aspectos específicos de una actividad, como el uso correcto de una herramienta, un cambio en el procedimiento o una mejora en la seguridad. Según Suzuki (1993) en *El Nuevo Desafío de la Fabricación*, las OPL son una herramienta fundamental en la manufactura lean, ya que permiten el aprendizaje ágil y continuo, fomentando la participación de los operarios en la mejora de los procesos. Al ser visuales y concisas, las OPL ayudan a retener la información y aseguran que el personal comprenda y aplique los estándares de calidad y seguridad requeridos.

2.7. Toma de tiempos con cronómetro

La toma de tiempos es una técnica esencial en la ingeniería industrial que permite registrar y analizar el tiempo necesario para completar una tarea específica bajo condiciones normales de trabajo. Su objetivo principal es determinar tiempos estándar que sirvan como base para la estandarización, el balanceo de líneas y la mejora de procesos.

Entre las herramientas utilizadas para este propósito, el **cronómetro** destaca por su precisión y simplicidad. Según **Niebel y Freivalds (2003)** en *Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, la toma de tiempos con cronómetro implica observar directamente el proceso productivo y registrar la duración exacta de cada actividad. Este método es particularmente útil para:

- *Establecer tiempos de ciclo:* Ayuda a definir el tiempo necesario para completar una tarea en condiciones normales, permitiendo identificar actividades que exceden los estándares o aquellas que tienen margen de mejora.
- *Detectar cuellos de botella:* La medición precisa de tiempos en cada estación permite identificar puntos críticos en el flujo de trabajo que ralentizan la producción.
- *Estandarizar tareas:* Proporciona datos concretos que se utilizan para documentar procedimientos en herramientas como las Hojas de Trabajo Estándar (HTE).

El uso del cronómetro requiere un procedimiento estructurado para garantizar la validez y fiabilidad de los datos obtenidos:

- *Observación directa y repetitiva:* Se registra cada tarea varias veces para obtener un promedio que elimine variaciones atípicas.
- *Registro de condiciones normales:* Los tiempos deben reflejar el proceso en un entorno operativo estándar, evitando situaciones excepcionales.

De acuerdo con Niebel y Freivalds, la toma de tiempos con cronómetro contribuye no solo a optimizar la productividad, sino también a garantizar que los estándares definidos sean realistas y alcanzables, lo que es crucial para la implementación y mejora de procesos en la industria manufacturera.

La metodología consta de los siguientes pasos principales:

1. Preparación previa:

- Definir claramente la tarea o proceso que será cronometrado.
- Seleccionar a un operador que esté familiarizado con la tarea.
- Verificar que las herramientas, materiales y equipos necesarios estén disponibles y en condiciones óptimas.

2. Desglose del trabajo:

- Dividir la operación en elementos básicos para facilitar la medición.

3. Cronometraje:

- Utilizar un cronómetro para medir el tiempo que tarda cada elemento en completarse.
- Registrar cada lectura.

4. Análisis y validación:

- Verificar que el tiempo estándar establecido sea representativo y adecuado para las condiciones normales de trabajo.
- Realizar ajustes si es necesario, basándose en pruebas adicionales o retroalimentación del personal.

3. Desarrollo.

3.1. Análisis del área de trabajo actual.

La primera actividad que se realizó consistió en evaluar el espacio disponible en la planta para la instalación de la nueva línea de producción. Se realizaron mediciones detalladas del área, que cuenta con 760 pulgadas de ancho y 1685 pulgadas de largo, ubicada en el sur de la nave de subensambles y fabricación pesada. Este análisis también incluyó la identificación de posibles obstáculos, como cajas de basura y chatarra que necesitaban ser reubicadas, para maximizar el uso del espacio, a continuación se presenta en la ilustración 17.

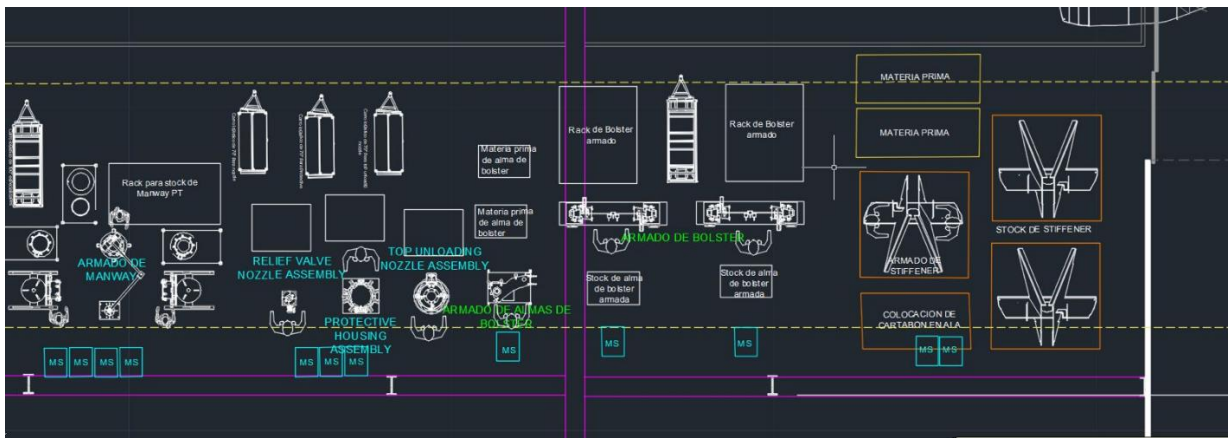


Ilustración 17: Área destinada a Cushion Unit.

3.2. Investigación de referencia de planta norteamericana.

Como parte del proceso de diseño, ingenieros de Greenbrier Tlaxcala visitaron una planta en los Estados Unidos llamada American Hydraulics, la cual ya tenía implementada una línea de producción de Cushion Units. Durante esta visita, se observaron y documentaron las mejores prácticas relacionadas con la distribución del espacio, el número de estaciones, y el flujo de trabajo ideal para garantizar una producción eficiente, como se muestra en la tabla 1.

Estaciones de Trabajo en American Hydraulics		
No. Estación	Nombre de estación	Operadores
1	Armado de End Cap Bottom+Cilindro	1
2	Limpieza de cilindro y colocación de oring interior	1
3	Limpieza y armado de tapa (End Cap Top)	1
4	Armado de válvulas	1
5	Armado de pistón	1
6	Colocación de anillos en pistón	1
7	Armado de cuerpo	1
8	Soldadura de End Cap Top	1
9	Llenado de Nitrógeno y Aceite	1
10	Cycle Tester	1
11	Inspeccion y fabricación de placa de identificación	1
12	Enmascarado y pintura	1
13	Embalaje	1
14	Detallado e identificación final	1
15	Fabricación de cuerdas internas para vástago de pistón (CNC)	1

Tabla 1: Estaciones de trabajo American Hydraulics.

A sí mismo, también porque es necesario se tienen estaciones de retrabajo, extras como se muestra en la tabla 2:

Estaciones Adicionales de Trabajo en American Hydraulics		
No. Estación	Nombre de estación	Operadores
1	Estación de corte tubos para enmascarado	1
2	Estación de fabricación de pellets	1
3	Estación de retrabajo	1
3.1	Estación para retirar aceite y nitrógeno	1
3.2	Estación para retirar tapa superior	1
3.3	Zona para retirar tapa superior	1
3.4	Zona para quitar pin y cuadro	1
3.5	Estación para retirar pistón	1
3.6	Zona para quitar tornillos y sellos	1
3.7	Zona para quitar oring de pistón y volver a colocar cuadro	1
3.8	Zona para retirar todas las válvulas	1

Tabla 2: Estaciones de retrabajo American Hydraulics.

3.3. Definición de número de estaciones en Greenbrier Tlaxcala.

Basado en la investigación realizada en la planta norteamericana, se decidió que la línea de producción en Greenbrier Tlaxcala tendría 14 estaciones de trabajo inicialmente. Con el objetivo de que cada estación cumpla con una fase específica del ensamblaje de las Cushion Units, asegurando un flujo de trabajo ordenado y eficiente. Dejando el orden que se muestra en la tabla 3:

Estaciones de trabajo Implementadas en Greenbrier Tlaxcala		
No. estación	Nombre de estación	Operadores
1	Armado de End Cap Bottom+Cilindro	1
2	Limpieza de cilindro y colocación de oring interior	1
3	Limpieza y armado de tapa (End Cap Top)	1
4	Armado de Válvulas	1
5	Armado de Pistón	1
6	Colocación de anillos en pistón	1
7	Armado de cuerpo	1
8	Soldadura de End Cap Top	1
9	Llenado de nitrógeno y aceite	1
10	Cycle Tester	1
11	Inspección y fabricación de placa de identificación	1
12	Enmascarado y Pintura	1
13	Embalaje	1
14	Detallado e identificación final	1

Tabla 3: Estaciones de trabajo Greenbrier Tlaxcala.



Ilustración 18: Estaciones Cushion Unit.

3.4. Determinación del flujo de materiales.

El siguiente paso en el diseño del layout fue planificar el flujo de materiales a través de la línea de producción. Se optó por un flujo en forma de "U", que permite una mayor eficiencia operativa. Este tipo de disposición facilita la interacción entre estaciones y reduce la distancia de desplazamiento tanto para los operarios como para los materiales. Además, un flujo en "U" optimiza la supervisión y el control del proceso, ya que permite que los operarios puedan manejar más de una estación cuando sea necesario, mejorando la flexibilidad.

Según James P. Womack y Daniel T. Jones (1996) en su obra "Lean Thinking", un flujo en "U" es fundamental para maximizar la eficiencia en el uso del espacio y reducir desperdicios en la producción. Este tipo de configuración mejora el flujo continuo de materiales y asegura un proceso más eficiente, facilitando la supervisión y el control.

