

# Control de procesos por medio de la digitalización y de herramientas de mejora

Vega Esparza, Cesar

2021

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5084>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto

Presidencial del 3 de abril de 1981



CONTROL DE PROCESOS POR MEDIO DE LA DIGITALIZACIÓN Y DE  
HERRAMIENTAS DE MEJORA

DIRECTOR DEL TRABAJO

DR RAUL RUAN ORTEGA

CODIRECTOR DEL TRABAJO

MTRO TONATIUH LEÓN GARCÍA

ELABORACIÓN DE TESIS

para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN MANUFACTURA AVANZADA

Presenta

CESAR VEGA ESPARZA

Puebla, Pue.

2021

## Índice

<b>1. Introducción.</b>	
1.1 Resumen	3
1.2 Antecedentes.	3
1.3 Planteamiento del problema	3
1.4 Objetivo General.	4
1.5 Objetivos específicos.	4
1.6 Justificación.	4
<b>2. Marco teórico.</b>	
2.1 La Manufactura Esbelta ( <i>Lean Manufacturing</i> ) en la industria actual. (Nombrar KPI's enfocado a desempeño).	5
2.1.1 <i>Kaizen</i> y la Mejora Continua.	6
2.1.2 <i>Kaizen</i> como filosofía.	6
2.1.3 Objetivos <i>Kaizen</i> .	7
2.1.4 Conceptos <i>Kaizen</i> .	7
2.1.5 Estrategias <i>Kaizen</i> .	8
2.1.6 <i>Value Stream Mapping</i> .	11
2.1.6.1 Pasos para la elaboración de un VSM	11
2.1.6.2 Estado actual del VSM.	12
2.1.6.3 Estado futuro del VSM.	13
2.1.7 <i>Kanban</i> y tablero nivelador.	14
2.1.7.1 Sistema de jalar ( <i>Pull</i> ).	14
2.1.7.2 Supermercados.	15
2.1.7.3 Tipos de supermercados.	15
2.1.7.4 Ubicación y cantidades por supermercados.	16
2.1.7.5 Cálculo del inventario máximo y el tamaño del supermercado.	16
2.1.7.6 Aplicación de <i>Kanban</i> .	17
2.2 Industria 4.0.	18
2.3 Digitalización y Sistema de Ejecución de Manufactura ( <i>Manufacturing Execution System MES</i> ).	19
<b>3. Desarrollo y documentación del Proyecto.</b>	
3.1 Elaboración y digitalización de auditorías.	20
3.1.1 Reunión de apertura.	20
3.1.2 Revisión de " <i>Guideline</i> " o lineamientos de herramientas.	21
3.1.3 Desarrollo del concepto para la Planta de Puebla.	22
3.1.4 Estandarización de Cuestionario para auditorías.	23
3.1.5 Entrenamiento y digitalización de Auditorías.	25
3.1.6 Elaboración y asignación de Auditorías Cruzadas	26
3.1.7 Hallazgos y elaboración de indicadores.	27
3.1.8 Sigüientes pasos.	30
3.2 Implementación de <i>Kanban</i> componentes engrasados.	30
3.2.1 Talleres <i>Kanban</i> para stock de materiales engrasados.	30

3.2.2	Identificación de material y junta de apertura.	30
3.2.3	Parametrización de matriz Kanban para engrasado de materiales.	30
3.3	Mapa de Flujo de Valor.	34
3.3.1	Taller de VSM y elaboración del estado Actual.	34
3.3.2	<i>Action list</i> puntos a evaluar.	35
3.3.3	Implementación de acciones para mejora de la eficiencia.	36
3.4	Digitalización de reportes de KPI por medio de MES.	41
3.4.1	Definición de reportes generados en plataforma	43
3.4.2	Elaboración semanal de indicadores por medio de MES.	44
3.4.3	Validación de información obtenida por medio de MES.	44
3.4.4	Comparación de Indicadores MES vs Indicadores internos.	45
<b>4. Resultados y Conclusiones.</b>		
4.1	Evaluación de efectividad de herramientas implementadas.	46
4.2	Lecciones aprendidas.	48
<b>5. Trabajos futuros.</b>		49
<b>6. Anexos.</b>		
6.1	Anexo 1. Project Charter.	51
6.2	Anexo 2. Carta de confidencialidad	54
<b>7. Bibliografía.</b>		58

## I Introducción.

### 1.1 Resumen.

Para cualquier unidad de manufactura la reducción de costos, el aumento de eficiencia, optimización de recursos y la obtención de información en tiempo real son algunos de los objetivos que se desean alcanzar, para ello es importante comprender la voz del cliente, así como la demanda cambiante del mercado en el cual se desea desarrollar. El siguiente proyecto presenta diferentes herramientas y plataformas las cuales apoyaron a dar un paso en la digitalización de información seleccionada por la gerencia para su análisis y mejora; tales como talleres de mejora en piso y producción, para encontrar áreas de oportunidad a lo largo de la cadena de valor de la unidad de negocios seleccionada en la planta de Puebla y resultados de la implementación de ideas de mejora derivadas de estos. Primero se presenta la digitalización de auditorías, posteriormente la aplicación de tableros niveladores en componentes lubricados y producto terminado, a continuación, la aplicación de un mapa de flujo de valor y documentación de acciones de mejora, la implementación de estas acciones y validación de sus resultados; la aplicación de un sistema de ejecución de manufactura para genera indicadores de desempeño y finaliza con sus resoluciones. Lecciones aprendidas y siguientes pasos en este proyecto.

### 1.2 Antecedentes.

La empresa fue fundada el 29 de octubre de 1996 en Sanctorum Puebla, inicialmente arrancó con proyectos para la armadora alemana Volkswagen de México. Posteriormente la empresa ha ido aumentando su cartera de clientes y catálogo de productos ofertando de esta forma artículos como cerraduras, módulos de puerta, alza cristales, ventiladores para radiadores, entre otros.

A partir de los años 80's se vuelve proveedor de Toyota por lo que la filosofía del TPS se hace parte del desempeño, no es hasta los años 2000's que se vuelve requisito para todas las plantas tener un departamento de mejora continua, que promueva el desarrollo y aplicación de la filosofía y herramientas del Sistema de producción *Toyota (Toyota Production System TPS)* como el mapa de flujo de valor (*Value Stream Mapping VSM*), sistema de control *ANDON*, cambios rápidos de modelo (*Single-Minute Exchange of Die SMED*), 5S, entre otras.

Actualmente la compañía ofrece productos a clientes como Ford, FCA, Volkswagen, Faurecia, BMW y DTNA. Gracias a las diferentes plataformas con las que cuenta y a la conectividad para obtener información en tiempo real, estas mantienen su importancia e impacto en la mejora continua de productos o servicios. La industria 4.0 ha impulsado no solamente a digitalizar procesos, sino también a mejorarlos a través del control y obtención remota de datos para ser analizados con el fin de buscar la mejora.

### 1.3 Planteamiento y administración del problema.

Actualmente se cuenta con la implementación del método 5S, sin embargo, en la estrategia de la empresa se plantea la necesidad de reafirmar el control de las áreas y la disciplina para mantener los estándares de la misma referentes al orden y la limpieza; ya que son esenciales antes de poder generar otros talleres como un *kaizen blitz*. Aunado a esto, se cree que sería una buena oportunidad aprovechar el respaldo con el que se cuenta por parte de la gerencia respecto al tema de la digitalización y el enfoque a la industria 4.0 con el fin de migrar esta herramienta a la plataforma interna e impulsar la mejora continua.

#### **1.4 Objetivo general.**

Controlar procesos y condiciones de trabajo dentro de las líneas de producción a través de la estandarización y evaluación del orden y limpieza por medio de auditorías.

#### **1.5 Objetivos específicos.**

- Definir e identificar las áreas y responsables para mantener el control en líneas de producción elaborando roles y auditorías cruzadas.
- Medir el desempeño actual de las líneas de producción referente a las auditorías.
- Digitalización y estandarización de cuestionario a nivel global por medio de la plataforma *EASE* generando la participación en la realización de las auditorías en todos los niveles de la empresa, así como capacitación del personal.
- Mejorar el estado actual de cada una de las áreas auditadas y prepararse para nuevas auditorías.
- Controlar y consolidar los hallazgos de las auditorías por medio de las herramientas de digitalización.

#### **1.6 Justificación.**

Este proyecto es realizado debido a los constantes cambios en la industria, así como por solicitud de la directiva; con el fin de obtener y registrar datos y auditorías por medio de la digitalización, por temas de industria 4.0 además del aprovechamiento de espacios, flujo de información en tiempo real y ahorro de papel; disminuyendo así la posibilidad de extraviar documentos.

## II MARCO TEORICO.

### 2.1 La manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*) en la industria actual.

La manufactura o producción esbelta es un método para la eliminación de desperdicios dentro de un proceso de manufactura [1], esta aboga por la producción como un acercamiento multifuncional que abarca una gran variedad de prácticas administrativas en un sistema integrado.

Después de la segunda guerra mundial, la empresa manufacturera japonesa en especial la industria automotriz se encontró con los problemas de falta de materiales, problemas financieros y de recursos humanos. Eiji Toyoda (director administrativo y presidente del corporativo Toyota) y Taichi Ohno (padre del sistema *Kanban*) instalaron el concepto de Sistema de Producción Toyota (*Toyota Production System*) o lo que actualmente conocemos como manufactura esbelta. Debido al pronto éxito en Japón, otras compañías e industrias especialmente en Estados Unidos habían iniciado a implementar la metodología Lean. Los principios de operativos de lean son conocidos (*Lean Production*) o TPS (*Toyota Production System*).

Henry Ford había estado usando las herramientas Lean e inició uno de los logros más notables de manteniendo el precio de los productos Ford a bajo costo y el acortamiento gradual del ciclo de producción [2].

La definición de Lean desarrollada por el Instituto Nacional de Estandarización y la Asociación de Extensión de Manufactura y Tecnología Lean Network define *Lean Manufacturing* como un enfoque sistemático de identificación y eliminación de residuos mediante la mejora continua, hacer fluir el producto de acuerdo con el empuje del cliente en búsqueda de la perfección [3].

En muchos procesos creemos que las áreas de oportunidad se encuentran únicamente dentro del proceso, sin embargo, con base a la experiencia en la industria encontramos que muchas de las actividades de valor no agregado se encuentran a lo largo de la cadena de valor. Es por ello que debemos de tener en claro todas estas actividades que no están generando un valor agregado al proceso, clasificarlas como “*mudas*” o desperdicios y eliminarlas del proceso.

Debemos resaltar los beneficios económicos que podemos obtener a través de las herramientas lean reflejados en ahorros y prevención de costos por calidad pobre o defectos con los clientes. Todo lo anterior ayuda a mejorar el desempeño de las industrias de manufactura integrando varias áreas donde las ideas lean son herramientas que generan procesos con un grado muy bajo de actividades de valor no agregado [4].

De acuerdo con Rinehart, Huxlay y Robertson [5] *lean manufacturing* será el estándar del método de manufactura del siglo XXI

El entendimiento básico de un sistema de producción para la planeación, programación y control de las cantidades y tiempos de producción ha sido una meta crucial para la ingeniería industrial y el programa de manejo. La industria del siglo XXI ha forzado a la mayoría de los líderes en varios sectores a implementar más sistemas competitivos de manufactura [6].

Para poder medir que tan efectiva es la implementación de la manufactura esbelta es necesaria la implementación y revisión de indicadores claves de desempeño o KPI dentro de la organización.

Los indicadores de desempeño son diseñados mayormente por compañías por medio de lluvia de ideas con el fin de alcanzar el conjunto final de indicadores. Posteriormente deben de ser agrupados por categorías dentro de un diagrama de afinidad e identificar cuales pueden medir parámetros específicos como son índices de calidad (*Quality Index*), costos (*Cost*), personal (*People*) y entregas (*Deliveries*) [23].

### **2.1.1 Kaizen y la mejora continua.**

Muchas veces hemos escuchado hablar sobre la metodología *kaizen* (*Kai*=cambio, *zen*=bueno o para mejorar) o “mejora en pasos pequeños” y la importancia que llega a tener dentro de la industria cuando nos referimos a la eliminación de desperdicios e identificación de actividades de valor agregado dentro de nuestros procesos productivos o de préstamo de servicios. Sin embargo, la mayor parte de las organizaciones piensan que la mejora continua es un departamento dentro de las organizaciones mientras que en la realidad toda la organización debe formar parte de la mejora continua.

De acuerdo con McAdam [7] la mejora continua incluye el aseguramiento de la calidad de todas las actividades de la compañía y es caracterizada por la aplicación de las mejores prácticas para lograr la satisfacción del cliente.

El cambio constante en las necesidades de los clientes y la evolución permanente del mercado exige a las diferentes industrias evolucionar con el mercado, ya que las industrias que no son capaces de adaptarse a los cambios constantes del mercado y las exigencias cada vez mayores de los clientes tienden a desaparecer. Es por ello por lo que con apoyo de las herramientas de mejora continua podríamos entender mejor la “voz del cliente” e interpretar lo que va requiriendo con base a sus necesidades y el entendimiento a todos los niveles de estas.

La mejora continua es sinónimo de progreso y puede ser una llave estratégica de la organización la cual describe cómo usar los recursos para alcanzar los objetivos [8].

Las rutas principales para la mejora continua referente a la calidad son las siguientes [9]:

- Reducir las no-conformidades.
- Mejorar la oferta actual actuando sobre el número y niveles característicos.
- La renovación de la oferta.
- Incrementar la eficacia y la eficiencia de los proyectos.

### **2.1.2 Kaizen como filosofía.**

El modelo de mejora continua estratégica fue definido por el japonés Masaaki Imai en 1986, nombrado *kaizen*, es uno de los más importantes conceptos de administración japonesa. Imai propuso esta útil técnica en su libro *kaizen; la clave del éxito competitivo de Japón (kaizen the key to japan's competitive success)*.

Después de la publicación de este libro se despertó un gran interés en diferentes industrias como los hospitales, bancos, desarrolladores de software entre otros, basándose principalmente el cambio de



mentalidad de los trabajadores y en una cultura de cambio que empodera a los operadores haciéndolos sentir parte del proceso, es decir, generarles sentido de pertenencia al proceso o producto y logrando el compromiso de los operadores en la eliminación de defectos o fallas.

De acuerdo con el Nuevo diccionario de inglés más corto de Oxford [10] reconoce a la filosofía *kaizen* como una “filosofía de negocios” con las siguientes definiciones:

- Es una herramienta efectiva de mejora continua en pasos pequeños, haciendo el proceso más eficiente, efectivo, controlable y adaptable.
- Concepto asociado a métodos y técnicas de entrenamiento dentro de una compañía.
- Método enfocado en simplificar procesos complejos descomponiéndolos en procesos secundarios y mejorándolos.

Brunet y Pop [11] [12] define la filosofía *kaizen* como un método de mejora continua basado en un espíritu de cooperación y servicio.

### **2.1.3 Objetivos *kaizen*.**

Sitnikov [13] propone los siguientes objetivos de la metodología *kaizen*:

- Construir pertenencia, establecer una cultura y un ambiente de trabajo aceptable porque esta metodología confía fuertemente en un cambio de cultura que empodere a colocar sugerencias permanentes que ayuden a mejorar las actividades de los operadores.
- Establecer los costos capitales de los proyectos.
- Mejorar “lento pero estable”.
- El acercamiento en la participación enfocado a la creatividad y diseño actualizado sobre los requerimientos del cliente.
- Cero defectos.

### **2.1.4 Conceptos *kaizen*.**

La administración debe de aprender a implementar ciertos conceptos básicos y sistemas a fin de realizar una estrategia *kaizen* [14]

- *Kaizen* y Administración.
- Proceso vs Resultado.
- Seguimiento del PDCA/SDCA
- Poner a la calidad en primer lugar.
- Hablar con datos.
- Tratar al siguiente proceso como un cliente.

Dentro de la administración japonesa hay una regla que cada año debe de iniciar con una campaña basada en un programa de mejora continua y de la calidad. Liker [15] considera que la mejor forma en que la filosofía *kaizen* encuentre el éxito es que el TPS llegue a ser la base de *Lean* y de Seis Sigma para que ambas prevalezcan en la industria.