En el libro Lean Thinking, se menciona que el flujo en "U" es utilizado en procesos de manufactura lean para maximizar la eficiencia y reducir el desperdicio. Un ejemplo claro de su uso es en el rediseño de un sistema de rectificado automatizado para palas de turbina por parte de Pratt & Whitney, donde se reemplazó por un sistema celular en forma de "U", lo que redujo significativamente los tiempos de producción y los costos operativos. Este enfoque permite manejar flujos de trabajo con mayor flexibilidad, optimizando el uso del espacio y facilitando la supervisión. Este tipo de flujo en "U" fue el que decidimos implementar en la planta de Greenbrier Tlaxcala para la línea de producción de Cushion Units, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y garantizar un flujo de materiales más eficiente.

3.5. Diseño, revisión y ajustes del layout.

Con la información recopilada, se elaboró un diseño preliminar del layout, ubicando cada una de las estaciones de trabajo dentro del área disponible y optimizando el uso del espacio. El layout fue diseñado para asegurar un flujo continuo y ordenado del proceso de ensamblaje, minimizando tiempos muertos y asegurando que cada estación tenga fácil acceso a las herramientas y materiales.

El diseño preliminar fue revisado en conjunto con los ingenieros de la planta y se realizaron ajustes para mejorar el flujo de trabajo, reubicando algunos elementos. También se consideraron aspectos de seguridad, asegurando que el layout permita la evacuación rápida en caso de emergencia y cumpla con las normativas de seguridad, finalmente validando el layout propuesto.

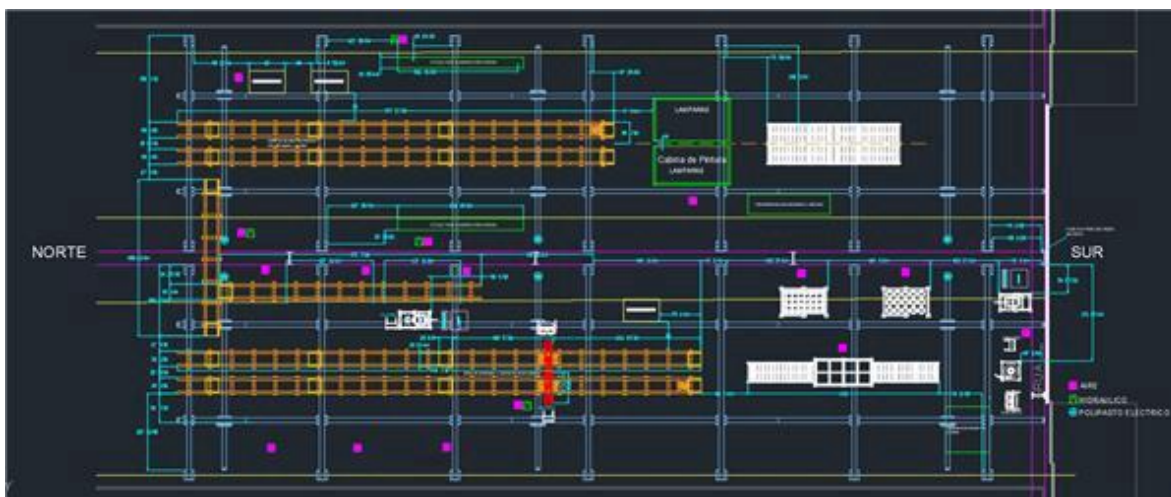


Ilustración 19: Layout Cushion Unit.

3.6. Creación de Hojas de Trabajo Estándar (HTE).

3.6.1. Definición de las actividades en la línea de producción.

El primer paso fue identificar y definir claramente las actividades que se llevarán a cabo en cada una de las 14 estaciones de trabajo de la línea de producción de Cushion Units. Para ello, se hizo un análisis detallado del proceso de ensamblaje observando videos y fotografías de la planta de American Hydraulics, desglosando cada tarea que debe ser realizada en cada estación, y asegurando que todas las actividades necesarias fueran consideradas. Esta información fue clave para establecer los estándares en la planta de Greenbrier Tlaxcala.

3.6.2. Documentación de procedimientos estándar.

Una vez definidas las actividades y basándonos en la información recopilada, se procedió a documentar los procedimientos estándar para cada estación. En la HTE se detallaron los pasos específicos a seguir, desde la recepción de los materiales hasta el ensamblaje final de las Cushion Unit. Se aseguraron de incluir instrucciones claras, precisas y concisas que permitan a los operarios realizar su trabajo de manera eficiente y con el menor margen de error.

3.6.3. Identificación de herramientas y recursos necesarios.

Se realizó una lista de los equipos y herramientas necesarias para las estaciones de trabajo, en base a la documentación del proceso visto en la planta norteamericana, asegurando que cada estación cuente con el equipo adecuado para su función. Esto incluyó maquinaria de ensamblaje, herramientas manuales y dispositivos de seguridad, como los mostrados en la tabla 4 y la tabla 5. Además, se evaluó la disponibilidad de estos equipos en la planta y, en caso de ser necesario, se gestionó su adquisición, mediante requisiciones.

Maquinaria	Dispositivos	Izaje
-Máquina de soldar. -Estación de precalentamiento. -Aspiradora. -Engrasadora. -Máquina para lavar tapas. -Taladro vertical. -CNC. -Pistola de aire.	-Centrador contrapeso. -Giro o mesa de precalentamiento. -Giro de soldadura. -Mesa de trabajo y/o tarimas. -Mesa de trabajo y conveyor. -Dispositivo bloqueador para nut. -Gage para verificar altura de Nut. -Portería hidráulica.	-Eslingas. -Mordazas. -Izaje gancho para tapa. -Imanes para subir y bajar cilindro de la mesa. -Dispositivo para izar el pistón.

Tabla 4: Maquinaria, dispositivos he izaje.

EPP	Químicos	Herramientas
-Guantes de nitrilo. -Guantes Gun. -Guantes de carnaza. -Googles. -Tapones auditivos. -Respirador. -Casco. -Calzado de seguridad. -Pantalón de mezclilla. -Camisola de mezclilla.	-Molykote. -Desengrasante (alcohol o mek). -Lubricante No. 105 motor assembly grease. -Solvente. -Loctite 545. - Solvente limpiador pro clean.	-Escoriadora. -Pulidor de 7". -Indicador de temperatura 300° Fahrenheit. -Llave allen ½". -Dado 1 1/8". -Dado 1 3/8". -Extensión para dados. -Taladro inalámbrico. -Pistola de impacto y dado para meter pin a presión. -Broca de ½". -Regla para verificar planicidad entre embolo y vástago. -Pinzas para abrir anillos. -Brocha y trapo industrial. -Cutter.

Tabla 5:Epp, químicos y herramientas.

Dentro de cada HTE se incluyeron de las herramientas, equipos necesarios y partes primarias con las cuales deben de trabajar. Esto garantiza que los operarios tengan a su disposición todo lo que necesitan para completar sus tareas de manera eficiente.

3.6.4. Revisión y aprobación de las HTE.

Las HTE fueron revisadas por el equipo de Ingeniería Industrial y Mejora Continua de la planta para asegurar que los procedimientos documentados cumplieran con los objetivos de eficiencia y calidad. Tras realizar algunos ajustes, las HTE fueron aprobadas para su implementación, en las siguientes ilustraciones, la 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, se muestra la HTE realizada y destinada a el proceso de los cushion units y debido a políticas estrictas de confidencialidad y para proteger la información técnica de Greenbrier Tlaxcala, no se incluyeron descripciones detalladas en las Hojas de Trabajo Estándar (HTE). Esto garantiza que los procesos específicos y los métodos utilizados en la fabricación de las

Cushion Units se mantengan resguardados, cumpliendo con las normativas internas de la empresa y los acuerdos de no divulgación establecidos.

En la ilustración 34, se encuentra un recuadro, donde los operadores después de ser capacitados deben colocar su firma y matricula, de igual manera y por temas de seguridad y confidencialidad no puede mostrarse esa información.

GUNDERSON CONCARRIL
S.A. de C.V.
A GREENBRIER COMPANY

ÁREA/ AREA:	METALICO	NOMBRE DE POSICIÓN/ POSITION NAME:	Cushion Units
LÍNEA/ LINE:	SUB-ENSAMBLES	CODIGO HTE/ SWS CODE:	CU-01
TIPO DE CARRO, MODELO/ TYPE CAR, MODEL:	7076	FECHA DE EMISIÓN/ EMISSION DATE:	12/10/2024
LOTE/ JOB:	R9XXX	FECHA DE REVISIÓN/ REVIEW DATE:	NO. DE REVISIÓN/ REVIEW NUMBER: 0

EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO/ MULTIDISCIPLINARY TEAM	
ÁREA/AREA	NOMBRE/NAME
SEGURIDAD INDUSTRIAL/ INDUSTRIAL SECURITY	
PRODUCCION/ PRODUCTION	
CALIDAD/ QUALITY	
MANUFACTURA/ MANUFACTURE	
SOLDADURA/ WELDING	

EMITIÓ/RELEASE	REVISÓ/REVIEW	APROBÓ/APPROVE
ING. INDUSTRIAL/ INDUSTRIAL ENGINEER	JEFE DE ING. INDUSTRIAL/ HEAD OF INDUSTRIAL ENGINEERING	SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN/ PRODUCTION SUPERVISOR

HERRAMIENTAS/T

[illegible][illegible]

EQUIPO	EQUIPMENT	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION	CANTIDAD/ QUANTITY

MÁQUINA	MACHINE	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION	CANTIDAD/ QUANTITY

Ilustración 20: HTE Cushion Unit 1.

HOJA DE TRABAJO ESTÁNDAR / STANDARD WORK SHEET

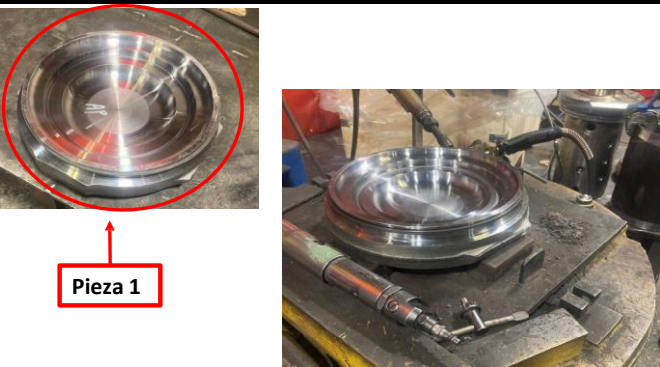
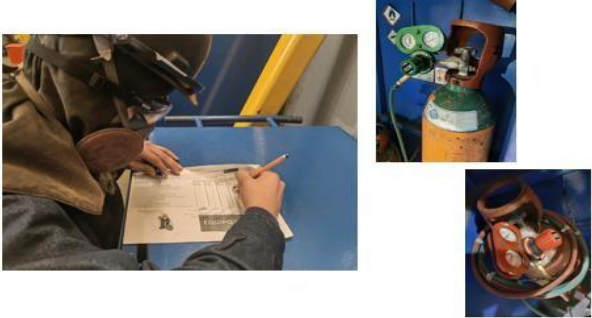
NOMBRE DE POSICIÓN/ POSITION NAME: Cushion Units		CODIGO HTE/ SWS CODE: CU-01	
NO. DE OPERACIÓN/ OPERATION NUMBER	IMAGEN / PICTURE	DESCRIPCIÓN	
010			
020			
030			
040			
050			
060			

Ilustración 21: HTE Cushion Unit 2.

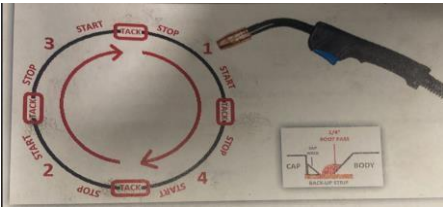
070	  Crayón Térmico		
080	  Figura 1		
090	 		
100			
110	 		
120	 Antes  Después		
130	 		

Ilustración 22: HTE Cushion Unit 3.

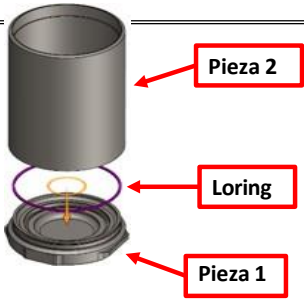
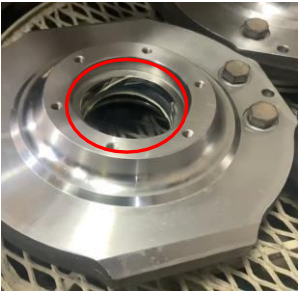
140	 		
150	 		
160	 		
170	 		
180	 		
190			
200	 		

Ilustración 23: HTE Cushion Unit 4.

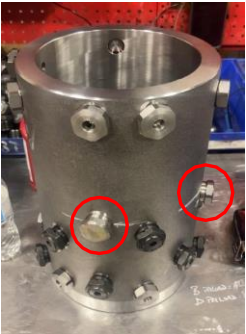
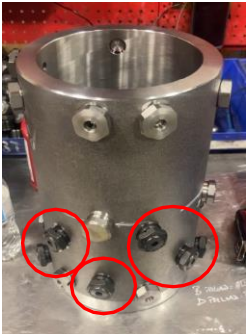
210			
220			
230			
240			
250			
260			
270			

Ilustración 24: HTE Cushion Unit 5.

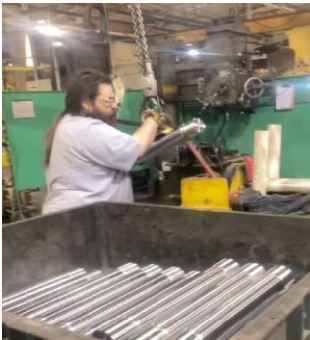
280	 		
290	 		
300	 		
310	 Pin en barreno 		
320	 		
330	Punta cuadrada  		
340	 		

Ilustración 25: HTE Cushion Unit 6.

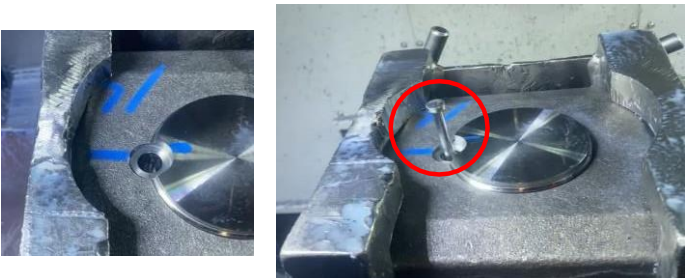
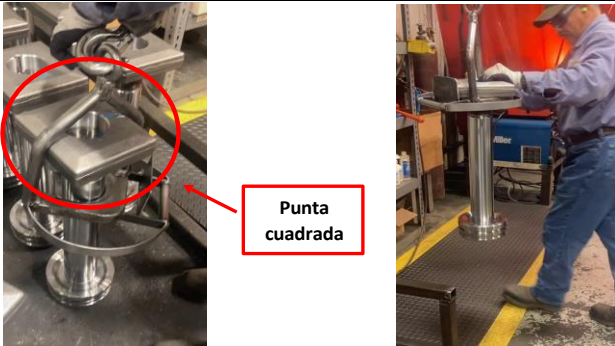
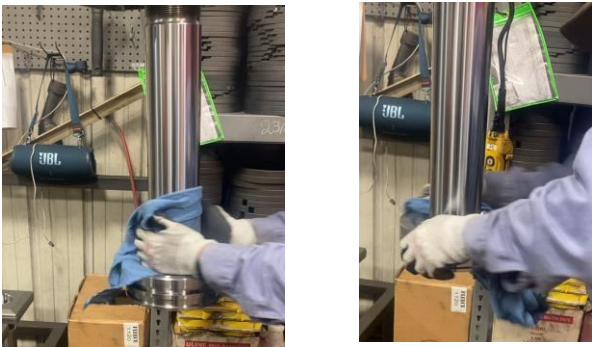
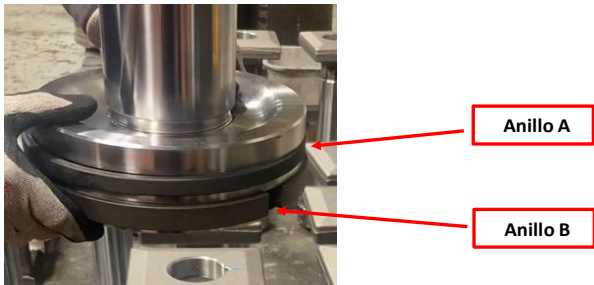
350			
360			
370			
380			
390			
400			
410			

Ilustración 26: HTE Cushion Unit 7.

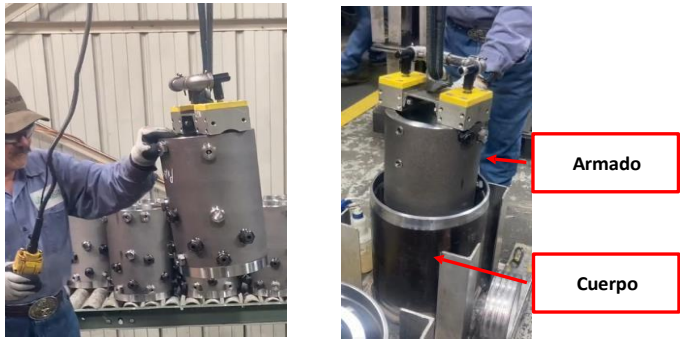
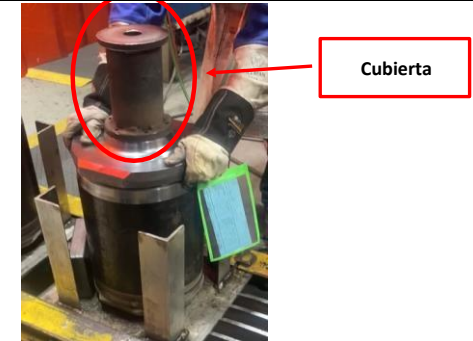
420			
430			
440			
450			
460			
470			
480			

Ilustración 27: HTE Cushion Unit 8.

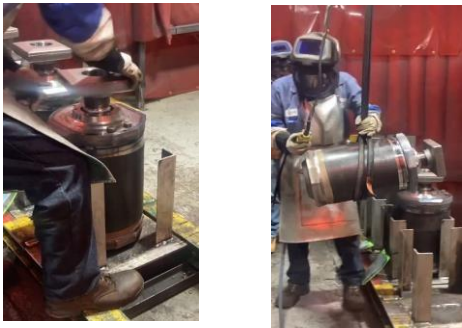
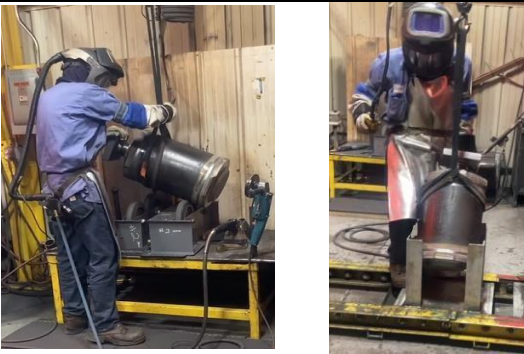
490			
500			
510			
520			
530			
540			
550	 Válvula para aire		

Ilustración 28: HTE Cushion Unit 9.