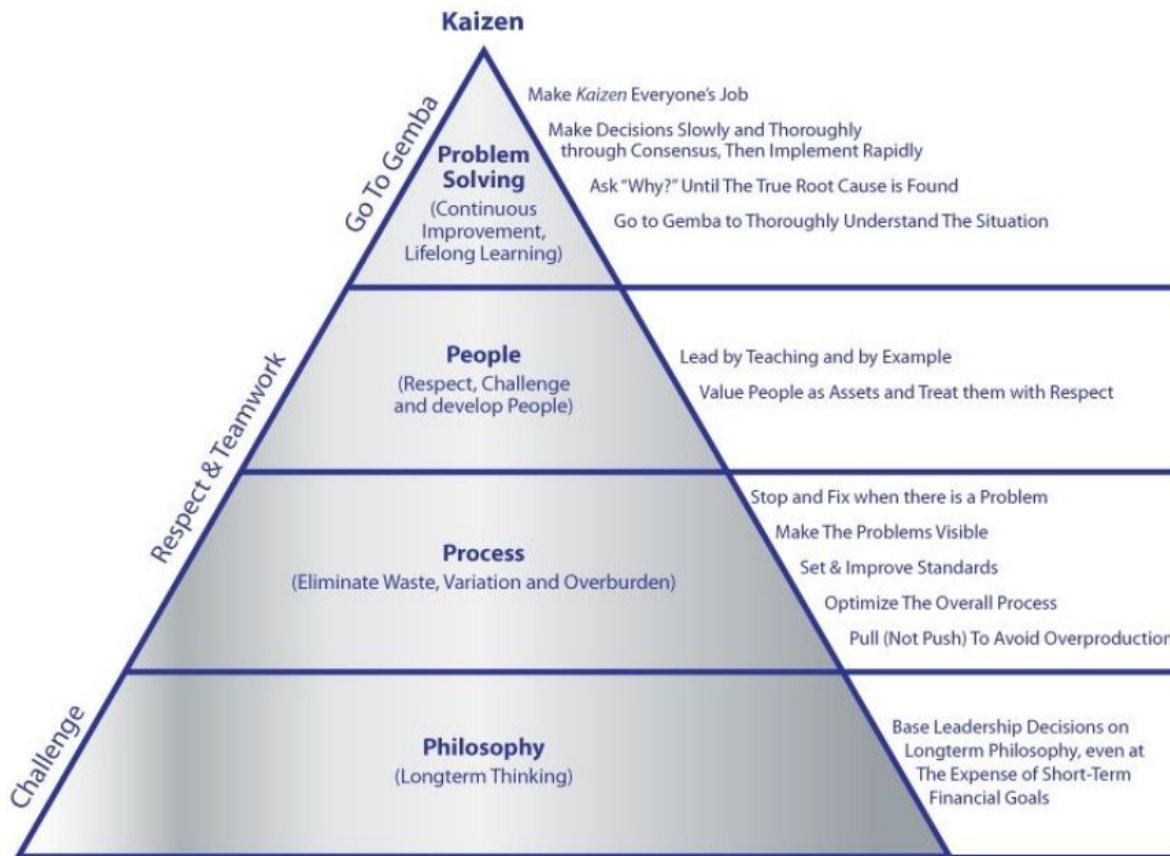


Figura 1: Pirámide 4P's sobre principios seis sigmas. Fuente: Modelo Toyota.

### 2.1.5 Estrategia Kaizen.

La estrategia de la mejora continua es considerada como *como una estrategia integrada, multifuncional de la compañía con el objetivo gradual de la mejora continua de la calidad de los productos y servicios tanto en la productividad como en la productividad con el involucramiento de los empleados* [16]. La estrategia *kaizen* es una alternativa a la estrategia de la innovación la cual es representada bajo la imagen de una sombrilla que resguarda la mayoría de los conceptos y prácticas típicas japonesas.

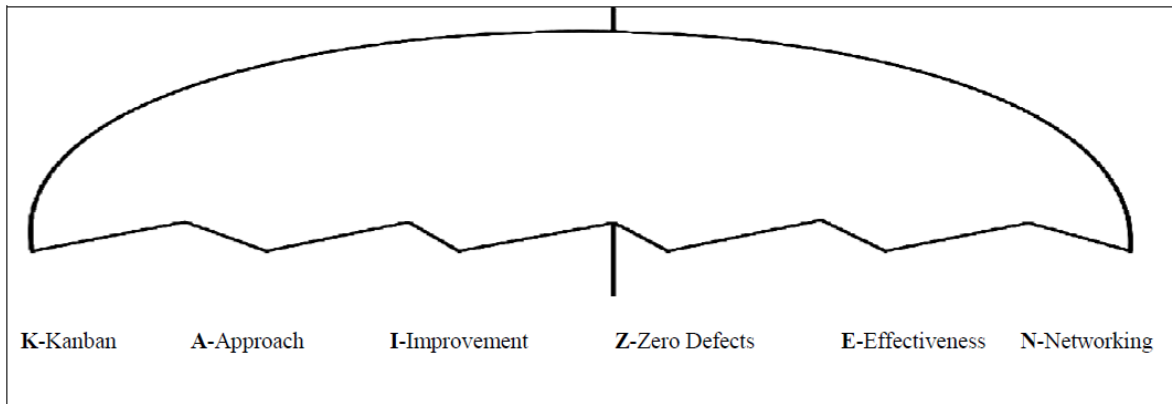


Figura 2: The Kaizen Umbrella and The Key Kaizen Practices. Fuente: <http://afr.kaizen.com>; Imai (1986)

Masaaki Imai [14] cree que este concepto de sombrilla contiene la mayor cantidad de conceptos y prácticas japonesas, las cuales se enlistan a continuación [17]

:

- Enfoque al cliente.
- Calidad como primer plano (*Quality first*).
- Datos justificados (Hablar con datos).
- Control de la variabilidad y prevención de la recurrencia.
- Justo a tiempo (*Just In Time JIT*).
- Cero defectos.
- Administración de la participación.
- Círculos de calidad.
- Metodología 3S, 5S y 6S.

### La llave de las prácticas *Kaize*.

Mentalidad y Cultura.	Procesos de Producción.
Orientación al Cliente.	Automatización t robótica.
Control de Calidad ( <i>Quality Control QC</i> ).	Autonomía.
Disciplina en el área de trabajo.	Mantenimiento Productivo Total ( <i>Total Productive Maintenance TPM</i> ).
Actividades en grupos pequeños.	Kamban
Relaciones cooperativas entre Administración-Trabajo.	Justo a Tiempo ( <i>Just In Time JIT</i> ).
Control Total de la Calidad ( <i>Total Quality Control</i> ).	Mejora de la Productividad.
Mejora de la Calidad.	Desarrollo de nuevos productos.
Sistema de Sugerencias.	Cero Defectos.

Tabla 1: The Kaizen Umbrella and The Key Kaizen Practices. Fuente: <http://afr.kaizen.com>; Imai (1986)

El secreto de la estrategia japonesa *kaizen* fue probablemente el enfoque al trabajador; considerado el factor principal del éxito de la organización. De acuerdo con Imai [14] los empleados han ayudado a adquirir y a alcanzar el nivel de “Conciencia *kaizen*”, es decir, entender la necesidad de la mejora continua. Las características principales de este método son: Esfuerzos y logros continuos para

mantener un cambio gradual y constante en el cual cada uno está envuelto y participa en la mejora continua de la calidad.

Esta metodología utiliza diferentes herramientas para apoyar en la mejora y optimización de procesos o servicios. Estas herramientas se describen a continuación:

### **1° Círculo de Deming (*Plan Do, Check, and Act PDCA*):**

Herramienta para mejorar la calidad de producto o servicio por medio de un circuito de 4 fases Planea, Hacer, Verificar y Actuar.

### **2° 5 Por qué (*5 WHY*).**

Método inventado por la compañía Toyota, es una herramienta utilizada para descubrir la causa raíz de un problema. De hecho, antes de descubrir el origen de la causa raíz de un problema se debe de preguntar 5 veces por qué.

### **3° 5M.**

Representa las 5 categorías reportadas por Ishikawa, subrayando todos los problemas relatados para el desarrollo de un **proceso** y manufactura de productos.

- *MEN*: Personas o empleados.
- *METHODS*: Métodos.
- *MATERIALS*: Materiales utilizados.
- *MACHINES*: Máquinas.
- *MEASUREMENTS*: Mediciones.

Es sabido que posteriormente ha sido considerada una nueva categoría como la 6M, medio ambiente (*Environment*).

### **4° Las 6S.**

El éxito por excelencia en el liderazgo de la administración de la calidad propuesto es propuesto por Masaaki son las siguientes:}

- Excelencia estratégica.
- Excelencia en estilo de liderazgo.
- Excelencia en el sistema de calidad.
- Excelencia profesional.
- Empleados excelentes.
- Pagos excelentes.

### **5° Sistemas de sugerencias de mejora.**

Es considerada como la técnica más simple usada en la estrategia de mejora continua. Este sistema envuelve la recolección de sugerencias para la mejora hechas por los miembros de la compañía y analizadas o evaluadas por los gerentes de los departamentos.

### **2.1.6 Value Stream Mapping**

Una de las herramientas más importantes que se debe aprender hablando de manufactura esbelta es el Mapa de Flujo de Valor o VSM (*Value Stream Mapping*), el cual ayuda a reducir y eliminar errores, desperdicios, pérdidas, tiempos de entrega, incrementa el valor agregado de los procesos productivos, etc.

Hoy en día la manufactura ha sido forzada a producir artículos de alta calidad conservando los precios a bajo costo. De acuerdo con los valores de la manufactura esbelta el VSM brinda la posibilidad de distinguir actividades de valor agregado y las organizaciones pueden llegar a ser capaces de mantener sus actividades sobre una larga carrera dentro de un mercado global [18].

El VSM es un conjunto de actividades de valor agregado las cuales son requeridas para entregar un producto al cliente, esto incluye desde la materia prima hasta la entrega del producto final. Esta estrategia tiene como objetivo la identificación de pérdidas a través de la cadena de valor y su eliminación, para ello debemos de hacernos la siguiente pregunta ¿Este paso agrega valor al producto final desde la perspectiva del cliente?

De esta forma podemos tener la siguiente clasificación de actividades [18]:

- Actividades de Valor Agregado.
- Actividades de Valor No agregado inevitables.
- Actividades de Valor no agregado.

Esta herramienta se debe de desarrollar en piso o en el área donde queramos analizar las actividades de valor agregado/no agregado con un equipo multidisciplinario con el fin de observar cómo se está desempeñando el proceso actualmente desde diferentes perspectivas [19].

- Se deben observar las ineficiencias y problemas en la generación completa de las entregas al cliente.
- Forma una visión básica de mejora y un plan que ayude a entender el flujo de puerta a puerta para ser implementado y optimizar costos.
- Conceptualiza estos talleres como proyectos de mejora continua.
- Entendimiento de cómo mejorar el desempeño de los diferentes niveles de la empresa.

#### **2.1.6.1 Pasos para la elaboración de un VSM.**

Para poder desarrollar un taller de mapa de flujo de valor debemos de seguir los siguientes pasos [19]:

1º Seleccionar un producto o familia de productos o servicio/familia de servicios.

2º Definir el “estado actual”, este provee la suficiente información para poder desarrollar el “Estado Futuro” del producto o servicio analizado. El estado actual es básicamente como se encuentra el proceso sin optimizaciones.

3º El estado futuro proyecta las mejoras en los proyectos partiendo del estado actual, este es simplemente el objetivo alcanzado por medio de una serie de acciones implementadas por medio de un “plan de acción”.

4º El paso final es la mejora del plan y la visión del proyecto que mejorarán costos, tiempos ciclos y la calidad del producto y/o servicio.

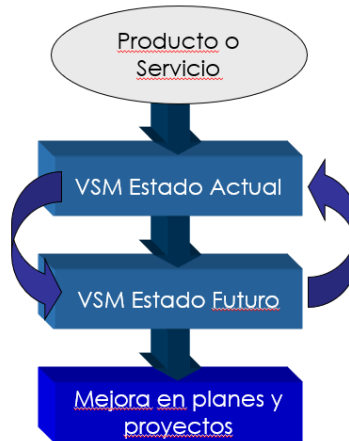


Figura 3: Pasos para la elaboración de un VSM. Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.6.2 Estado actual del VSM.

Antes de iniciar la recolección de datos se debe tener en cuenta los cálculos del tiempo tacto (*Takt Time*) y el tiempo ciclo (*Cycle Time*) y diferenciar uno de otro. La idea es sincronizar las piezas de producción con las piezas que el cliente requiera.

$$\text{Tiempo tacto} = \frac{\text{Tiempo de operación por turno}}{\text{Requerimientos del cliente por turno}}$$

Fórmula 1: Tiempo Tacto. Fuente: Manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

Para poder generar este cálculo debemos seguir los siguientes pasos [19]:

- 1º Determinar el total de los requerimientos del cliente.
- 2º Determinar el tiempo disponible para el proceso.

$$\text{Tiempo de ejecución programado} = \text{Minutos efectivos} - \text{Tiempos de paro programado}$$

Fórmula 2: Tiempo de Ejecución Programado. Fuente: Manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

$$\text{Minutos efectivos} = \text{Minutos por turno} - \text{Descansos programados}$$

Fórmula 3: Minutos Efectivos. Fuente: Manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

3° Calcular el tiempo tacto.

Una vez generados estos cálculos se procede a generar el mapeo de proceso de forma inversa, es decir, se genera desde el cliente o clientes finales, pasando por el flujo de proceso y de información, hasta llegar con el proveedor seleccionado dentro de este mapa. Es importante contemplar un material del proveedor seleccionado para ser analizado y buscar estas áreas de oportunidad.

Dentro del análisis del estado actual debemos de plasmar los siguientes componentes del VSM [19]:

- Nombre del análisis, fecha de elaboración y objetivo.
- Cliente, ubicación, tiempo tacto, puntos de carga, cantidad de entregas, turnos, trabajados, etc.
- Identificar los subprocesos, tiempo de arranque, tiempo muerto, tiempo ciclo, *scrap*, personas, etc.
- Proveedor, nombre, lugar, cantidad de entregas, unidades de embarque, frecuencia de entrega, etc.
- Flujo de información, datos electrónicos de cantidades requeridas, plataformas o ERP, etc.

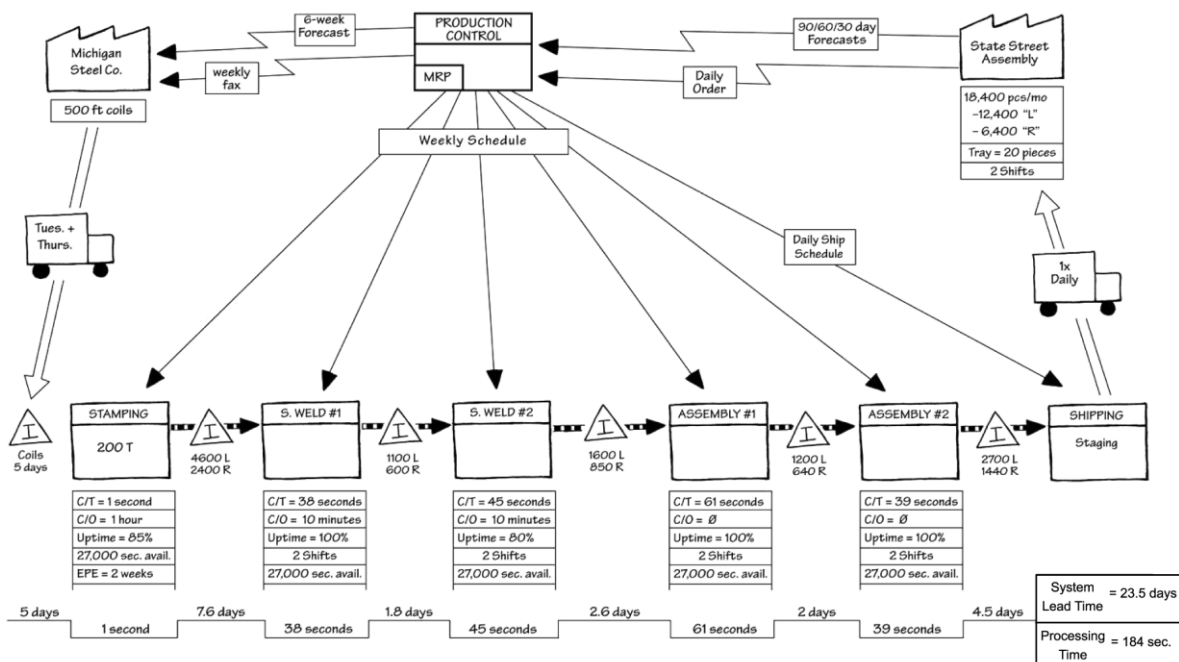


Figura 4: Mapa de Flujo de Valor estado actual. Fuente: Manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

### 2.1.6.3 Estado futuro del VSM.

En esta parte del análisis se deben de reafirmar y mejorar los diferentes componentes del flujo de proceso e información con el fin de aumentar el valor agregado de nuestros procesos, esto se puede hacer por medio de diferentes conceptos y herramientas que podemos aplicar para reducir costos y mejorar la eficiencia. Algunas de las herramientas que podemos utilizar son [19]:

- Orientación al tiempo tacto del cliente; calcular el tiempo disponible por día entre la demanda requerida del cliente por día.
- Flujo pieza a pieza: mantener un flujo continuo de producción en lugar de producir por lotes.
- Mantener un flujo de materiales primeras entradas, primeras salidas (*First in, First out FIFO*): identificar que lotes de material entraron primero al proceso para que estos sean los primeros en transformarse y venderse.
- *Kanban*: respetar el sistema “pull” o empujar que es disparado por los requerimientos del cliente.
- Marcapasos del proceso: diferenciarlo del cuello de botella e identificarlo como el disparador de las versiones de producción.
- Nivelación de la mezcla de producción.
- Control del cuello de botella: reducir o balancear el tiempo ciclo de este proceso para optimizarlo.
- Secuenciado de acuerdo con restricciones.
- Separar el flujo de producción y de materiales.
- *Layout* enfocado al flujo ideal.