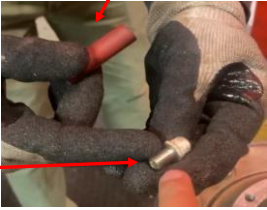
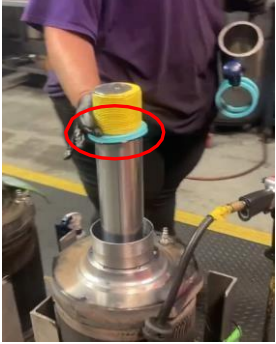
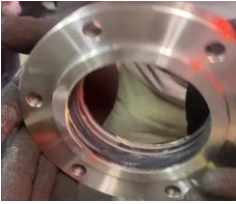
560	  Punta cuadrada		
570	 		
580	  Manguera Válvula de nitrógeno		
590	 		
600	 		
610	  Brida		
620	  Arandela		

Ilustración 29: HTE Cushion Unit 10.

630	 		
640	 		
650	 		
660	 Pistola Dado Pin Punta cuadrada		
670	 		
680	 		
690	 		

Ilustración 30: HTE Cushion Unit 11.

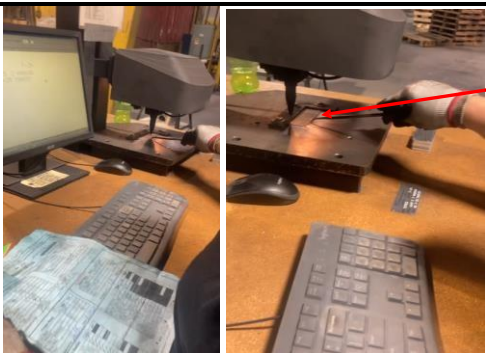
770	 Placa de		
780			
790			
800	 Cinta Cinta		
810	 Placa de		
820			
830			

Ilustración 32: HTE Cushion Unit 13.

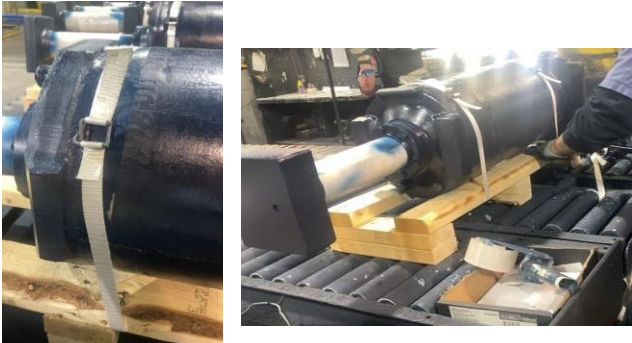
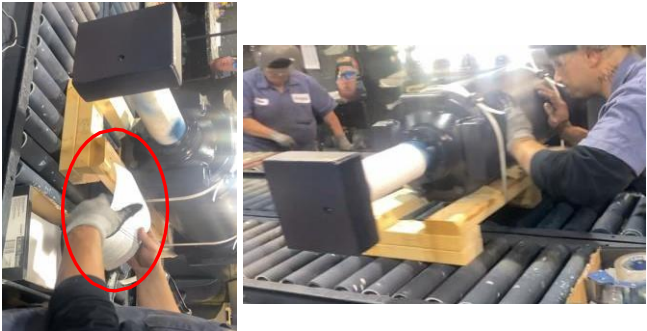
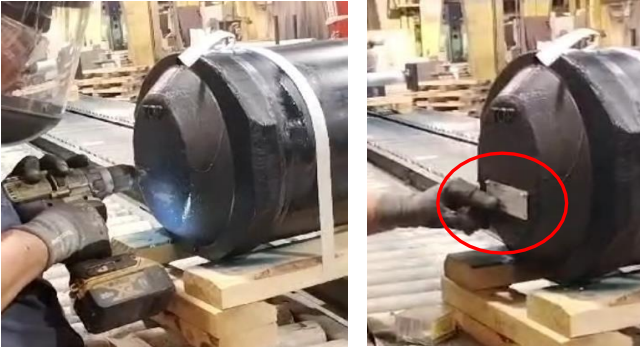
840			
850			
860			
870			
880			
890			
900			

Ilustración 33: HTE Cushion Unit 14.

CERTIFICACIÓN DE ENTRENAMIENTO DE HTE/CERTIFICATION OF WES TRAINING

OPERADOR/OPERATOR					
MATRICULA/ ENROLLMENT	FIRMA/ SIGNATURE	MATRICULA/ ENROLLMENT	FIRMA/ SIGNATURE	MATRICULA/ ENROLLMENT	FIRMA/ SIGNATURE

Ilustración 34: HTE Cushion Unit 15.

3.7. Capacitación del Personal

Previo a la realización de la prueba inicial, se llevó a cabo una capacitación para los operarios de la nueva línea de producción de **Cushion Units**. Esta capacitación fue diseñada para asegurar que el personal comprendiera en detalle los procedimientos estandarizados documentados en las **Hojas de Trabajo Estándar (HTE)**. Durante la capacitación, se instruyó a los operarios sobre cada paso del proceso de ensamblaje, las herramientas y equipos que utilizarían en cada estación de trabajo, como método de difusión y comprobación de obtener la capacitación, los operarios firman las HTE, colocando su número de empleado y firma, posteriormente estas HTE se colocan en la mampara de información, lugar donde los operarios pueden consultarlas de manera libre.

Además, se proporcionaron ayudas visuales y ejemplos prácticos para que los operarios pudieran familiarizarse con el flujo de trabajo y resolver cualquier duda antes de la prueba inicial. Esta capacitación fue esencial para asegurar que el equipo estuviera bien preparado y pudiera ejecutar el proceso de manera eficiente y segura, lo que contribuiría a obtener datos precisos en la prueba piloto. Una de las partes más complejas para los operarios, fue el armar correctamente el cuerpo con las válvulas, y por ello, se procedió a realizar una ayuda visual, mostrada en la ilustración 35, 36, 37, 38 y 39.

Visual

No.	No. de parte	Descripción	Cantidad	Color
7	A34361-01	EOCC UNIT "D" PRELOAD VALVE	9	
6	A10017800	1" SPRING CHECK VALVE	1	
5	A10017536	RETURN VALVE, GEN 3 MACHINED RETAINER PR	6	
4	A10017528	1" BALL CHECK VALVE, 0.063 PORT	1	
3	531000043	LOCTITE, RED #271	AR	
2	100039748	AH PLUG FOR PRELOAD VALVES	2	
1	100039742	WX7500 SHORT 7 1/2", B&D MODIFIED CYLINDER	1	

Ilustración 35: OPL 1.

Vista frontal

Ayuda

OPL(One Point Lesson)

Visual

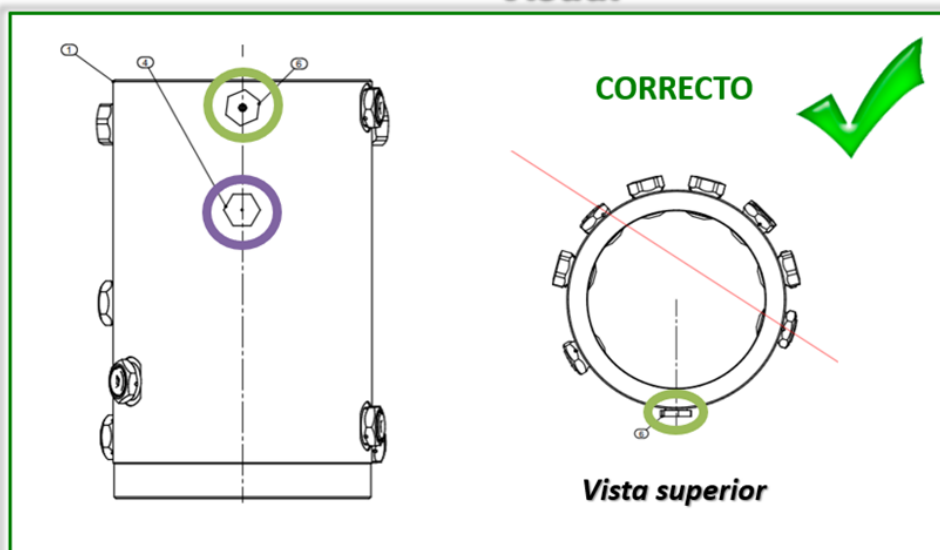


Ilustración 36: OPL 2.