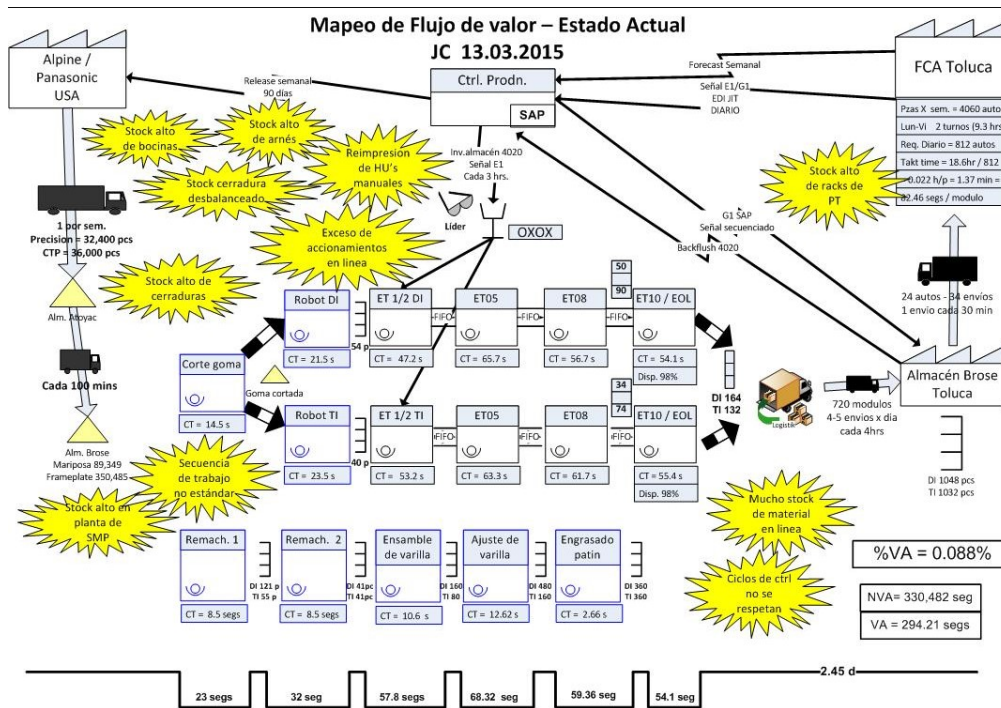


Figura 5: Mapa de Flujo de Valor Estado Futuro. Fuente: Manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

## 2.1.7 *Kanban* y tablero Nivelador.

### 2.1.7.1 Sistema de Jalar (*Pull*).

Pull es un elemento del sistema de producción justo a tiempo (*JIT*), cada proceso productivo solicita únicamente los materiales que necesita del proceso anterior. La información viaja al proceso anterior y sirve como instrucción para producción y retiro de materiales, el inventario se controla adecuadamente [19].



## Beneficios.

- Evita la sobreproducción y costos asociados con el inventario, almacenaje, etc. Sincronizando los procesos al ritmo de la demanda del cliente (*takt*).
- Facilita la administración visual de la producción.
- Alinea la producción con las necesidades reales del cliente.
- Provee autonomía al piso productivo (requiere poca administración)
- Promueven la mejora continua

### 2.1.7.2 Supermercados.

Es un inventario controlado y administrado cuyo tamaño es calculado para satisfacer la demanda del cliente trabajando al *takt time* y provee de material suficiente a los siguientes procesos.

Sistemas de jalar (pull) limitan la cantidad de inventario en proceso (WIP) a fin de controlar el tiempo de ciclo total y lead time. Generalmente está localizado cerca del proceso que lo fabrica y el material solo se puede retirar y/o reemplazar si hay una señal *kanban* que lo autorice [19].

Para establecer un supermercado es necesario determinar lo siguientes aspecto [19]:

- Tipo de supermercado
- La localización
- La cantidad correcta de cada parte que se mantendrá en él
- La cantidad de espacio necesario para cada parte
- ¿Cómo va a operar?
- Ruta de entrega y sistema de información

### 2.1.7.3 Tipos de Supermercado.

Dependiendo el tipo de material que se maneja en el proceso y a posición en la cadena de valor podemos encontrar 3 tipos de supermercados. Esta clasificación la podemos ver en la siguiente Tabla [19]:

	<b>Materia prima / Partes compradas</b>	<b>Material en proceso WIP)</b>	<b>Producto terminado</b>
<b>Posición en la cadena de valor</b>	<u>Materia Prima</u> Partes en la planta que no han sido procesadas <u>Partes compradas</u> Componentes listos para ensamble	Partes que hay entre procesos dentro de la planta	Partes que la planta ha completado Esperanto su embarque

Tabla 2: Posición en la Cadena de Valor. Fuente: Manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

#### 2.1.7.4 Ubicación y Cantidades para un Supermercado.

Para poder definir correctamente las cantidades dentro de un supermercado se debe calcular correctamente el “*Loop Size*”. Para ello debemos definir los siguientes conceptos [19]:

- **Inventario Ciclo:** Cantidad requerida para cubrir demanda normal.
  - Demanda promedio.
  - Tiempo para reemplazo.
- **Buffer Stock:** Cantidad requerida para cubrir la variación de la demanda.
  - Volatilidad de la demanda.
  - Errores de pronóstico en la planeación de los requerimientos de materiales (*Material Resource Planning MRP*).
- **Inventario de Seguridad:** Cantidad requerida para cubrir pérdidas.
  - Pérdidas por tiempo muerto.
  - Pérdidas por calidad.

Si se quiere contar con una ubicación adecuada de supermercados dentro de las instalaciones se debe de cerca del final del proceso productivo para mantener el control visual. Es importante conocer los siguientes datos [19]:

1. Identificación de las interrupciones de flujo.
  - Inventarios existentes.
  - Cambios en el proceso.
  - Ubicación del proceso marcapasos.
  - Cuellos de botella.
2. Número de procesos de proveedores contra número de procesos de consumidores.
3. Distancia, disponibilidad de espacio y método de transporte.
4. Proveedores internos o externos.

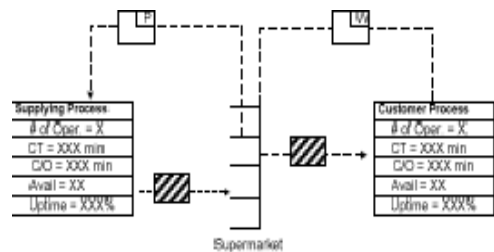


Figura 6: Inventarios de seguridad y tarjetas *kanban*. Fuente: Manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

#### 2.1.7.5 Cálculo del inventario máximo y el tamaño del supermercado.

El inventario máximo es el inventario utilizado para pronosticar la demanda de la producción y es capaz de absorber las variaciones de la demanda del cliente. Es necesario seguir la siguiente metodología para el cálculo correcto del *loop size* [19]:

1. Determinar el tiempo de entrega (*Lead Time*) de proceso de cada pieza.
2. Calcule la demanda promedio (suma de la demanda en semanas entre las semanas proyectadas).
3. Calcular la demanda diaria (Demanda promedio entre los días hábiles de producción a la semana).
4. Calcular la desviación estándar de la serie de datos. Determine los niveles de sigma para la confiabilidad (1 sigma = 68%, 1.5 sigma = 93%, 3 sigma = 99%).
5. Obtener el porcentaje de variación de la demanda (divida la desviación estándar entre la demanda semana promedio).
6. Calcular el stock ciclo (multiplicar el lead time por la demanda diaria).
7. Calcular el buffer stock (porcentaje de variación de la demanda multiplicada por el stock ciclo).
8. Calcular el stock de seguridad (porcentaje de eficiencia interna que multiplica la suma del stock ciclo y el *buffer stock*).
9. Calcular el *loop size* o inventario máximo.

$$\text{Loop Size} = \text{Stock Ciclo} + \text{Buffer Stock} + \text{Stock de seguridad}$$

10. Si el estándar de los bultos, paquetes u otra presentación de materiales, dividir el *loop size* entre el estándar del contenedor para obtener el número de contenedores en el *loop*.

También es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones para el cálculo del tamaño del inventario máximo [19]:

- Uso diario.
- Tamaño del embarque (cantidad de días).
- Historia de calidad el proveedor.
- Confiabilidad del método de transporte.
- Distancia física del proveedor.
- Capacidad del proceso.
- Variación de la demanda.

#### **2.1.7.6 Aplicación de *kanban*.**

El *kanban* es un término japonés que podemos traducir como “señal” la cual es disparada por el consumo real y le indica al proceso previo que producir, cuando producirlo y cuanto producir [19].

En el contexto de producción representa un sistema de control de producción visual que indica una necesidad de producción. *kanban* aunado al sistema de producción “jalar”, programación nivelada, proceso con flujo e inventario controlado provoca la producción Justo a Tiempo (JIT).

El *kanban* puede tomar diferentes formas en su representación física, algunos ejemplos son los siguientes:

- Contenedor vacío.
- Tarjeta.
- Espacio en piso designado o ubicación.
- Luces.
- Señales electrónicas o mensajes de computadora.

## Reglas del *kanban* y supermercados de producto terminado.

- Las operaciones posteriores retiran materiales de las operaciones previas.
- Las operaciones previas solo producen lo que ha sido retirado.
- Enviar solo 100% de materiales libres de defectos a los procesos posteriores.
- Siempre trate de eliminar la variación en el flujo de diversos procesos y operaciones.
- Reglas de *kanban pull*, movimiento, y cantidad a almacenar varían por clasificación de la parte (clasificación A, B, C, & D por costo y frecuencia de uso).
- Una premisa clave es que las autorizaciones de reemplazo de materiales se basen en alguna forma de *kanban*.
- Las reglas de reposición del material son las mismas para la planta y los proveedores.
- Los supermercados no se usan para partes A.
- Primero determine cuáles (si hay alguno) productos terminados guardar.
- El almacenaje de producto terminado no es necesario si la planta tiene la capacidad y confiabilidad para cumplir los requerimientos de variación del cliente dentro del tiempo de respuesta.

El cálculo del inventario de producto terminado es la suma de 3 componentes:

- Inventario de ciclo, *Buffer Stock* e inventario de seguridad
- Inventario de ciclo = (demanda diaria promedio x tiempo de reposición en días)
- Buffer stock = variación de demanda como % del inventario de ciclo (use algún nivel de desviación estándar sobre el porcentaje)

Inventario de seguridad = factor de seguridad como un % de Inventario de ciclo + *buffer stock*.  
Basado en el análisis de confiabilidad y capacidad.

El propósito del *kanban* es proveer un estatus visual del programa de producción y el nivel de inventario con que cuenta la cadena de valor.

							Plan de Producción	Embarque
Producto A	A	A	A	A	A		C	A
Producto B	B	B	B				C	B
Producto C	C						C	B
							B	C
								C

Figura 7: Tablero nivelador *Heijunka*. Fuente: manual de entrenamiento BPS Light Brose Puebla 2019.

## 2.2 Industria 4.0.

A diferencia de las 3 revoluciones industriales anteriores, el centro de la industria 4.0 es la alta implementación de los sistemas -físico-cibernéticos usados en la combinación de ciberespacios,

sistemas virtuales y tecnologías de la comunicación para transformar la industria manufacturera en industria inteligente [20].

Con el rápido desarrollo de la industria china manufacturera, la industria 4.0 tiene un buen valor de aplicación en la industria manufacturera global. Es por ello que en mayo de 2015 China puso en marcha el documento estratégico “made in China 2025” para promover la implementación del poder de la manufactura y llegar a ser un factor influenciante en la manufactura [21].

La aplicación de la industria 4.0 en la maquinaria de la industria manufacturera es el uso de sistemas de comunicación y sistemas de ciberespacio para realizar la automatización de los procesos de manufactura. Des pues es combinada con el sistema físico para hacer una mecanización moderna de la manufactura actual que gradualmente tiende a la mecatrónica y la inteligencia artificial [22].

### **2.3 Digitalización y sistema de ejecución de manufactura (*Manufacturing Execution System MES*).**

Con el objetivo de poder implementar y aplicar de forma adecuada las herramientas de manufactura esbelta y mejora continua se decide indagar en cada una de ellas para entender su origen, funcionamiento o aplicación, así como las áreas en las que se pueden implementar teniendo resultados tangibles en un periodo de tiempo establecido. De esta forma cumplir con las metas establecidas en la empresa como son la mejora de la eficiencia, el control de procesos, evaluación del desempeño de una línea de producción, encontrar áreas de oportunidad y mantener una mejora constante con el fin de poder generar ingresos, reducir costos y generar un bien común en el lugar de trabajo.

La aplicación de las tecnologías de información y los principios “*Lean*” han sido vistos por mucho tiempo como mutuamente exclusivos, pero ambos acercamientos son llamados a ser más y más interdependientes y complementarios [23]. La información de producción en tiempo real es crucial para la toma de importantes decisiones de negocios. Un Sistema de Ejecución de Manufactura (*MES*) puede proveer soporte necesario, puede ser el disparador, puede alimentar o validar la toma de decisiones “*lean*” facilitando información valiosa, adicionalmente *MES* puede mantener procesos de mejora reforzando el trabajo estándar, sin embargo, esto solo es posible cuando *MES* es alineado a los objetivos. [23]. El proceso de *MES* debe estar incluido en el ciclo de mejora continua para prevenir que este llegue a ser obsoleto [23].

El marco de la administración de operaciones de manufactura provisto por ISA 95 es creado para proveer los componentes necesarios para identificar y estructurar este alineamiento [23].

### III DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.

#### 3.1 Elaboración y digitalización de auditorías.

##### 3.1.1 Reunión de apertura.

Durante esta junta de apertura se plantea la importancia de la mejora continua en diferentes niveles de la organización, se propone reforzar algunas herramientas de mejora entre ellas las 5S, el mapa de flujo de valor (VSM) y las señales de reposición por medio del *kanban* y tableros niveladores.

Por solicitud de la gerencia y utilizando las plataformas internas para la digitalización de procesos e indicadores se requiere que las auditorías 5S se digitalicen con el fin de tener un mayor control en su ejecución y en las acciones que se generan al obtener una evaluación de cada área auditada.

En el desarrollo de esta reunión se propone un primer cronograma de actividades para la realización de la primera parte del proyecto:

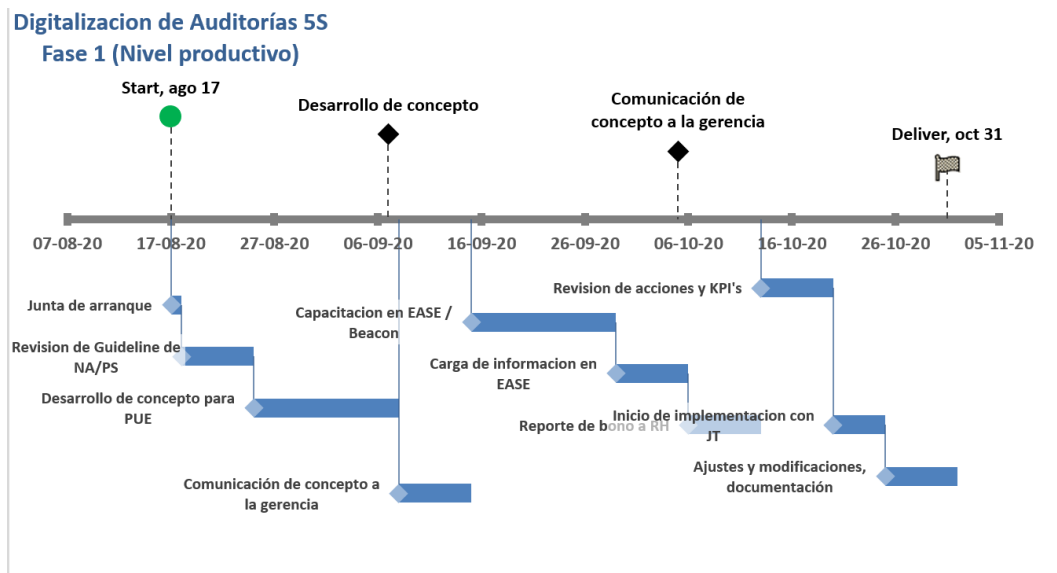


Figura 8: Roadmap proyecto digitalización de auditorías. Fuente: Elaboración propia.

Adicional se plantea aplicar otras herramientas a nuevos proyectos y se inicia la delimitación de la primera parte del proyecto únicamente aplicando esta digitalización al nivel de áreas productivas, posteriormente se plantea la posibilidad de implementar esta digitalización en áreas administrativas y zonas indirectas.

### 3.1.2 Revisión de “Guidline” o lineamientos de herramientas.

Posteriormente de esta primera reunión de arranque se tuvo una junta con los representantes del grupo a nivel Norte América; con el fin de poder alinear los estándares y documentación con el sistema de producción Brose en el área de Norteamérica (NAFTA).

El objetivo principal de la revisión de estos lineamientos es definir el uso, proceso e implementación del sistema 5S a nivel regional. Complementado este objetivo las 5S deben proveer un ambiente de higiene y seguridad para todos los empleados promocionando y manteniendo un lugar de trabajo limpio y ordenado.

Dentro de estos lineamientos se describen los siguientes aspectos:

- 5 niveles de aplicación de esta herramienta.
- Roles y actividades del gerente de planta.
- Roles y actividades del líder de la herramienta 5S.
- Campeón o representante de las zonas 5S.
- Niveles de auditoría.
- *Check list* de preguntas por nivel de auditoría.







Planning phase	Normal Conditions	Reaction plan
- Training waves - 5S Plant Leader - 5S sub areas definition + Champion of the area - Pilot area for a clear future vision		
<b>1S</b> Sort & Simplify Sort out all non-essentials objects.		Red Tag Event
<b>2S</b> Set in Order Everything has its place.		Delimitation areas Labeling
<b>3S</b> Shine & Sweep Cleaning is inspection		Aids normal conditions
<b>4S</b> Standardize Standards reduce search time		Personalize checklist due to top finding Cleaning schedules
<b>5S</b> Sustain & Self-Discipline Develop yourself and your team, maintain the system and measure the efficiency.		Test reaction plan

Figura 9: Lineamientos 5S. Fuentes: Departamento de mejora continua Brose Norte América

### 3.1.3 Desarrollo del concepto para la planta de Puebla.

Este proyecto se implementará en tres niveles dentro de la empresa:

Level	Name	Description	5S Checklist
Level 1	Management team	WL and managers	5S Checklist Lv1
Level 2	Indirect employees	PTM's, IE, QE, LO Planner	5S Checklist Lv2
Level 3	Direct employees	Supervisors, Line leaders, operators	5S Checklist Lv3

Tabla 3: Niveles de implementación de proyecto. Fuente: Elaboración propia.