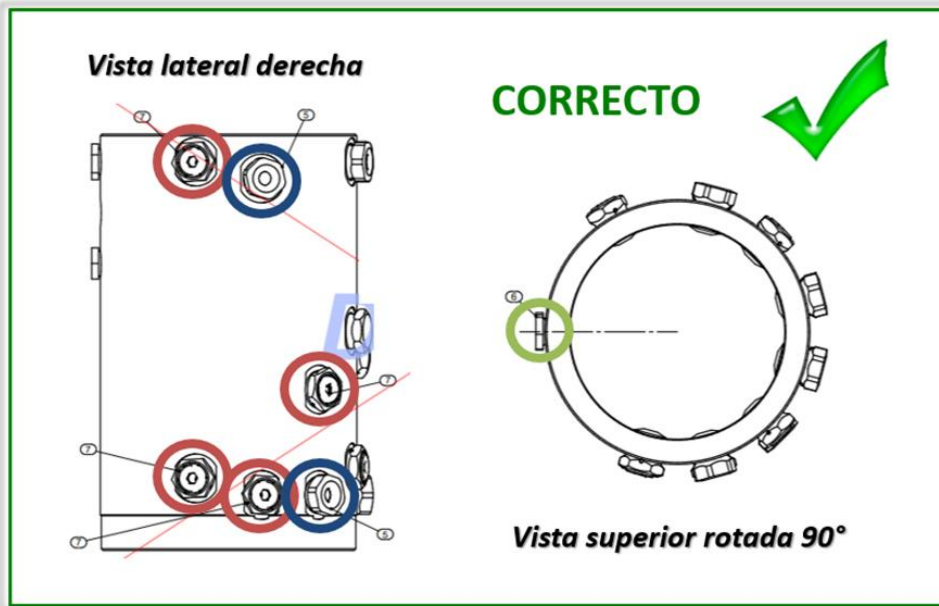


Ilustración 37: OPL 3.

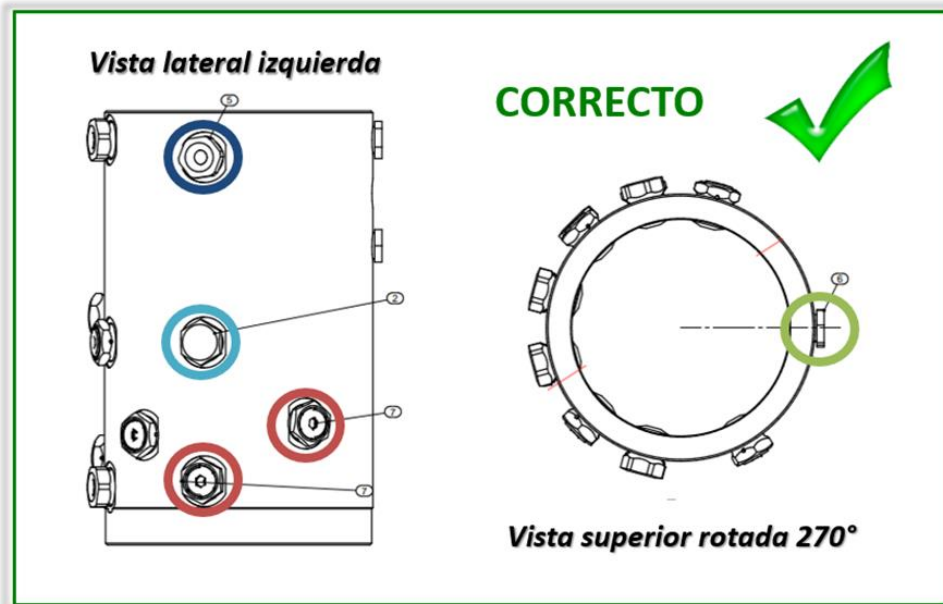


Ilustración 38: OPL 4.

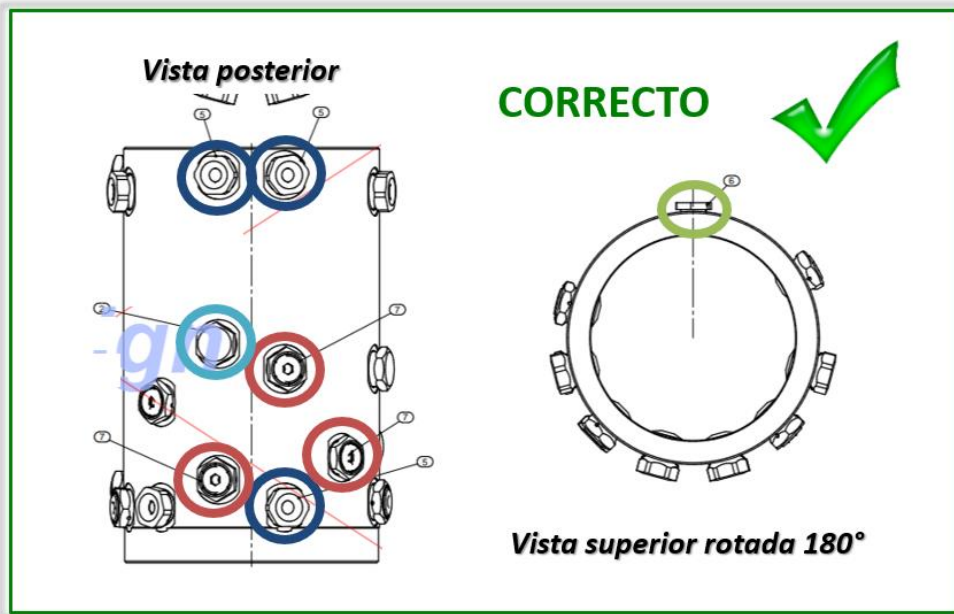


Ilustración 39: OPL 5.

3.8. Prueba piloto y toma de tiempos.

La primera prueba de tiempos cronometrados se realizó para medir cuánto tiempo tomaban los operarios en ensamblar cada Cushion Unit bajo condiciones reales de trabajo, en este primer lote, el cliente pidió que el proceso terminara en la realización de la prueba Cycle Tester. Esta prueba piloto permitió observar el desempeño real de los operarios al seguir las instrucciones detalladas en las HTE, identificando posibles ajustes en los tiempos de ciclo y verificando si la secuencia de actividades de cada estación permite cumplir con el requerimiento de producción establecido por el cliente, quien solicitó un total de 16 Cushion Units por día.



Ilustración 40: Prueba piloto.



Ilustración 41: Prueba Piloto.



Ilustración 42: Prueba Piloto.



Ilustración 43: Prueba Piloto.



Ilustración 44: Prueba Piloto.



Ilustración 45: Prueba Piloto.

La jornada laboral en Greenbrier Tlaxcala es de 7:00 a.m. a 4:30 p.m., lo que equivale a un total de 570 minutos. Sin embargo, al descontar 30 minutos de descanso para la comida, 20 minutos para pausas de baño y 20 minutos por fatiga, el tiempo productivo real es de 500 minutos al día. Para alcanzar la meta de 16 unidades, cada Cushion Unit debe completarse en un máximo de 31 minutos, como se muestra en las ecuaciones 1 y 2.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Unidades\ demandadas}$$

Ecuación 1: Takt Time.

$$Tike\ Time = \frac{500}{16} = 31\ min\ x\ unidad$$

Ecuación 2: Ecuación Tikt Time sustituida.

Con los datos obtenidos en esta primera prueba de toma de tiempos cronometrados y sin normalizacion, se elaboró un diagrama Yamazumi para visualizar la carga de trabajo en cada estación de la línea de producción. Este diagrama permitió identificar posibles desequilibrios en las estaciones y áreas donde los operarios podrían estar excediendo el tike time de 31 minutos.

TABLERO YAMAZUMI

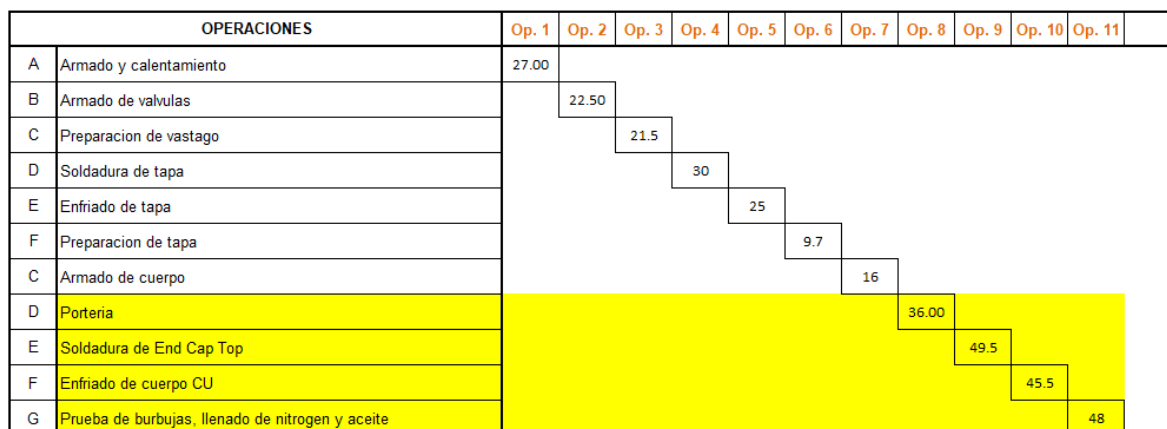
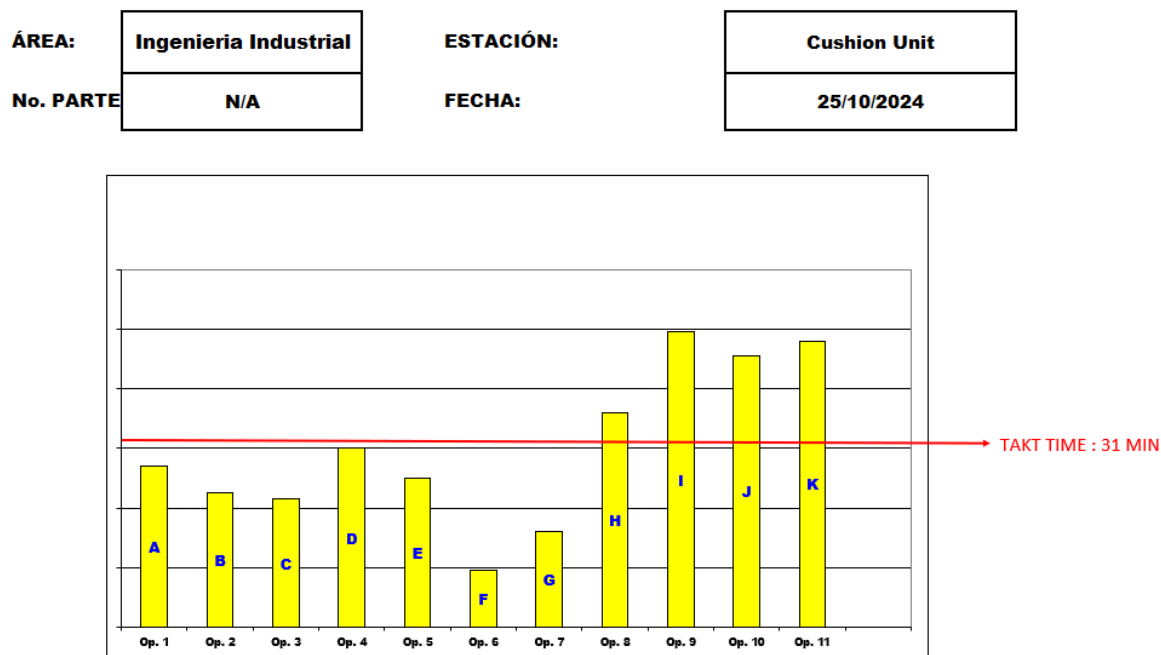


Ilustración 46: Diagrama Yamazumi prueba piloto 1.

El Yamazumi permite identificar variaciones en los tiempos de ciclo entre estaciones y ayuda a balancear la línea de producción al hacer visibles los cuellos de botella y

las estaciones que tienen tiempos ociosos. Cada columna en el diagrama representa una estación de trabajo, y la altura de cada sección muestra el tiempo dedicado a las tareas en esa estación. Con este diagrama, se analizaron las siguientes cuestiones clave:

- Estaciones Sobrecargadas: Aquellas estaciones con tiempos de ciclo que exceden el tiempo estándar de 31 minutos, el máximo permitido para cumplir con la meta de producción de 16 unidades diarias.

3.9. Análisis del diagrama Yamazumi y acciones correctivas.

Con base en los resultados de la prueba piloto y el análisis del Diagrama Yamazumi, se identificaron las estaciones de trabajo que superan el tiempo de ciclo máximo de 31 minutos requerido para cumplir con la meta de producción diaria de 16 Cushion Units. Esta toma de tiempos se realizó con cronometro, no se incluyó normalización, ya que se tenía muy poco tiempo para pruebas piloto, además de que el arranque de línea fue bajo tiempo medido.

A continuación, se detallan las estaciones fuera del tiempo y las acciones correctivas planificadas:

- **Operación 8:**

Tiempo actual: 36 minutos.

La operación 8 presenta un tiempo de ciclo superior al tiempo tacto debido a una herramienta que no nos brinda la potencia suficiente para calentar la pieza.

Acciones correctivas: En esta operación, el cuerpo de nuestro Cushion Unit se tiene que calentar a 300° con un equipo de oxicorte, por el tamaño de la boquilla usada, el tiempo es demasiado largo, así que se buscó la alternativa de una boquilla más grande (15 mm), ya que la que se estaba utilizando era pequeña (6 mm).



Ilustración 47: Boquilla de 15mm.

- **Operación 9:**

Tiempo actual: 49.5 minutos

En esta estación, se identificaron retrasos relacionados con el número de estaciones de soldadura con las que se contaba, ya que solo era 1.

Acciones correctivas: Implementación de una nueva estación de soldadura, y por tanto, también otro colaborador.

- **Operación 10:**

Tiempo actual: 45.5 minutos

La estación 10 está fuera de tiempo, ya que la pieza para poder seguir con el proceso, después de ser soldada tiene que enfriarse a 50°.

Acciones correctivas: Se optimizará el tiempo con ayuda de un ventilador, que ayudará a obtener un tiempo de enfriamiento más corto.



Ilustración 48: Ventilador.

- **Operación 11:**

Tiempo actual: 48 minutos.

En la prueba piloto esta estación se realizó con ayuda de un solo operador, que hacía el llenado de ambas sustancias.

Acciones correctivas: Se asignará un colaborador adicional en esta estación para que el proceso de llenado sea simultáneo. Un colaborador estará encargado del llenado de nitrógeno, mientras que el segundo se encargará del llenado de aceite. Esto permitirá reducir el tiempo total de la tarea y agilizar el flujo de trabajo.

Estas acciones correctivas serán implementadas y evaluadas mediante una nueva prueba para validar si los tiempos de ciclo cumplen con el estándar. Con esta optimización, se espera que todas las estaciones mantengan un tiempo de ciclo dentro del límite, garantizando así que la línea de producción alcance la eficiencia requerida.

3.10. Segunda prueba piloto.

Tras implementar las acciones correctivas en las estaciones que superaban el tiempo estándar de 31 minutos, se realizó una segunda prueba piloto con el objetivo de verificar si los ajustes realizados permiten cumplir con el tiempo de ciclo establecido para alcanzar la meta de producción de 16 Cushion Units diarias.

3.10.1. Objetivo de la segunda prueba piloto.

El objetivo principal de esta segunda prueba piloto es evaluar la efectividad de las acciones correctivas aplicadas en las estaciones críticas (estaciones 8, 9, 10 y 11) y confirmar que el flujo de trabajo y el tiempo de ciclo en cada estación cumplen con los estándares de producción sin exceder el límite de 31 minutos.

3.10.2. Resultados esperados.

Para considerar exitosa esta prueba, se espera:

- *Reducción de tiempo en estaciones ajustadas:* Que las estaciones anteriormente sobrecargadas ahora operen dentro del tiempo permitido gracias a las mejoras, como la asignación de nuevos colaboradores, cambios en las herramientas, o el uso de ventiladores para enfriamiento.
- *Equilibrio general en el diagrama Yamazumi:* Una distribución equilibrada en el diagrama Yamazumi, donde todas las estaciones presenten tiempos de ciclo similares, evitando cuellos de botella y tiempos ociosos.

3.10.3. Procedimiento de la segunda prueba.

La prueba se llevó a cabo en condiciones de producción real, midiendo los tiempos de ciclo en cada estación con la participación del personal ya adicionado y el equipo modificado. Además, se recopiló información de cada estación para verificar que las herramientas y técnicas nuevas estuvieran funcionando según lo planeado.



Ilustración 49: Operación 8.



Ilustración 50: Operación 9.



Ilustración 51: Operación 10.

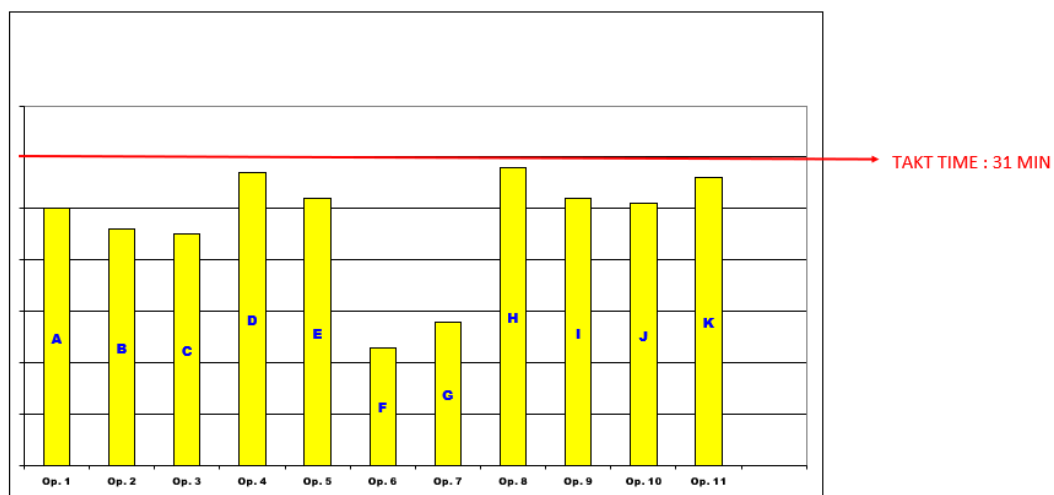


Ilustración 52: Operación 11.

3.10.4. Análisis de los resultados.

TABLERO YAMAZUMI

ÁREA:	Ingeniería Industrial	ESTACIÓN:	Cushion Unit
No. PARTE:	N/A	FECHA:	13/11/2024



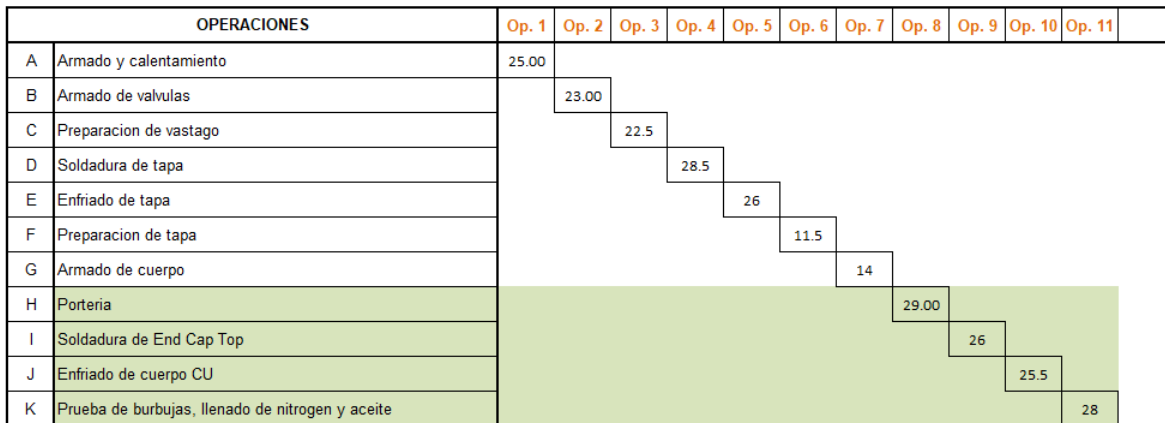


Ilustración 53: Diagrama Yamazumi prueba piloto 2.