La primera parte del desarrollo es la definición de las áreas a auditar dentro del *layout* de la empresa con el fin de asignarles un código, nombre a la zona y representante o “*champion*” de las áreas a auditar. Esto se realiza a nivel tres de la empresa, es decir, las líneas de producción o áreas productivas de la planta:

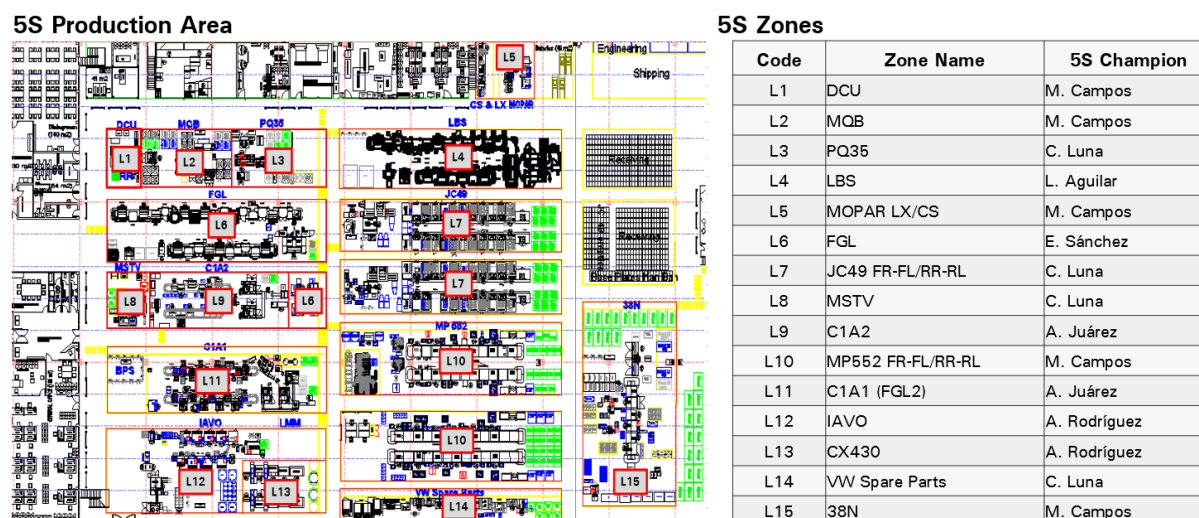


Figura 10: *Layout* de áreas 5S. Fuente: Elaboración propia.

Una vez que las áreas han sido codificadas, nombradas y se les han asignado un representante, la segunda fase es la elaboración del formato de responsables de área, así como las tareas que deben cumplir como “*champions*” o responsables del área a auditar.

Las responsabilidades que debe de tomar el representante de cada área se definieron en la región *NAFTA* con el fin de tener un estándar en las diferentes plantas de la región de Norteamérica. A continuación, se enlistan cada una de ellas:

- Establecer un cronograma de limpieza con actividades claras, frecuencia y responsabilidad para llevar a cabo las medidas de corrección.
- Verificar la ejecución del programa de limpieza en tiempo.
- Realizar auditorías de verificación cruzada en otras zonas.
- Revisar cada hallazgo del proceso de evaluación y, cuando sea necesario, mostrar evidencia de la acción correctiva.



- Asegurar la disponibilidad de los suministros 5S para el área y escalar si se requieren suministros o faltan.
- Revisar y escalar todos los hallazgos que retrasen la ejecución adecuada del proceso 5S.

<p><b>Responsable 5S L2 MQB</b>  <b>Nombre: Miguel Campos</b>  <b>Deputy: Carlos Luna</b></p>	<p><b>Ext. 1304</b>  <b>Ext. 1304</b></p>	<p><b>Responsable 5S L3 PQ35</b>  <b>Nombre: Carlos Luna</b>  <b>Deputy: Miguel Campos</b></p>	<p><b>Ext. 1304</b>  <b>Ext. 1304</b></p>
---	---	--	---

 <p><b>Responsabilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Establecer un cronograma de limpieza con actividades claras, frecuencia y responsabilidad para llevar a cabo las medidas de corrección.</li> <li>▪ Verificar la ejecución del programa de limpieza en tiempo.</li> <li>▪ Realizar auditorías de verificación cruzada en otras zonas.</li> <li>▪ Revisar cada hallazgo del proceso de evaluación y, cuando sea necesario, mostrar evidencia de la acción correctiva.</li> <li>▪ Asegurar la disponibilidad de los suministros 5S para el área y escalar si se requieren suministros o faltan.</li> <li>▪ Revisar y escalar todos los hallazgos que retrasen la ejecución adecuada del proceso 5S.</li> </ul>	 <p><b>Responsabilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Establecer un cronograma de limpieza con actividades claras, frecuencia y responsabilidad para llevar a cabo las medidas de corrección.</li> <li>▪ Verificar la ejecución del programa de limpieza en tiempo.</li> <li>▪ Realizar auditorías de verificación cruzada en otras zonas.</li> <li>▪ Revisar cada hallazgo del proceso de evaluación y, cuando sea necesario, mostrar evidencia de la acción correctiva.</li> <li>▪ Asegurar la disponibilidad de los suministros 5S para el área y escalar si se requieren suministros o faltan.</li> <li>▪ Revisar y escalar todos los hallazgos que retrasen la ejecución adecuada del proceso 5S.</li> </ul>
---	--

Figura 11: Responsables de las áreas 5S. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4 Estandarización de cuestionario para auditorías.

Con el fin de poder utilizar una forma de evaluación de desempeño en las áreas identificadas en cada planta del grupo, se tuvo una reunión virtual a nivel región Norteamérica en la cual se seleccionaron qué tipo de aspectos serían evaluados por los auditores en cada una de las zonas identificadas. Es por ello por lo que se tomó la decisión de generar tres preguntas por cada “S” con el fin de poder generar una evaluación numérica del desempeño de cada zona. Para que la evaluación se realizara sin complicaciones las respuestas a cada pregunta se generaron dentro de un esquema simple donde la característica es aprobatoria, no aprobatoria o en algunos casos no aplica.

En la siguiente tabla se muestran los segmentos o “S” a la que corresponde cada pregunta, así como una descripción de qué enfoque tiene la pregunta a realiza. En la tabla se muestran las preguntas que estarán dentro de esta auditoría.

Segmento	Descripción
1S Seleccionar	Material o Piezas
1S Seleccionar	Máquinas o equipo
1S Seleccionar	Documentación / Control visual
2S Ordenar	Layout
2S Ordenar	Artículos
2S Ordenar	Condiciones Normales Min – Max
3S Limpiar	Piso y máquinas
3S Limpiar	Delimitaciones
3S Limpiar	Artículos de limpieza
4S Estandarizar	PQCL Dashboard
4S Estandarizar	Lugares estandarizados
4S Estandarizar	Disponibilidad de herramientas
5S Sostener	Resultados 5S
5S Sostener	Progreso 5S
5S Sostener	Conocimiento 5S

Tabla4: Descripción de segmentos cuestionario 5S Nivel 1. Fuente: Elaboración propia.

Preguntas.
¿El inventario o WIP incluye materias o piezas innecesarias? (partes fuera de las cantidades definidas)
¿Cuántas cosas innecesarias o dañadas hay en la zona? (Equipo, herramientas, medidores, furniture)
¿Hay papeleo obsoleto o innecesario en el área de trabajo?
¿Los estantes y/o áreas de almacenamiento y bastidores están marcados y seguidos según el diseño?
¿Cuántas herramientas y materiales necesarios no están presentes y dispuestos en tableros de herramientas, cajones o lugares definidos en el trabajo?
¿Se publican las condiciones normales (mínimo y máximo, etiqueta de las piezas) en el área?
¿Está limpia el área (incluidas las máquinas) - libre de polvo, exceso de grasa, virutas o rebabas?
¿Están en buen estado las delimitaciones de suelo pintado?
¿Los suministros de limpieza tienen una ubicación / etiquetada en la zona?
¿Están presentes y actualizados los indicadores de rendimiento importantes en el área de trabajo? ¿Por quién / Frecuencia?
¿Las ubicaciones de materiales y herramientas están estandarizadas en todos los procesos similares en el área?
¿Pueden las cosas que necesita el operador ubicarse rápidamente - en menos de 30 segundos (fácil de conseguir - fácil de devolver)?
¿Hay cosas innecesarias sin etiquetas rojas o rojas atrasadas?
¿Se están haciendo progresos mensualmente en los puntajes de la Auditoría 5S en el área?
¿Los miembros del equipo están al tanto del 5S? (Qué / Por qué / Cuándo)

Tabla 5: Cuestionario 5S Nivel 1. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.5 Entrenamiento y digitalización de auditorías.

Una vez que se han acordado los puntos a evaluar, el tipo de preguntas a ejecutar, las áreas a auditar y el grupo de auditores, se procede a migrar el cuestionario a la plataforma utilizada por la empresa para el proceso.

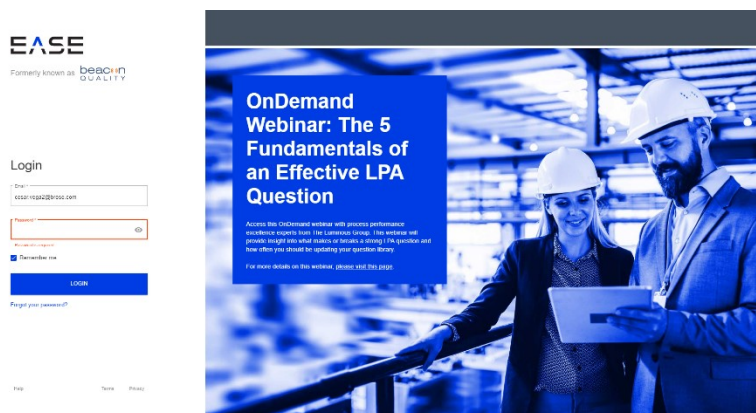


Figura 12: Plataforma EASE. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

Dentro de esta plataforma se estableció el parámetro de los cuestionarios de acuerdo segmentos, descripciones y tipos de preguntas para el nivel dos de auditorías, posteriormente se evaluará implementar estas auditorías a nivel dos y nivel tres de la organización.

Como se mostró en la tabla se segmentaron las preguntas en cinco bloques de acuerdo con cada S correspondiente a la herramienta de mejora continua, posteriormente por cada bloque se realizaron tres preguntas de la siguiente forma:

- Asignar grupo o segmento.
- Ingresar pregunta.
- Otorgar título o descripción de la pregunta.
- Señalar la razón de la pregunta.
- Indicar plan de reacción.
- Asignar etiquetas.
- Delimitar alcance.
- Seleccionar la opción de puntaje como tipo de respuesta.

- i) Delimitar máximo y mínimo de puntaje.
- j) Habilitar apartado de evidencias para los hallazgos de las auditorías.

Puesto que esta plataforma ya se ha utilizado anteriormente por el grupo de auditores no fue necesario brindarles un entrenamiento para su utilización y elaboración de auditorías, por este motivo se procede a la parametrización de áreas a auditar y a la asignación de auditorías cruzadas a los responsables de estas.

### 3.1.6 Elaboración y asignación de Auditorías Cruzadas.

Como se mencionó en el punto anterior una vez establecido el parámetro en el cuestionario de auditorías procedemos a realizar un rol de auditorías cruzadas para que los encargados de cada área puedan realizar el cuestionario de evaluación y obtener una nota.

De acuerdo con la semana, las zonas, los turnos, grupos y responsables se generaron los datos de la siguiente tabla con el rol de auditorías cruzadas:

Sem	Linea	Turno	Grupo	Jefe de turno	L	M	M	J	V	S	D
					19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct
43	C1A_2	1ER TURNO	A	ANDRES JUAREZ	Miguel						
	C1A_2	2DO TURNO	C	EMILIO SANCHEZ	Carlos						
	CX430	1ER TURNO	B	ADRIANA RODRIGUEZ	Miguel						
	IAVO	1ER TURNO	A	ADRIANA RODRIGUEZ	Miguel						
	FGL	1ER TURNO	J	ANDRES JUAREZ	Miguel						
	FGL	2DO TURNO	I	EMILIO SANCHEZ	Carlos						
	LBS	2DO TURNO	M	LUIS AGUILAR	Carlos						
	JNF	2DO TURNO	E	CARLOS LUNA	Emilio						
	JC49	1ER TURNO	D	MIGUEL CAMPOS	Adriana						
	JC49	2DO TURNO	E	CARLOS LUNA	Luis						
	MP552	2DO TURNO	E	CARLOS LUNA	Luis						
	MP552	1ER TURNO	D	MIGUEL CAMPOS	Adriana						
	Freightliner	1ER TURNO	H	MIGUEL CAMPOS	Adriana						
	Freightliner	2DO TURNO	M	CARLOS LUNA	Luis						
	MQB	1ER TURNO	F	MIGUEL CAMPOS	Adriana						
	PQ35	2DO TURNO	L	CARLOS LUNA	Emilio						
	MQB	2DO TURNO	L	CARLOS LUNA	Emilio						
	BMW	1ER TURNO	E	MIGUEL CAMPOS	Andres						
	Refacciones	1ER TURNO	H	MIGUEL CAMPOS	Andres						
	MSTV	1ER TURNO	H	MIGUEL CAMPOS	Andres						
MSTV	2DO TURNO	H	CARLOS LUNA	Emilio							
MOPAR	1ER TURNO	D	MIGUEL CAMPOS	Andres							

Tabla 6: Rol de auditorías cruzadas Nivel 1. Fuente: Elaboración propia.

El grupo de auditores tiene un plazo de siete días para poder realizar esta auditoría. Ya identificados los auditores y sus zonas asignadas procedemos a agendar la auditoría en la plataforma. Para ello se siguieron los siguientes pasos:

a) Entrar a la plataforma *EASE*.

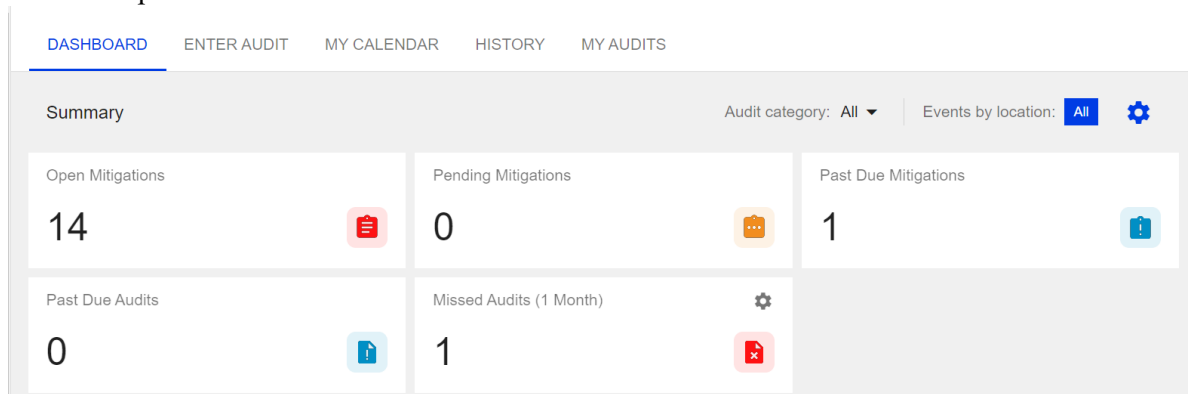


Figura 12: Inicio plataforma *EASE*. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

b) Asignar nueva auditoría.

**Showing all Active 5S Audit Documents** ⓘ

**October 22, 2020 – November 22, 2020**

	Oct 2020																	
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
📄 5S Checklist L2   PUE			24															

Figura 13: Asignación de auditorías. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

c) Seleccionar la zona a evaluar.

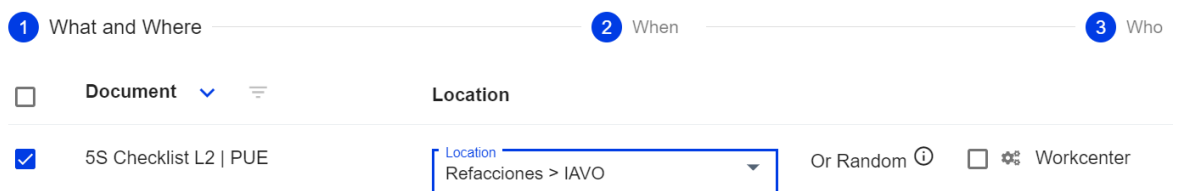


Figura 14: Zonas seleccionadas para auditoría. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

d) Delimitamos el tiempo de ejecución a siete días y asignamos dos días más de tolerancia.

## ← Assign Audits

1 What and Where ————— 2 When

Due Date \*  
10/24/2020

Repeat  
Never

Start Window \*  
7

Grace Period  
2

Figura 15: Selección de parámetros de tiempo para auditorías. Fuente <https://beacon.easeinc.com/home>

e) Seleccionar al auditor y salvar tarea,

1 What and Where ————— 2 When ————— 3 Who

Search user names, e-mails...