- **Evaluación de las Estaciones:** Se observaron y analizaron nuevamente los tiempos de cada estación mediante un diagrama Yamazumi actualizado para asegurarse de que todas las estaciones se encontraran por debajo del tiempo tacto de 31 minutos.
- **Retroalimentación del Personal:** Se recolectaron observaciones del personal involucrado sobre la efectividad de las mejoras, especialmente en el uso de las herramientas modificadas.

3.10.5. Conclusión de la segunda prueba piloto.

Después de realizar la segunda prueba piloto, con los ajustes implementados se observan todos los tiempos ciclo dentro de los estándares requeridos, se validará la operación de la línea de producción para iniciar la fabricación continua de Cushion Units. Esta segunda prueba piloto representa la última fase de pruebas antes de la implementación final, garantizando que la línea de producción esté completamente optimizada y alineada con los objetivos de productividad y calidad de la empresa.

4. Resultados.

4.1. Diseño y optimización de Layout.

El layout diseñado he implementado en la planta de Greenbrier Tlaxcala permitió una distribución eficiente de las estaciones de trabajo, agregando los elementos faltantes, como la segunda estación de soldado y la estación de enfriado, asegurando un flujo continuo y optimizado para la producción de Cushion Units. La distribución en forma de "U" facilitó la comunicación y supervisión en cada estación, reduciendo los tiempos de desplazamiento y mejorando la accesibilidad a herramientas y materiales.



Ilustración 54: Primer propuesta de Layout.

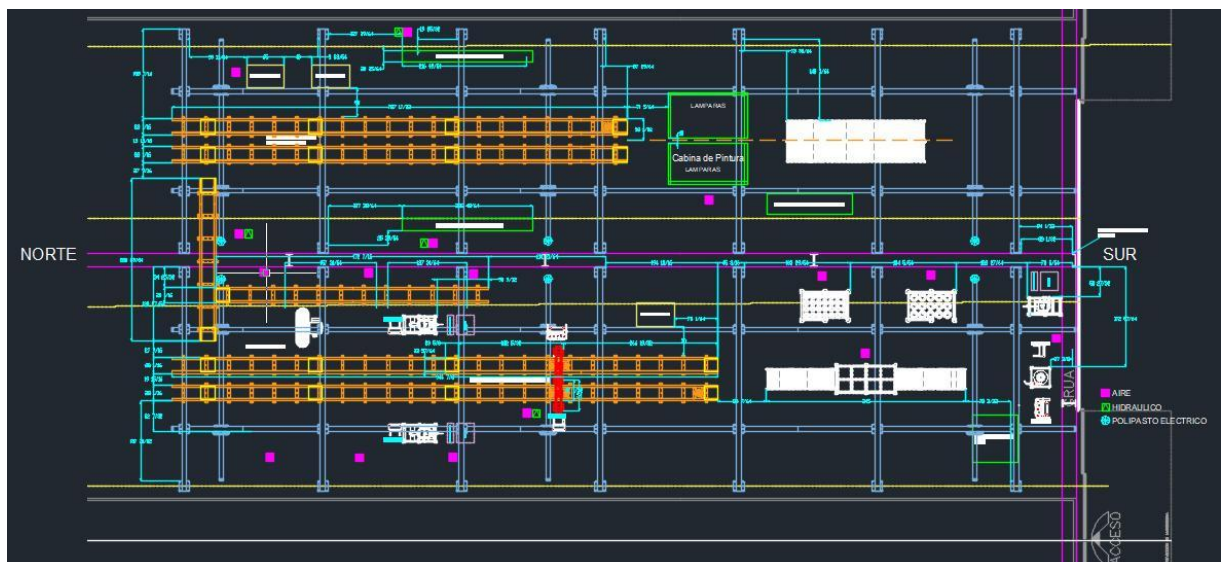


Ilustración 55: Layout final.

4.2. Estandarización del Método y Capacitación del Personal

La creación y aplicación de las Hojas de Trabajo Estándar (HTE) y las One Point Lessons (OPL) aseguraron la estandarización del procedimiento en cada estación de trabajo, para después colocarlas en la mampara de información, lugar donde los colaboradores pueden consultarlas libremente, como se muestra en la ilustración número 56. Estas herramientas no solo facilitaron la capacitación del personal, sino que también garantizaron la consistencia y la calidad en cada etapa del proceso de producción. El personal fue capacitado en métodos estandarizados y en el uso correcto de herramientas y materiales, lo que resultó en una mayor eficiencia y en la reducción de errores operativos.

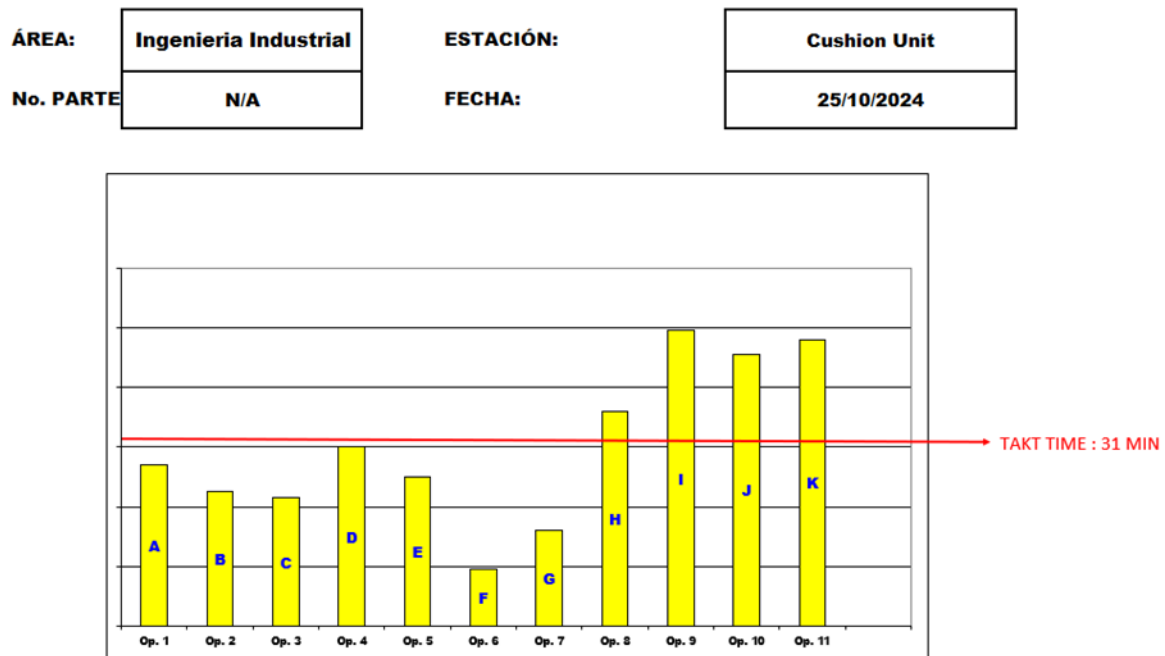


Ilustración 56: HTE en mampara de información.

4.3. Reducción de Tiempos de Ciclo

Gracias a la prueba piloto y a la toma de tiempos en cada estación, fue posible identificar estaciones críticas que requerían ajustes en sus tareas y disposición. Con el análisis detallado mediante el Diagrama Yamazumi, se lograron realizar cambios efectivos en las estaciones 8, 9, 10 y 11, que inicialmente excedían el tiempo estándar, como se muestra en las ilustraciones 57 y 58. Tras la implementación de las acciones correctivas y la segunda prueba piloto, todas las estaciones alcanzaron un tiempo de ciclo de 31 minutos o menos, cumpliendo con el objetivo de tiempo establecido para la producción de 16 Cushion Units diarias.

TABLERO YAMAZUMI



OPERACIONES		Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	Op. 7	Op. 8	Op. 9	Op. 10	Op. 11
A	Armado y calentamiento	27.00										
B	Armado de valvulas		22.50									
C	Preparacion de vastago			21.5								
D	Soldadura de tapa				30							
E	Enfriado de tapa					25						
F	Preparacion de tapa						9.7					
C	Armado de cuerpo							16				
D	Porteria								36.00			
E	Soldadura de End Cap Top									49.5		
F	Enfriado de cuerpo CU										45.5	
G	Prueba de burbujas, llenado de nitrogen y aceite											48

Ilustración 57: Diagrama Yamazumi antes de aplicar mejoras.

TABLERO YAMAZUMI

ÁREA: **Ingeniería Industrial**

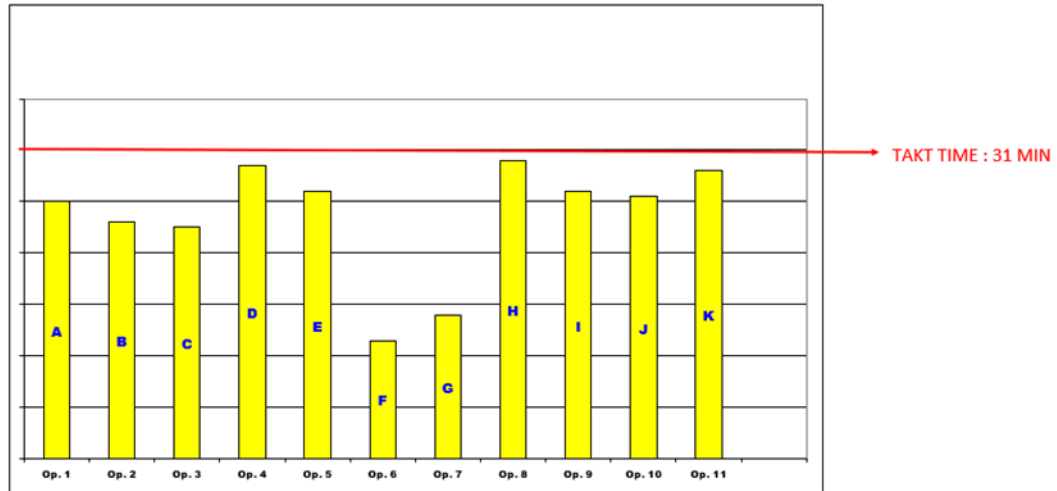
ESTACIÓN:

Cushion Unit

No. PARTE: **N/A**

FECHA:

13/11/2024



OPERACIONES		Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	Op. 7	Op. 8	Op. 9	Op. 10	Op. 11
A	Armado y calentamiento	25.00										
B	Armado de valvulas		23.00									
C	Preparacion de vastago			22.5								
D	Soldadura de tapa				28.5							
E	Enfriado de tapa					26						
F	Preparacion de tapa						11.5					
G	Armado de cuerpo							14				
H	Porteria								29.00			
I	Soldadura de End Cap Top									26		
J	Enfriado de cuerpo CU										25.5	
K	Prueba de burbujas, llenado de nitrogen y aceite											28

Ilustración 58: Diagrama Yamazumi después de aplicar mejoras.

5. Conclusiones.

5.1. Conclusión del proyecto.

La implementación de la línea de producción de Cushion Units en Greenbrier Tlaxcala fue exitosa, logrando cumplir con los objetivos de eficiencia, calidad y capacidad de producción establecidos al inicio del proyecto. A través de un diseño de layout en forma de "U" y la estandarización de procedimientos mediante Hojas de Trabajo Estándar (HTE) y One Point Lessons (OPL), se optimizó el flujo de trabajo, facilitando la supervisión y asegurando un proceso productivo fluido y organizado. Las pruebas piloto y el análisis de tiempos permitieron identificar estaciones con tiempos de ciclo fuera del estándar, las cuales fueron ajustadas mediante acciones correctivas específicas, como la asignación de tareas adicionales, optimización de herramientas y ajustes de métodos. Estos cambios aseguraron que cada estación operara dentro del tiempo de ciclo de 31 minutos, permitiendo alcanzar la meta de producción de 16 unidades diarias.

En conclusión, el éxito de la implementación de esta línea de producción no solo fortalece la capacidad productiva de la planta, sino que también reafirma el compromiso de Greenbrier Tlaxcala con la excelencia operativa y la mejora continua. Este proyecto posiciona a la planta para satisfacer las demandas de calidad y entrega en el mercado ferroviario, consolidando su competitividad y eficiencia a largo plazo.

5.2. Recomendaciones.

- *Monitoreo constante:* Implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar los tiempos de ciclo y la calidad de producción, permitiendo ajustes rápidos en caso de variaciones en el proceso.
- *Capacitación periódica:* Realizar capacitaciones regulares para el personal, especialmente al incorporar nuevos operarios en la línea, para asegurar que todos mantengan el conocimiento actualizado de los procedimientos estandarizados.

- *Mantenimiento preventivo del equipo:* Establecer un programa de mantenimiento preventivo para todas las herramientas y equipos en la línea de producción, con el objetivo de minimizar el riesgo de paros no planeados y mantener la eficiencia operativa.
- *Evaluación y mejora continua:* Revisar periódicamente el layout y el flujo de trabajo en busca de oportunidades de mejora, aplicando los principios de mejora continua para mantener la línea en su rendimiento óptimo.

5.3. Experiencia personal adquirida.

Durante el desarrollo de este proyecto, adquirí una experiencia invaluable en varias áreas clave de la ingeniería industrial:

- *Diseño de layout y optimización de procesos:* La experiencia de diseñar y optimizar un layout en la planta de producción me permitió aplicar conocimientos teóricos en un entorno real, entendiendo la importancia de una disposición eficiente de los espacios para maximizar la productividad.
- *Estandarización y capacitación:* La creación de HTE y OPL me ayudó a desarrollar habilidades en la documentación de procesos y en la capacitación del personal, entendiendo cómo la comunicación y estandarización son fundamental para mantener la calidad y la consistencia en la producción.
- *Gestión del tiempo y resolución de problemas:* La identificación y solución de problemas en las estaciones fuera de tiempo me brindaron una experiencia práctica en análisis de tiempos y balanceo de líneas, aprendiendo observar y encontrar soluciones eficientes para cumplir con objetivos específicos de producción.
- *Trabajo en equipo y coordinación multidisciplinaria:* Trabajé de manera cercana con otros departamentos, lo cual me enseñó la importancia de la comunicación, la escucha y la colaboración en proyectos complejos, especialmente en la implementación de mejoras operativas.

Esta experiencia me ha dado una visión práctica de los desafíos y responsabilidades en un entorno de manufactura industrial real, consolidando mi formación profesional y motivándome a seguir contribuyendo al campo de la ingeniería industrial.

6. Competencias desarrolladas.

6.1. Competencias técnicas.

- *Diseño y optimización de layouts:* Durante el proyecto, apliqué mis conocimientos en diseño de layout y distribución de planta para implementar una configuración en "U" que facilitara un flujo de trabajo eficiente. Esta competencia fue clave para maximizar la productividad y reducir tiempos de desplazamiento dentro de la línea de producción.
- *Análisis de tiempos y balanceo de líneas:* La toma de tiempos en cada estación y el uso del Diagrama Yamazumi para el análisis de balance de carga fueron esenciales en el proceso. Esta competencia me permitió identificar estaciones críticas, realizar ajustes necesarios y asegurar que el flujo de producción cumpliera con el tiempo de ciclo estándar.
- *Estandarización de procesos:* Desarrollé Hojas de Trabajo Estándar (HTE) y One Point Lessons (OPL) para cada estación de trabajo, lo que me permitió aplicar competencias en documentación y estandarización de procesos. Esta habilidad fue fundamental para asegurar la consistencia y calidad en cada etapa de la producción.

6.2. Competencias organizacionales.

- *Planificación y ejecución de proyectos:* La planificación de cada fase del proyecto, desde el diseño del layout hasta la segunda prueba piloto, me permitió mejorar mi capacidad para estructurar y ejecutar proyectos de manera organizada. Establecer metas y tiempos específicos fue esencial para completar cada etapa con éxito.
- *Capacitación y supervisión de personal:* La capacitación del equipo en el uso de las HTE y OPL requirió habilidades de comunicación y liderazgo. Aprendí a guiar y supervisar al personal para garantizar que comprendieran y siguieran los procedimientos estandarizados, lo cual fue fundamental para mantener la calidad en la línea de producción.

6.3. Competencias interpersonales.

- *Comunicación efectiva:* Durante el proyecto, la comunicación fue clave para coordinarme con el personal operativo y con otros departamentos. Esta competencia me permitió transmitir instrucciones claras, recibir retroalimentación y asegurar que los cambios fueran implementados de manera efectiva.
- *Trabajo en equipo y colaboración multidisciplinaria:* Trabajé de la mano con diversos equipos de la planta, lo cual reforzó mi habilidad para colaborar en entornos multidisciplinarios. Esta experiencia me enseñó a valorar las distintas perspectivas y a contribuir de manera activa al logro de los objetivos comunes.
- *Resolución de problemas y adaptabilidad:* La necesidad de realizar ajustes en la línea tras las pruebas piloto me permitió aplicar habilidades de resolución de problemas. Desarrollé una mayor adaptabilidad al implementar cambios y enfrentar los desafíos del proceso, asegurando que cada solución fuera práctica y efectiva.
- *Liderazgo:* A lo largo del proyecto, desarrollé habilidades de liderazgo al coordinar equipos de trabajo, motivar al personal y tomar decisiones clave para la implementación exitosa de la línea de producción. Mi capacidad para influir positivamente en otros y fomentar un entorno de colaboración fue crucial para superar los retos del proyecto.

7. Fuentes de información.

Blanchard, P. N., & Thacker, J. W. (2012). *Capacitación efectiva: Sistemas, estrategias y prácticas*. Pearson.

Capacitación GM-GMS BIQ IV Estandarización. (2014). México.

Francis, R. L., McGinnis, L. F., & White, J. A. (1992). *Diseño y localización de instalaciones: Un enfoque analítico*. Prentice Hall.

Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas*. Wiley.

Imai, M. (1986). *Kaizen: La clave del éxito competitivo en Japón*. McGraw-Hill.

Muther, R. (1973). *Planificación sistemática de distribución de planta*. Cahnern Books.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2003). *Métodos, estándares y diseño de trabajo*. McGraw-Hill.

Ohno, T. (2018). *El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala*. Routledge.

Schonberger, R. J. (1982). *Técnicas de manufactura japonesa: Nueve lecciones ocultas en simplicidad*. Free Press.

Suzaki, K. (1993). *El nuevo desafío de manufactura: Técnicas para la mejora continua*. Free Press.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Pensamiento Lean: Erradica el desperdicio y crea riqueza en tu empresa*. Simon & Schuster