<input type="checkbox"/>	Name	Layer	Shift	Department	Plant
<input checked="" type="checkbox"/>	Abimael Demetrio	PUE - N2	Mixto	Logística	PUE - Puebla
<input type="checkbox"/>	Adrian Baez	PUE - N2	Mixto	Calidad	PUE - Puebla
<input type="checkbox"/>	Adriana Paredes	PUE - N2	Mixto	Calidad	PUE - Puebla

CANCEL ← BACK NEXT → SAVE

Figura 16: Banco de auditores. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

### 3.1.7 Hallazgos y elaboración de indicadores.

Durante la ejecución de las auditorías por medio de esta plataforma se ha tenido buena aceptación por parte del personal realizándose dentro del tiempo planeado, en el área solicitada y con las preguntas dirigidas en cada una de las 5S. Adicional a esto se ha remarcado la importancia del orden y limpieza dentro de las zonas productivas no solo para hacer énfasis en la seguridad de las personas, sino también para denotar un control y mantenimiento correcto de los estándares que se manejan dentro de la empresa.

Cada vez que se realiza una auditoría y se genera una no conformidad, esta puede ser llevada dentro del programa para tener una trazabilidad de los hallazgos, de esta forma podemos mantener un mayor control de todas las acciones que se generan por desviaciones en los estándares de orden y limpieza.

Estas acciones deben de ser cerradas a la brevedad con el fin de evitar que sean detectadas con frecuencia y que estas zonas tengan una calificación de desempeño aceptable (mayor a 8.5 puntos), dentro de cada acción abierta podemos encontrar la zona del hallazgo, la segmentación del cuestionario, la pregunta en la cual hubo una no conformidad, la persona responsable de cerrar la acción, así como el tiempo límite para subir evidencia de la corrección y poder cerrar el tema.

Cada miércoles durante la junta de departamento se dan a conocer los indicadores de desempeño de las auditorias, así como el nivel de cumplimiento de estas, las zonas donde se han tenido mayores hallazgos y las preguntas o segmentos que tiene mayor recurrencia con respecto a no conformidades.

Estos indicadores son llevados de forma interna, es decir, únicamente la planta de Puebla lleva estos indicadores ya que por el momento no se tiene una directriz por parte de *BNA* para un conjunta de kpi's o indicadores claves de desempeño. Por el momento se lleva a cabo el seguimiento de estas acciones

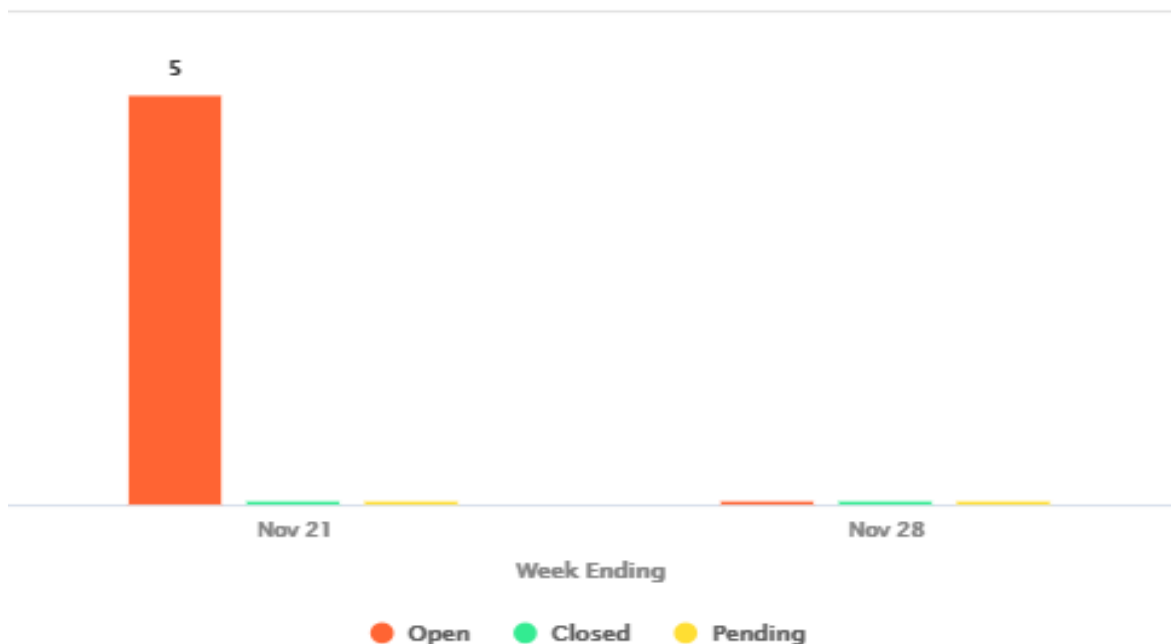


Figura 17: Estatus de acciones abierta por auditorias. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

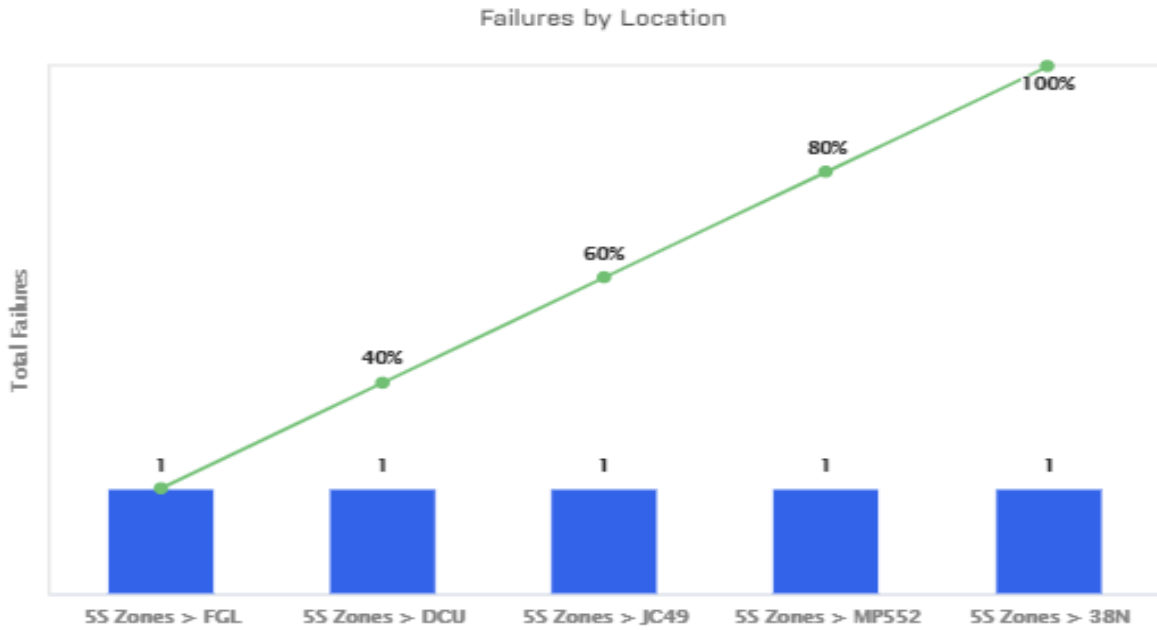


Figura 18: Fallas encontradas por zona. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

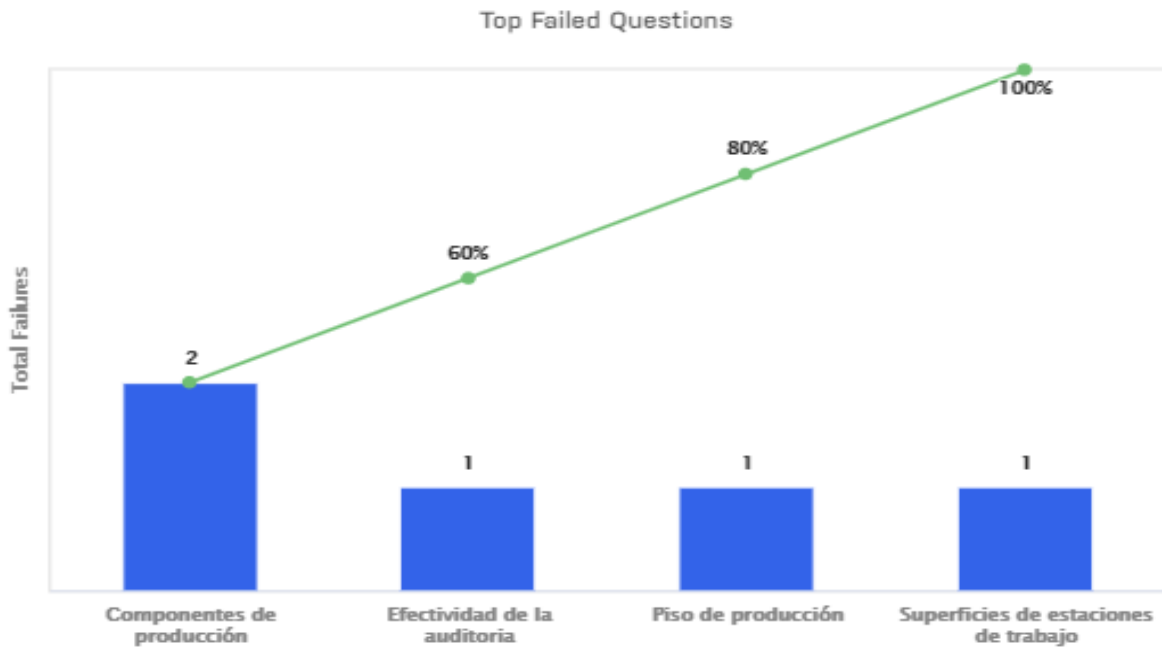


Figura 19: Top de fallas. Fuente: <https://beacon.easeinc.com/home>

Adicional a esto cada semana se envía un correo con la lista de acciones abiertas y los responsables, esto con el fin de no tener acciones atrasadas o fuera de tiempo y verificar el cumplimiento de las acciones correctivas.

### **3.1.8 Sigüientes pasos.**

Como se comentó al inicio, este proyecto, una vez completada esta fase de implementación a nivel 1 de la organización procederemos a realizar al nivel dos; el cual abarcará a los responsables de las líneas de producción y los líderes de equipo o unidad de negocios. Por último, se habilitará a nivel tres o gerencial para el cual se contempla la participación del gerente de producción, el gerente de calidad, el gerente de logística, el coordinador de mejora continua y el manager de la empresa.

## **3.2 Implementación de *kanban* componentes engrasados.**

### **3.2.1 Talleres *kanban* para stock de materiales engrasados.**

Este taller se lleva a cabo en una línea de producción en la cual el ensamble final consta de varios componentes que antes de ser ensamblados deben pasar por un proceso de aplicación de grasa para su correcto funcionamiento. De lo contrario se vería comprometido el funcionamiento del ensamble y generaría un descontento con el cliente final.

El objetivo de estos talleres dentro de la línea de producción seleccionada es el control y generación de señales para la reposición de los materiales consumidos en la línea de producción, de esta forma generar un tablero nivelador (*heijunka*) que permita a los operadores observar el consumo de los materiales asignados a nuestra matriz de engrasado de acuerdo con su clasificación y poder generar un plan de trabajo en tiempo real para reponer el material consumido. Esta clasificación general de materiales la tenemos definida en tres grupos:

- Alto consumo.
- Medio consumo
- Bajo consumo.

### **3.2.2 Identificación de material y junta de apertura.**

Con el fin de tener un control del inventario de componentes engrasados y poder absorber la demanda del cliente sin desabastecer nuestro inventario de materiales y comprometer la producción, se inicia la reunión de apertura de este taller con el representante del departamento de calidad, el encargado de la línea de producción, el supervisor y líder de línea.

Dentro de esta reunión se estable el objetivo de generar un *kanban* de materiales y establecer el tipo de señal visual que se utilizará para mantener bajo control, así como un breve entrenamiento sobre el objetivo, aplicación y alcance de esta herramienta.

Posteriormente se identifican los cuarenta y dos componentes que se deben parametrizar para poder iniciar con el cálculo de materiales a engrasar. Para ello se identificaron 42 diferentes tipos de materiales que se utilizan en las versiones de fabricación dentro de la línea.

### **3.2.3 Parametrización de matriz *kanban* para engrasado de materiales.**

Para esta parte del taller se debió de identificar los diferentes estándares de empaque que maneja cada número de parte y de esta forma se inició con el cálculo de los sigüientes parámetros. Esta información es relevante para poder calcular los tiempos de reemplazo de los materiales consumidos durante el proceso de ensamble. De acuerdo con estos tiempos y la capacidad de nuestra máquina para engrasar material la cual llamaremos tómbola obtendremos los sigüientes datos.



<b>Piezas por Hora.</b>
<b>Segundos por pieza.</b>
<b>Piezas por carga de tómbola</b>
<b>Tiempo de producción (multiplicar por todos los materiales que se producen en ese proceso en minutos)</b>
<b>Tiempos cambio de modelo (min)</b>
<b>Tiempos de espera (min)</b>
<b>Tiempo de surtimiento (min)</b>
<b>Minutos disponibles por día</b>
<b>Tiempo de reemplazo</b>

Tabla 7: Parámetros del cálculo de piezas por hora. Fuente; Elaboración propia.

Una vez obtenido el tiempo de reemplazo de materiales procedemos a identificar la cantidad de componentes de cada número de parte de nuestra matriz, indicadores tales como la productividad de la línea, disponibilidad y nivel de calidad para tener un cálculo más exacto por la capacidad productiva de la línea de producción. De lo contrario las horas de alcance no serían precisas y podríamos correr el riesgo de tener falta de material engrasado.

<b>Demanda diaria.</b>
<b>Piezas por ensamble.</b>
<b>Ciclos de engrasado</b>
<b>Producción piezas por hora</b>
<b>Tiempo de reemplazo en días (incluir tiempos de espera y de surtimiento)</b>
<b>Piezas x contenedor</b>
<b>Disponibilidad</b>
<b>Calidad</b>
<b>Productividad</b>
<b>Factor de seguridad (%)</b>
<b>Stock ciclo</b>
<b>Stock de seguridad</b>
<b>Numero de <i>kanban</i> para inventario</b>
<b>Numero de <i>kanban</i> redondeo</b>
<b>Tiempo de alcance (horas)</b>

Tabla 8: Parámetros para el cálculo de disponibilidad. Fuente; Elaboración propia.

Antes de iniciar la implementación en piso se define que la señal para mantener el control de los materiales será un tablero de nivelación *Hejunka*. Con los datos obtenidos anteriormente se genera la siguiente imagen, en la cual cada color tiene la siguiente definición:

- Rojo: Stock Ciclo.
- Amarillo: Stock de Reserva.
- Verde: Stock de Seguridad.

TABLERO		Nivel de stock																				
Palanca de liberación interna izquierda	C83572-102	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Palanca de liberación interna derecha	C83573-102	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trinquete izquierdo	E18766-101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trinquete derecho	E18767-101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resorte de cerrojo izquierdo	E18777-101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resorte de cerrojo derecho	E18778-101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resorte de palanca de liberación interna izquierdo	C83910-100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resorte de palanca de liberación interna derecho	C83911-100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Palanca de liberación (subensamble) externa trasera	C83785-103	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Palanca de liberación (subensamble) externa trasera	C83786-103	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Palanca de liberación (subensamble) externa delantera	C84079-103	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Palanca de liberación (subensamble) externa delantera	C84080-103	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resorte de palanca de liberación externa izquierda (acoplamiento)	C84007-101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resorte de palanca de liberación externa derecha (acoplamiento)	C84008-101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 20: Cálculo de tablero *Heijunka* materiales engrasados. Fuente: Elaboración propia.



Figura 21: Implementación de tablero *Heijunka* para materiales engrasados. Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso que debemos realizar es una estantería para colocar los materiales engrasados de acuerdo a sus nivelaciones, sin embargo, debido al espacio disponible en la línea una estantería de gran tamaño no es una opción por lo que trabajaremos en la presentación de partes de cada estación de trabajo, de esta manera colocar el material engrasado directo en las estaciones de trabajo.

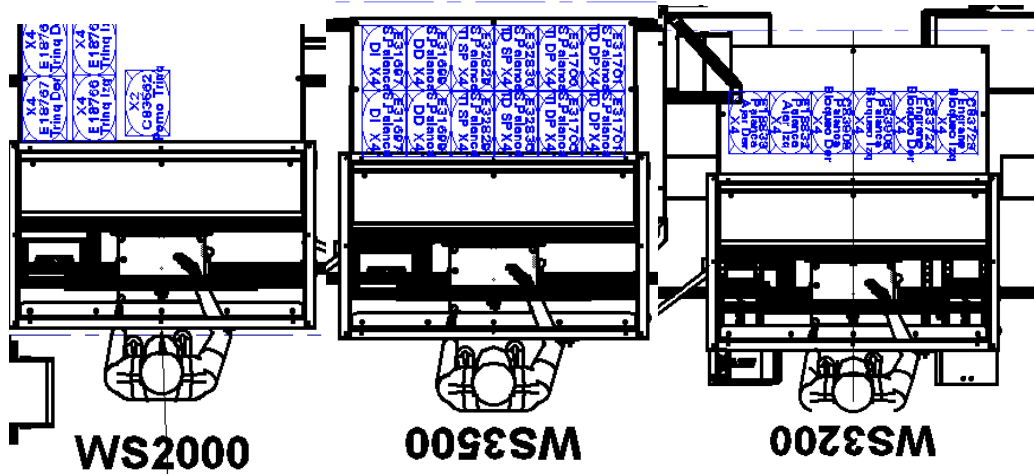
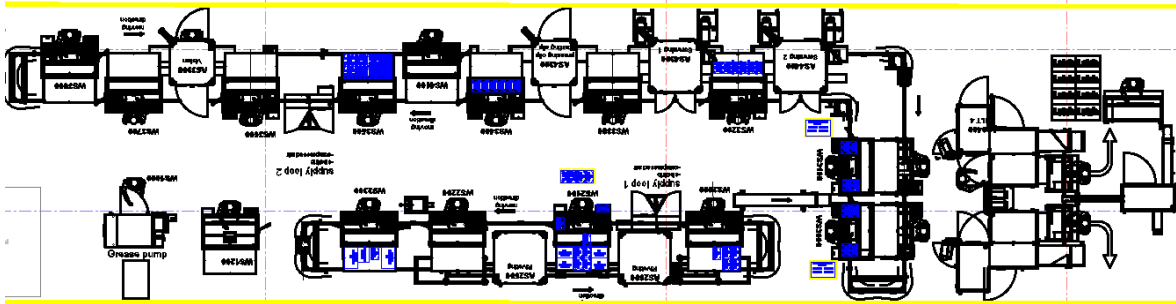


Figura 22: Presentación de partes dentro del layout. Fuente: Elaboración propia.

Este mismo taller lo pudimos aplicar para el cálculo de material de Producto Terminado (PT) de la línea de ensamble.

	Material	demanda promedio	demanda promedio diaria	desv. std	% variación demanda	lead time	stock ciclo	buffer stock	safety stock	loopsize (pzas)	loopsize (ropacks)	Standard pack	rojo	amarillo	verde
Mexico	E56067-102	420	70.00	226	3.2	1.74	122	590	107	818	6.8	120	2.0	5.0	1.0
Mexico	E56068-102	420	70.00	226	3.2	1.74	122	590	107	818	6.8	120	2.0	5.0	1.0
Mexico	E56071-102	420	70.00	226	3.2	1.74	122	590	107	818	6.8	120	2.0	5.0	1.0
Mexico	E56072-102	420	70.00	226	3.2	1.74	122	590	107	818	6.8	120	2.0	5.0	1.0
Argentina	E56067-102	112	18.67	220	11.8	2.05	38	676	107	821	3.4	240	1.0	3.0	1.0
Argentina	E56068-102	112	18.67	220	11.8	2.05	38	676	107	821	3.4	240	1.0	3.0	1.0
Argentina	E56069-102	112	18.67	220	11.8	2.05	38	676	107	821	3.4	240	1.0	3.0	1.0
Argentina	E56070-102	112	18.67	220	11.8	2.05	38	676	107	821	3.4	240	1.0	3.0	1.0

Figura 23: Cálculo de tablero Heijunka para producto terminado. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Mapa de Flujo de Valor.

#### 3.3.1 Taller de VSM y elaboración del estado Actual.

La siguiente etapa en el proceso de aplicación de herramientas de control y mejora dentro de nuestra línea de producción es la generación de un taller para el mapeo de flujo de valor (VSM) con el fin de buscar diferentes áreas de mejora a lo largo del proceso de ensamble.

Lo primero dentro de este taller es seleccionar al equipo, que estará conformado por compañeros de las áreas de mejora continua, producción desde el punto de vista del líder de línea, coordinador de la producción y el ingeniero industrial encargado del proyecto. Por el lado del departamento de calidad se contará con el apoyo del ingeniero y supervisor de calidad, el apoyo por parte del departamento de logística será proporcionado por el planeador de materiales y por último contaremos con el apoyo del técnico especialista de mantenimiento. De manera que podamos conformar un equipo multidisciplinario para este taller.

Como todas las herramientas de mejora se debe de ir al piso o lugar de los hechos para poder mapear el estado actual del proceso.



Figura 24: Taller de VSM en línea de producción. Fuente: Elaboración propia.

Una vez mapeada la producción de partes eléctricas, partes mecánicas, ensamble final, inspección, empaque y zonas de pre montaje si plasman todas las áreas de oportunidad detectadas en el taller con el fin de posteriormente ingresarlas en un plan de acciones para validar su implementación o en su defecto analizar por qué no podrían ser implementadas.

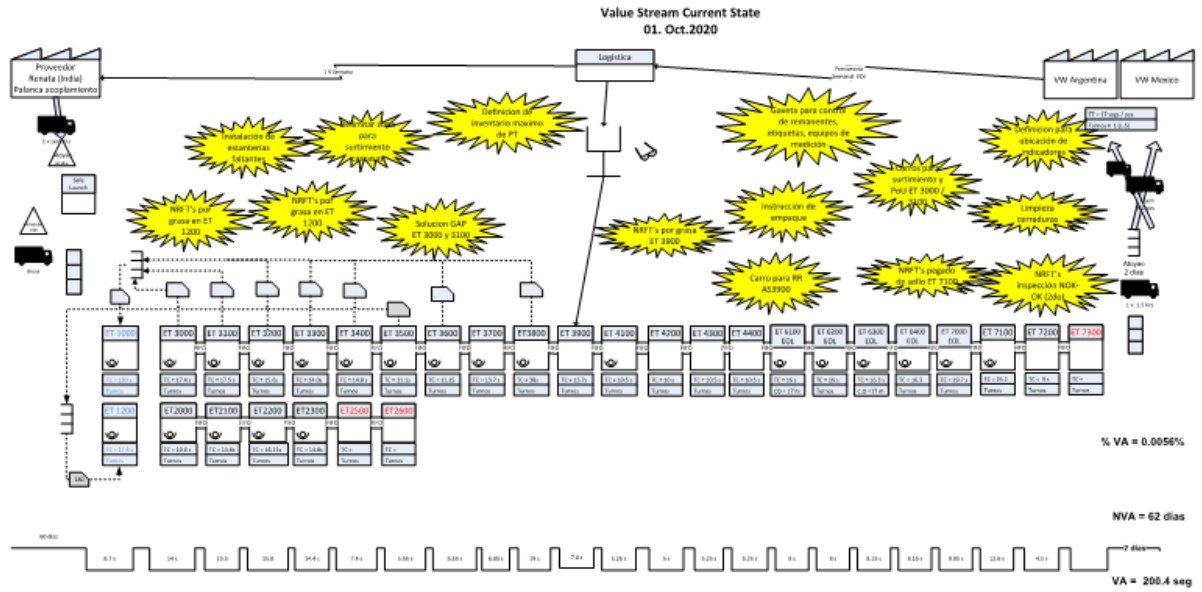


Figura 25: VSM Línea de producción estado actual. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2 Action list puntos a evaluar.

Algunas de estas acciones no fueron viables en su implementación, sin embargo, la mayoría de ellas se implementaron para apoyar en temas ergonómico, distribución de materiales, presentación de indicadores en la línea de producción, instrucciones de trabajo, modificaciones dentro de máquinas, etc.

	AI-2020-002542 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	16/12/2020		
	Conde, Jose			
	AI-2020-002593 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	18/11/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	16/12/2020		
	Arriaga, Pedro			
	AI-2020-002543 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	23/12/2020		
	Conde, Jose			
	AI-2020-002548 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	14/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	18/01/2021		
	Centeno, Javier			
	AI-2020-002547 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	14/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	21/01/2021		
	Vega, Cesar (PUE/MS)			
	AI-2020-002541 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	22/01/2021		
	Gonzalez, Liliana			
	AI-2020-002545 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	27/01/2021		
	Vega, Cesar (PUE/MS)			
	AI-2020-002534 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	04/02/2021		
	Aguilar, Luis			
	AI-2020-002536 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	28/10/2020		
	Vega, Cesar (PUE/MS)	28/10/2020		
	AI-2020-002532 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	04/11/2020		
	Vega, Cesar (PUE/MS)	04/11/2020		
	AI-2020-002539 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	04/11/2020		
	Conde, Jose	04/11/2020		
	AI-2020-002533 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	11/11/2020		
	Conde, Jose	04/11/2020		
	AI-2020-002546 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	14/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -	12/11/2020		
	Conde, Jose	18/11/2020		
	AI-2020-002531 - VSM_LBS Revisión de cadena de suministro (0) (0) (0)	4	<input type="checkbox"/>	VSM_LBS Revisión de cadena de suministro y arranque
	Mejora Continua (BPS) \ Workshops \ -	02/10/2020		
	Cerraduras \ LBS \ -			

Figura 26: Lista de acciones a evaluar en plataforma fokus. Fuente: <https://myplant-na.brose.net/fokus/pue/Pages/Plant.aspx>

Algunas de las modificaciones realizadas en la línea de producción fueron, la modificación del sistema neumático de la estación de prensado. El cual consiste en subordinar un cilindro al ya existente para aumentar la presión en el eclipsado de componentes dentro de este proceso. De no corregirse esta falla, los procesos automatizados posteriores generarían dobles ciclos los cuales afectarían la productividad, el nivel de calidad y la efectividad total del equipo.; esta implementación se encuentra implementada.

### 3.3.3 Implementación de acciones para mejorar la eficiencia.

Como resultado del taller de VSM se encontraron varias áreas de oportunidad las cuales como se vio anteriormente fueron documentadas en un plan de acciones interno, a continuación se presentan algunas de las acciones realizadas.

### a) Modificación en sistema neumático estaciones de prensado.

Al arranque de la producción dentro de la línea en la parte de prensado de componentes, se presentó una desviación del proceso que consistía en un prensado incorrecto del sub-ensamble de componentes metálicos y la cubierta plástica. Analizando los diferentes ensambles nos percatamos que esta desviación se presentaba únicamente en los ensambles nombrados como delanteros izquierdos y derechos.

Para esta parte del análisis lo primero que se analiza es la cubierta plástica la cual posee puntos de inyección que pueden generar esta anomalía en el ensamble:

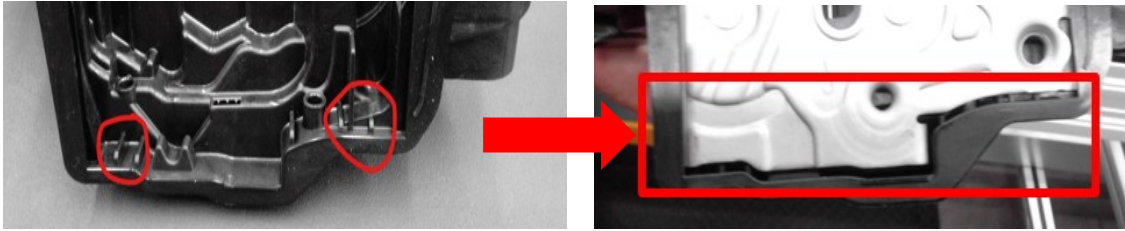


Figura 27: Piezas con falla en ensamble. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se propone limar estos puntos de inyección, sin embargo, con el fin de no realizar el trabajo dos veces en grandes lotes de materia, se propone hacer un benchmarking con otras plantas que fabrican ensambles similares. Al analizar las máquinas que se tiene en República Checa con las máquinas de México se pudo comprobar que los circuitos neumáticos tenían diferente configuración:

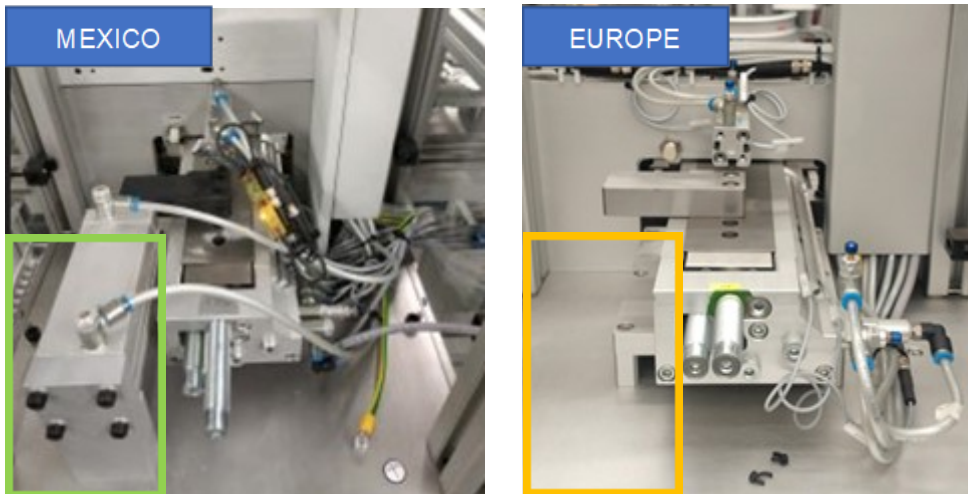


Figura 28: Comparación de sistema neumático de prensa para sub-ensambles. Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las instalaciones neumáticas comprobamos que la instalación de las máquinas en México no cuenta con un cilindro adicional, esto debido a que al momento de lanzar el proyecto esta adecuación no fue documentada por lo cual no se implementó de primera instancia.

El siguiente paso fue duplicar el mismo sistema neumático para prensar componentes de la misma forma que se hace en República Checa, al modificar ambas estaciones anexo un cilindro extra se pudo eliminar esta variación en el proceso de ensamble, el cual a su vez elimina errores posteriores en el proceso subsecuente. La siguiente tabla muestra el desempeño de esta falla una vez modificado el sistema neumático de las prensas:

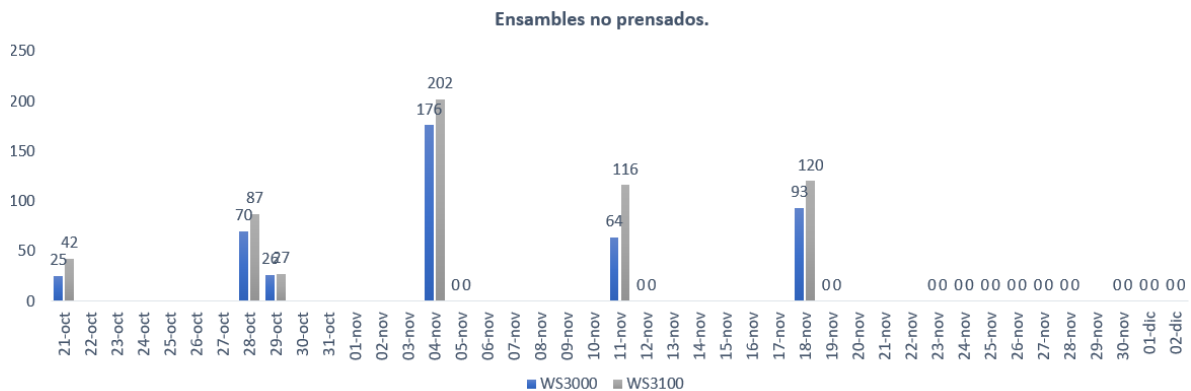


Figura 29: Gráfica de desempeño prensa de sub-ensambles. Fuente: Elaboración propia.

#### b) Implementación de nueva matriz de lubricación.

Como se ha mencionado anteriormente para que este ensamble funcione de manera adecuada, gran parte de sus componentes internos deben de estar lubricados con diferentes cantidades de grasa. Estos componentes son lubricados dentro de una máquina giratoria programada con diversos parámetros como tiempo de giro, cantidad de piezas por contenedor, “shots” o disparos de grasa (de acuerdo con la matriz de engrasados) y números de parte a utilizar.



Figura 30: Dispositivo de lubricación. Fuente: Elaboración propia.

Al tener una reunión con el equipo del proyecto se llega a la conclusión de utilizar una nueva matriz que modifica estos parámetros:

- Cantidad de piezas por número de parte.
- Tiempo de lubricación.
- Cantidad de disparos de grasa por contenedor.



























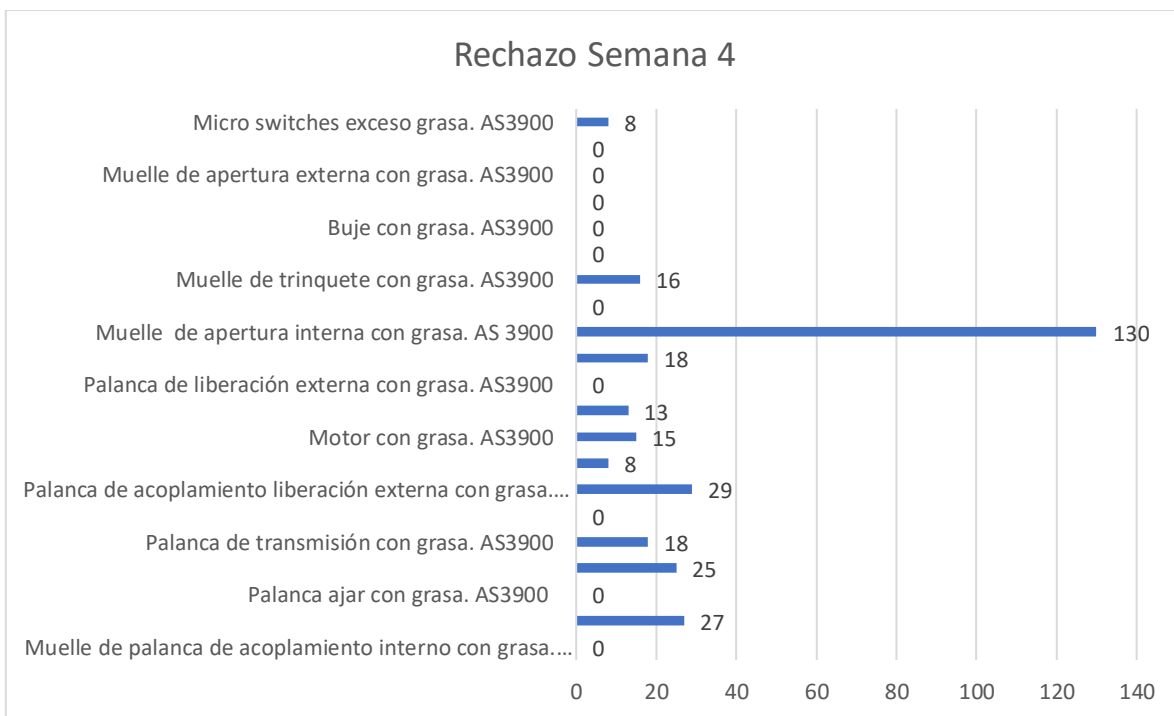
3	E18766-XXX	Pavil		350	30	±15%		0.09	0.05	0.12	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*E18766-101*
4	E18767-XXX	Trinquete		1000	80	±15%		0.06	0.03	0.07	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*E18767-101* *E18777-101*
5	E18777-XXX	Spring FED DR		600	30	±15%		0.05	0.03	0.07	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*E18778-101* *C83910-100*
6	E18778-XXX	Resorte de cerrojo		250	60	±15%		0.20	0.12	0.28	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*C83911-100* *C83785-103*
7	C83910-XXX	Spring FED DR		250	60	±15%		0.20	0.12	0.28	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*C83786-103* *C84079-103*
8	C83911-XXX	Resorte de cerrojo		250	60	±15%		0.20	0.12	0.28	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*C84080-103* *C84007-101*
9	C83785-XXX	Release Lever DP		3000	70	±15%		0.02	0.01	0.03	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*C84008-101*
10	C83786-XXX	Palanca de liberación (subensamble) externa trasera		2300	30	±15%		0.01	0.01	0.02	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*C83562-100*
11	C84079-XXX	Release Lever SP		2500	260	±15%		0.10	0.06	0.16	6	Cambio cantidad de partes por KLT y cantidad de grasa por parte	*C83702-100* *C83703-100*
12	C84080-XXX	Palanca de liberación (subensamble) externa delantera											
13	C84007-XXX	Spring Rel. Lever											
14	C84008-XXX	Resorte de palanca de liberación externa (acoplamiento)											
15	C83562-XXX	Pin Pavil											
16	C83702-XXX	Spring Pavil											
17	C83703-XXX	Resorte de trinquete											

Figura 31: Matriz de lubricación de componentes internos. Fuente: Elaboración propia.

El desempeño de estas modificaciones se monitorea al momento de detectar fallas en nuestro sistema de visión, si los componentes presentan exceso de lubricante (grasa) el sistema de visión no los detecta ocasionando rechazos y afectando el indicador de nivel de calidad, así como el desempeño de la línea ya que un operador debe de abrir la puerta de la máquina, limpiar el componente y de esta forma las cámaras deben ejecutar la prueba de nueva cuenta.



### c) Implementación de horno para precalentado de sello.

Otra área de oportunidad que fue detectada durante este taller de mejora, referente al pegado de goma en la parte posterior a la revisión del ensamble, se identificó que sin importar la versión de fabricación esta goma se despegaba en diferentes zonas del ensamble.

La primera opción fue colocar una pistola de calor que ayudará a precalentar la goma por debajo con el fin de buscar alguna mejora en el proceso de pegado, sin embargo, se observó que la

distribución o aplicación del calor no era uniforme y no se podría tener certeza de si ayudaba a reducir los rechazos por goma mal adherida.

Validando con el equipo y con el fin de no modificar algún componente en la goma se decide implementar dispositivos de calor los cuales pueden alcanzar hasta 100° c con el fin de precalentar el adhesivo de la goma y que esta tenga una mejor y mayor adherencia.

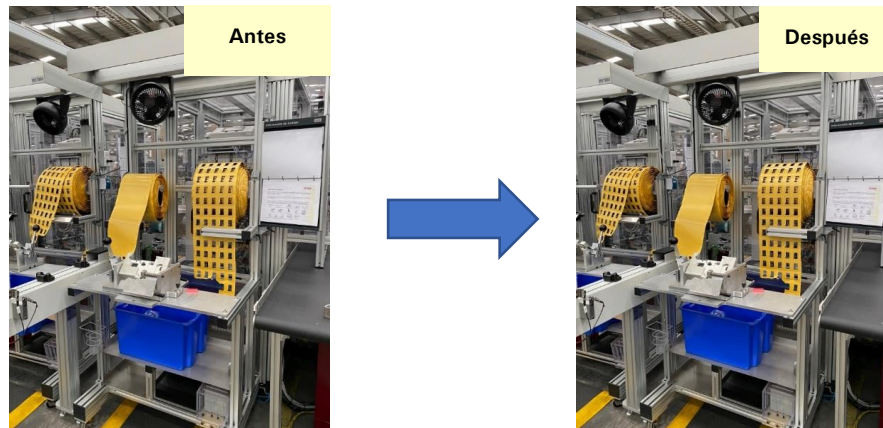


Figura 33: Modificación en proceso de pegado de sello. Fuente: Elaboración propia.

Por el momento solo se ha colocado una plancha de calor con un rango inicial de ampliación de calor de 60° c con una tolerancia bilateral de 20° c. Este parámetro fue aumentado actualmente a 90° c con una tolerancia bilateral de 20° c con el fin de seguir monitoreando el desempeño de esta nueva modificación.

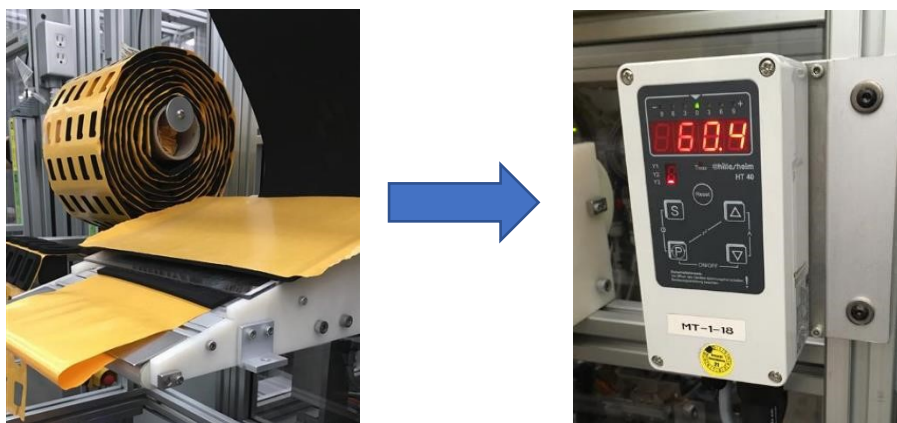


Figura 34: Plancha de calor y control de temperatura para pegado de goma. Fuente: Elaboración propia.

El 25 de enero se generó una corrida de prueba con este dispositivo teniendo una producción total de 966 piezas, de las cuales 28 piezas tuvieron rechazo siendo un porcentaje de rechazo del 2.89% en comparación con el 4.14% de rechazo en la estación que no tiene este dispositivo instalado.

En el mes de febrero se realizará una corrida más amplia con el fin de validar que tan efectivo es este dispositivo en la reducción de piezas rechazadas.

### 3.4 Digitalización de reportes de *KPI* por medio de *MES*.

#### 3.4.1 Definición de reportes generados en plataforma

Como parte de la estandarización global de la línea de producción se han generado diversas reuniones en las cuales se ha acordado una lista de reportes presentados a nivel mundial:

##### 1. *Alarm*.

Muestra los tipos de mensajes de falla que pueden ocurrir dentro de las estaciones conectadas al *MES*, así como la duración del evento.

Máquina	Tipo de al...	Texto de alarma	Duración del evento [h]
LBS_EOLT_10	Meldung	1553: W01.153: ¿Etiqueta eliminada?	2d 04h 08m 43s
LBS_EOLT_10	Meldung	ModuleState.ManualMode: Betriebszustand: Handbetrieb	1d 16h 01m 13s
LBS_Pre_Assy_10	Meldung	ModuleState.EnsuredTransmissionOff: Ensured Transmission ist deaktiviert	1d 11h 13m 16s
LBS_Pre_Assy_10	Meldung	ModuleState.ManualMode: Betriebszustand: Handbetrieb	1d 05h 50m 34s
LBS_Pre_Assy_10	Meldung	ModuleState.ProtectiveDoorOpen: Schutzeinrichtung geöffnet	1d 01h 30m 07s

Figura 35: Reporte *Alarm MES*. Fuente: Elaboración propia.

##### 2. *Cycle time*.

Como su nombre lo indica muestra el tiempo de operación en segundos que se utilizan en promedio en un periodo específico de tiempos (día, semana o mes)

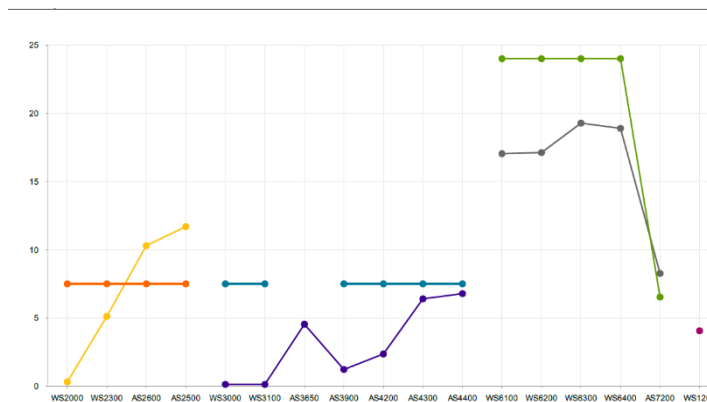


Figura 36: Reporte *Cycle Time MES*. Fuente: Elaboración propia.

##### 3. *OEE*.

Este indicador medirá la eficiencia general de los equipos conectados al *MES* de forma individual.

Fecha del t...	Máquina	Nombre d...	TB [h]	OEE [%]	EA [%]	FE [%]	QR [%]	OK [pzs.]	NOK [pzs.]
30/01/2021	LBS_EOLT_10	E56067-102	5s	0,0%	20,0%	0,0%	100,0%	0	0
	LBS_Loop1_10	E56069-102	1s	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0	0
	LBS_Loop2_10	E56067-102	5s	0,0%	20,0%	0,0%	100,0%	0	0
	LBS_Pre_Assy_10	E56070-102	8s	0,0%	12,5%	0,0%	100,0%	0	0
02/02/2021	LBS_EOLT_10	E56067-102	2h 56m 26s	12,4%	20,5%	75,1%	80,9%	178	42
		E56068-102	3h 19m 41s	13,4%	24,0%	65,5%	85,0%	238	42
		E56072-102	1h 33m 53s	16,6%	29,0%	71,1%	80,5%	128	31
	LBS_Loop1_10	E56069-102	6h 11m 45s	16,7%	9,7%	172,6%	99,5%	396	2
		E56069-102	2h 50m 14s	8,3%	4,9%	170,2%	100,0%	90	0
	LBS_Loop2_10	E56067-102	3h 39m 12s	4,7%	7,8%	61,0%	99,4%	166	1
		E56068-102	3h 39m 59s	6,8%	10,9%	63,9%	97,2%	245	7
		E56072-102	1h 42m 49s	7,8%	12,8%	65,2%	94,2%	130	8
	LBS_Pre_Assy_10	E56070-102	9h 02m 06s	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0	0

Figura 37: Reporte OEE MES. Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Product faults.

Este reporte muestra la cantidad de piezas que presentaron una falla o doble ciclo así como el porcentaje de fallas que representan.

Máquina	Grupo de fallos de pr...	Clase de fallo del producto	Recuento	Porcentaje % de PzaProd (módul)	
LBS_EOLT_10	14 Schließsysteme prüfen	1000 Einlagefehler	45	0,8%	
		1032 Steckergeometrie	1	0,0%	
		1040 Bauteil 1 fehlt	19	0,3%	
		1047 Bauteil 3 falsch	10	0,2%	
		1058 Produktiertheit fehlt	33	0,6%	
		2001 Sichern CL	14	0,2%	
		2003 Entsichern CL	17	0,3%	
		2005 Ajerschaller	18	0,3%	
		2009 Lock-Signal	28	0,5%	
		2011 Isolationsfehler	2	0,0%	
		2014 Schaltlogik	16	0,3%	
		2018 SchblStyp falsch	6	0,1%	
		3001 Verriegeln Haupttraste	70	1,2%	
		3005 Öffnen Außen	38	0,7%	
		3009 Sichern Außen	12	0,2%	
		3013 Sicherungsbiswurf	20	0,3%	
		3015 Öffnen aus Vorraste	11	0,2%	
		3017 KBI sichern	12	0,2%	
		3018 KBI Funktion	7	0,1%	
		3036 Notverriegelung	10	0,2%	
		3037 Double Pull	5	0,1%	
		24 Schließsysteme Montage	520 Telekontrolle Visorsystem	228	3,9%
		LBS_EOLT_10 Total			622

Figura 38: Reporte product faults MES. Fuente: Elaboración propia.

#### 5. Process faults.

Este documento presentará la cantidad de fallas generadas en cada estación conectada a la plataforma.

Máquina	Módulo	Grupo de fallos d...	Clase de fallos de proceso	Recuento
LBS_EOLT_10	AS7200	51 Bildverarbeitung	510 Cover	23
			655 ECC Seal 1	85
			659 Foam Pad 1	154
LBS_Loop1_10	AS2600	50 Nieten	63 Rohmaß NHE NIO	16
	AS2500	50 Nieten	63 Rohmaß NHE NIO	6
LBS_Loop2_10	AS3650	51 Bildverarbeitung	667 inner release lever	4
	AS3900	51 Bildverarbeitung	508 rubber buffer	20
			515 spring rotor	39
			516 spring pawl	249
			517 rotor	11
			518 pawl	12
			534 CL motor	17
			535 CL w orm	27
			564 child nut	10
			572 outer release lever	12
			575 emergency lever	30
			642 spring iri	102
			643 spring ori	97
			646 ecc	136
			663 release lever	22
			664 spring release lever	44
			665 transmission lever	33
			666 locking nut	11
			667 inner release lever	56
668 bush iri	12			
669 pin w orkpiece holder	34			
670 metalplate bumper	23			
671 locking lever	29			

Figura 39: Reporte *process faults* MES. Fuente: Elaboración propia.

6. *Quantity.*

Refleja la cantidad de piezas *ok* y *nok* que fueron producidas dentro de las estaciones conectadas a la plataforma, de esta forma tener las piezas totales de la producción del periodo seleccionado.

Máquina	Módulo	OK [pzs.]	NOK [pzs.]	PzsProd [pzs.]
LBS_EOLT_10	WS6100	436	126	562
	WS6200	563	75	638
	WS6300	888	139	1.027
	WS6400	757	97	854
	AS7200	2.485	230	2.715
LBS_Loop1_10	WS2000	2.652	0	2.652
	WS2300	2.568	26	2.594
	AS2600	2.642	16	2.658
	AS2500	2.643	6	2.649
LBS_Loop2_10	WS3000	2.350	0	2.350
	WS3100	203	0	203
	AS3650	2.605	4	2.609
	AS3900	2.611	681	3.292
	AS4200	2.609	16	2.625
	AS4300	2.603	1	2.604
	AS4400	2.586	4	2.590
LBS_Pre_Assy_10	WS1200	1.204	130	1.334

Figura 40: Reporte *Quantity* MES. Fuente: Elaboración propia.

7. *Top standstill reason.*

Muestra una vista general de las razones por las cuales pudieron estar detenidas las máquinas dentro de la línea, este reporte muestra todos los paros incluso cuando las máquinas se encuentran apagadas.

Máquina	Tipo de tie...	Clase de parada	Duración [h]
LBS_Pre_Assy_10	TT	40 Paro no asignable (T0 ó TT)	2d 02h 16m 03s
LBS_EOLT_10	TT	105 Apagado de acuerdo al AS7200	1d 17h 16m 22s
LBS_Loop1_10	TR	80 Disposición	23h 23m 14s
LBS_Loop2_10	TR	80 Disposición	22h 02m 00s
LBS_Loop2_10	TT	103 Apagado de acuerdo al AS3900	17h 32m 27s

Figura 41: Reporte *Standstill reason* MES. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 **Elaboración semanal de indicadores por medio de MES.**

Lo primero que se debe hacer es acceder a la plataforma de intranet donde se puede generar siete diferentes reportes, dentro de esta podemos encontrar no solo las máquinas de este proyecto, sino también las conectadas a la plataforma de MES de proyecto similares a este. Es por ello que debemos de tener bien identificadas las estaciones de trabajo dentro y fuera de la plataforma para evitar confusiones u obtención incorrecta de datos.



Figura 43: Brose *analysiscenter*. Fuente: Grupo Brose.

Una vez dado de alta el usuario dentro de la plataforma de intranet se procede a configurar los reportes acordados por el proyecto a nivel global, los cuales fueron enlistados y explicados brevemente en el apartado anterior.

Todos estos formatos o “*templates*” se encuentran en una carpeta predeterminada por el grupo de la cual solo se debe descargar y guardar en el usuario local y posteriormente ejecutar los reportes de estos siete indicadores de forma semanal.

Es muy importante que estos informes se compartan de forma semanal con el grupo para comparar el desempeño de las líneas de producción a nivel Inter compañías.

Una vez generados los reportes por primera vez el siguiente paso es validar que la información generada.

### 3.4.3 Validación de información obtenida por medio de *MES*.

Como se mencionó en apartados anteriores de manera semanal se realiza una reunión con los responsables de este proyecto en locaciones como Alemania, Republica Checa, India, China y México, en las cuales se discuten diversos temas como desempeño de las líneas, estandarización de procesos, reclamos de clientes, actualizaciones de softwares, etc. Uno de estos temas es la validación de parámetros dentro de la plataforma de *MES* el cual varía de acuerdo a la localización.

Para el caso de la planta Puebla se revisaron y analizaron los valores para el cálculo de los indicadores de la plataforma *MES*, dentro de esta reunión se comprobó que los valores introducidos por el proveedor al arranque del proyecto eran erróneos por lo cual se tomaron los tiempos ciclos reales y se colocaron de forma correcta. Dentro de este sistema las estaciones están divididas en cuatro segmentos, cada uno de ellos fue corregido:

*Loop 1:*

Objeto	Tiempo del tacto que debe ser [s]	Objeto	Tiempo del tacto que debe ser [s]
LBS_Loop1_10	15,20	LBS_Loop1_10	15,20
WS2000	9,40	WS2000	13,06
WS2300	9,40	WS2300	6,53
AS2600	6,70	AS2600	13,06
AS2500	6,70	AS2500	13,06

Figura 44: Tiempos ciclo *Loop1*. Fuente: Elaboración propia.

*Loop 2:*

Objeto	Y	Tiempo del tacto que debe ser [s]	Objeto	Y	Tiempo del tacto que debe ser [s]
LBS_Loop2_10		7,50	LBS_Loop2_10		15,20
WS3000		7,50	WS3000		13,06
WS3100		7,50	WS3100		13,06
AS3650		0,00	AS3650		6,53
AS3900		7,50	AS3900		6,53
AS4200		7,50	AS4200		6,53
AS4300		7,50	AS4300		13,06
AS4400		7,50	AS4400		13,06

Figura 45: Tiempos ciclo *Loop2*. Fuente: Elaboración propia.

*EOLT:*

Objeto	Y	Tiempo del tacto que debe ser [s]	Objeto	Y	Tiempo del tacto que debe ser [s]
LBS_EOLT_10		7,50	LBS_EOLT_10		7,60
WS6100		26,00	WS6100		26,00
WS6200		26,00	WS6200		26,00
WS6300		26,00	WS6300		26,00
WS6400		26,00	WS6400		26,00
AS7200		7,50	AS7200		6,53

Figura 46: Tiempos ciclo *EOLT*. Fuente: Elaboración propia.

*Pre Assy:*

Objeto	Y	Tiempo del tacto que debe ser [s]	Objeto	Y	Tiempo del tacto que debe ser [s]
LBS_Pre_Assy_10		0,00	LBS_Pre_Assy_10		7,60
WS1200		0,00	WS1200		6,53

Figura 47: Tiempo ciclo *Pre Assy*. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.4 Comparación de Indicadores *MES* vs Indicadores internos.

Anteriormente se han enlistado los diferentes reportes que el sistema *MES* puede generar, así como algunos parámetros considerados para el cálculo de indicadores, sin embargo, la plataforma cuenta con diferentes bloques en los cuales podemos hacer una medición detallada y obtener resultados más cercanos a lo esperado.

La empresa maneja diferentes indicadores de acuerdo con el árbol interno de indicadores clave de desempeño, para el área de producción los indicadores principales que se manejan son los siguientes:

- Disponibilidad.
- Productividad.
- Ventas contra pronóstico.
- OEE
- Tiempo Muerto.

La disponibilidad del mes de enero calculada en formato externo arrojó como resultado 93.8% mientras que el calculado por la plataforma *MES* de 19.5%

Con respecto a la productividad el cálculo externo presento un resultado de 86%, por otra parte, la plataforma *MES* proyecta un resultado de 88.5%.

Continuando con el tiempo muerto, en el mes de enero se registraron 312 minutos de afectación real más 246 minutos de paro programado, en cuanto a la plataforma se ven reflejadas más de 24 horas de paro.

Para terminar con esta comparación el OEE calculado con el formato externo presenta un valor de 61.42% en comparación con un 15.23% calculado en *MES*.

Como se puede observar la variación entre ambos cálculos es muy grande por lo que las acciones que se tomarán son las siguientes:

1. Validar los tiempos ciclos ingresados en el sistema.
2. Registrar de forma correcta las pausas y paros dentro del *MES* para reflejar el tiempo real de paro.
3. Ingresar el número de operadores en el *MES*, ya que los tiempos ciclos están dados de alta con 22 personas en la línea de producción, mientras que hoy en día por la baja demanda se utiliza una plantilla de 9 a 13 personas por un turno de trabajo.
4. Entrenamiento al personal de línea para alimentar el sistema de forma correcta y tener resultados reales de desempeño.

#### IV. Resultados y lecciones aprendidas.

##### 4.1 Evaluación de efectividad de herramientas implementadas.

Durante este proyecto se abarcaron diferentes herramientas y uso de plataformas digitales para aumentar el control y la mejorar procesos productivos y administrativos.

Con respecto a la digitalización de auditorías y tomando el periodo de enero 2021 teniendo implementado al 100% se programaron ochenta auditorías en diversos turnos teniendo un 100% de cumplimiento.

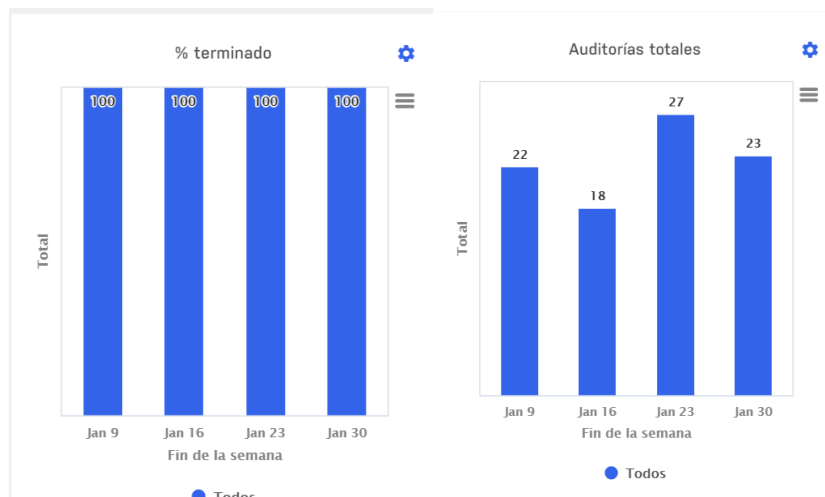


Figura 48: Resultados de auditorías Nivel 1 en plataforma EASE. Fuente: Elaboración propia.



Se detectó el top de zonas con mayor área de oportunidad y cuáles son los aspectos de evaluación en los que se debe de enfocar para tener un mejor desempeño.

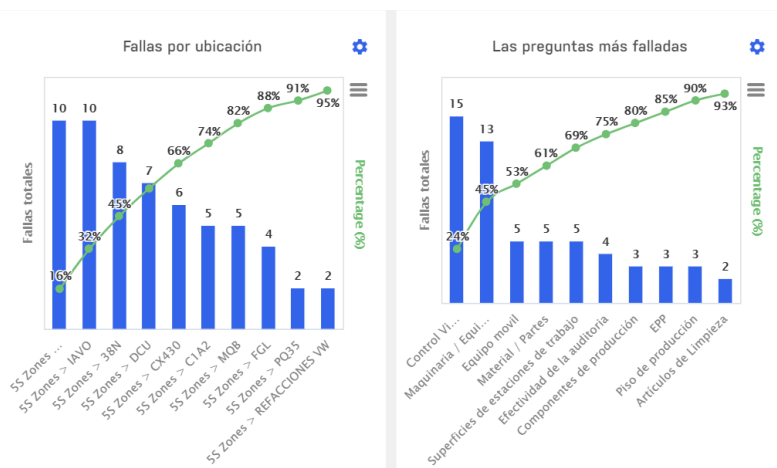


Figura 48: Resultados de auditorías Nivel 1 en plataforma EASE. Fuente: Elaboración propia.

Proseguimos con la implementación del tablero nivelador *Heijunka* para componentes engrasados dentro de la línea de producción seleccionada. Dentro de esta línea no se ha reportado hasta el momento paros de producción por falta de componentes engrasados. De forma continua se hace énfasis en mantener la disciplina por parte de los operadores hacia la actualización de sus tableros niveladores con el fin de bridar señales oportunas y poder engrasar materiales antes de generar una interrupción en la producción.

Con respecto al tablero nivelador *Heijunka* para el producto terminado, este ha ayudado a nivelar la producción, cumplir con los requerimientos del cliente y con la programación de corridas largas de producción se ha logrado el objetivo de mantener solo dos cambios de modelo en este tipo de corridas de producción.

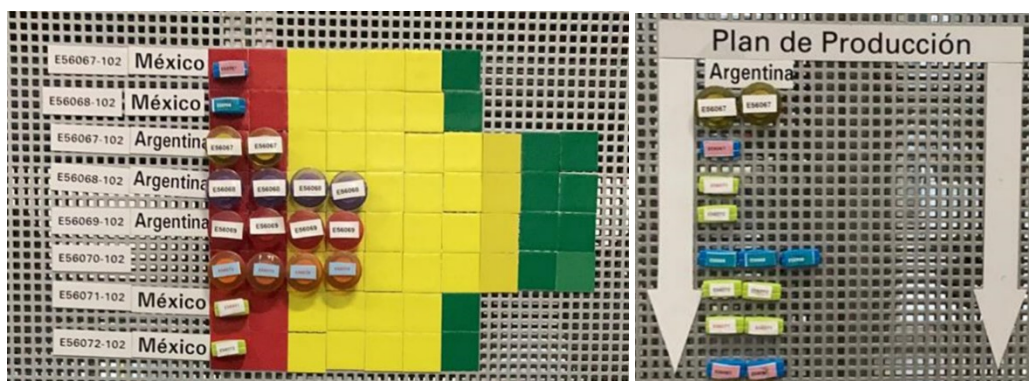


Figura 49: Tablero nivelador de producto terminado. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la modificación del sistema neumático en la prensa de las estaciones de trabajo 3000 y 3100.

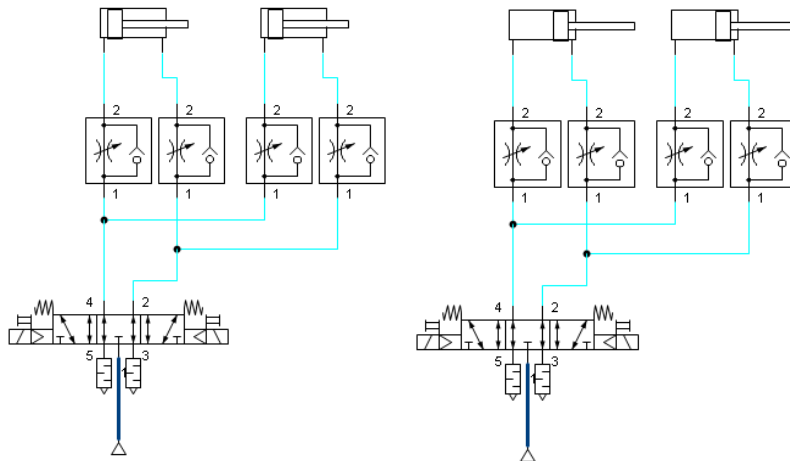


Figura 49: Modificación del sistema neumático 3000/3100. Fuente: Elaboración propia.

Como se mostró en la figura 29 apartado 3.3.3 la implementación de un segundo cilindro en la prensa ayudó a eliminar los rechazos al arranque del proyecto. Actualmente se continúa buscando áreas de mejora.

Ajustando los sensores inductivos de proximidad de ambos cilindros esta falla se redujo a cero evitando el uso innecesario de 12 segundos generados por pieza por doble ciclo.

#### 4.2 Lecciones aprendidas.

Actualmente el enfoque hacia la migración de la industria 4.0 abre las puertas hacia la automatización, la comunicación y obtención de datos en tiempo real y el enfoque hacia la reducción de costos. Es por ello que se debe tener en claro qué es automatización, qué es en realidad la industria 4.0 y no caer en ambigüedades.

Al momento de proceder con la digitalización es importante contar con la infraestructura necesaria para que este proceso se pueda hacer dentro del tiempo asignado, adicional a ello, si se va a trabajar en un proceso de digitalización es importante que este cuente con recursos suficientes y tenga todo el apoyo de la gerencia, ya que debido a las condiciones actuales del mercado y los temas de contingencia, las prioridades de los proyectos pueden llegar a cambiar complicando la conclusión de un proyecto de este tipo.

Como parte complementaria de la digitalización, el personal encargado de este proyecto debe contar con la capacitación y las plataformas necesarias dentro de las cuales se van a migrar toda la información solicitada. Es muy importante contar con un estándar al cual apearse, ya que de lo contrario cada área que desee trabajar en el tema de la digitalización tendrá enfoques diferentes y se tendrán trabajos aislados.

Con respecto a la aplicación de herramientas de mejora continua es recomendable proporcionar entrenamos a todo el personal involucrado y adicional a esto contar con la participación de las personas invitadas a trabajar en estos talleres de implementación o aplicación de herramientas. Es recomendable que las acciones de trabajo obtenidas de estos talleres y aplicación de herramientas tengan un seguimiento constante sobre el estatus en que se encuentran y en caso de ser necesario, saber si se requiere un apoyo adicional para poder completar estas actividades.

El compromiso por parte de los operadores debe de ser al 100% desde el inicio de la implementación de las mejoras ya que son ellos los que están en contacto directo con el proceso y el producto recalando que sin este compromiso las mejoras no serían factibles.

La comunicación con el *customer team* (equipo de soporte y dirección de proyectos) debe ser constante y fluida ya que para hacer modificaciones dentro de la línea y sobre el producto del cliente, estas deben de estar soportadas por dicho equipo, si el flujo de información y comunicación no es el óptimo las modificaciones y mejoras en el producto además del proceso se retrasarán haciendo que los avances se verán postergados.

## **V. Trabajos futuros.**

- Como parte de la digitalización de auditorías se continuará fomentando la disciplina para que estas sean realizadas de forma correcta y en el tiempo que son asignadas, de esta forma mantener el estándar y los resultados obtenidos con ellas referente a información en tiempo real y el desempeño que se tiene en cada área. Adicional continuaremos con la implementación de auditorías a nivel 2 y 3 de la empresa.
- Con respecto a las herramientas de mejora los tableros niveladores de producto terminado serán evaluados cada mes con el fin de incrementar o reducir la señal de acuerdo con la demanda de los clientes, se agregarán nuevas señales a medio año para indicar el requerimiento de un nuevo cliente en Sudamérica.
- Las señales kanban de los componentes engrasados se tendrán dentro de las estaciones de trabajo y en ellas se colocará un tablero nivelador con el fin de tener la señal actualizada y empoderar a los operadores para que ellos sean los responsables directos del proceso, podamos tener un tiempo de respuesta oportuno y no detener la producción por falta de estos componentes.
- Cada año se realizará un taller de mapa de flujo de valor (VSM) con el fin de encontrar estas áreas de oportunidad o “tesoros” con el fin de mejorar continuamente y reducir los desperdicios a lo largo de la cadena de valor. También se generará una gráfica *yamasumi* para el balanceo de las cargas de trabajo.
- Se analizará el desempeño de los sistemas de visión y la interacción con los componentes de los ensambles para reducir el porcentaje de error en la detección de piezas ok y poder reducir los dobles ciclos que afectan nuestro nivel de calidad en el proyecto.

- Se realizarán pruebas de pegado de goma en diferentes zonas del ensamble para asegurar la correcta colocación y evitar que esta se despegue del ensamble. Adicional a esto se está gestionando un cambio en el diseño de la goma para facilitar su colocación.
- Se continuará entrenando y liberando a personal productivo en diferentes procesos dentro de la línea de producción analizada para tener personal con multi habilidades capaces de tomar decisiones, entrenar nuevo personal y cumplir con las necesidades del proyecto y el producto solicitado por el cliente.
- Implementación del sistema *andon board* dentro de esta línea con interfaz al sistema *MES* y con los requisitos específicos del grupo Brose.
- Instalación, prueba y arranque de una segunda línea de producción con las mismas características que la línea analizada en este proyecto en los meses de septiembre y octubre 2021 para aumentar la capacidad productiva y cubrir los requerimientos de los clientes nacionales e internacionales, de esta forma asegurar más ventas con los clientes.
- Generar “*queries*” o “*templates*” referentes a reportes de trazabilidad de información sobre los ensambles fabricados dentro de esta línea de producción utilizando la plataforma *MES*.
- Continuar con la generación de indicadores por medio de *MES* ingresando datos correctos al sistema para tener información verídica y en tiempo real sobre el desempeño de la línea.

## ANEXO 1

Project charter			
Nombre del proyecto	Control de Procesos por medio de digitalización y herramientas de Manufactura.		
Organización patrocinadora	Brose Puebla		
Patrocinador del proyecto	Nombre:	Tonatiuh León García.	Teléfono 2223573672
	Correo electrónico	<a href="mailto:tonatiuh.leon@brose.com">tonatiuh.leon@brose.com</a>	
Miembros del equipo (nombre)	Título/Rol	Teléfono	Correo electrónico
Cesar Vega	Ingeniero Industrial	2225464100	<a href="mailto:cesar.vega2@brose.com">cesar.vega2@brose.com</a>
Liliana González	Gerente de departamento de Mejora Continua		<a href="mailto:Liliana.gonzalez@brose.com">Liliana.gonzalez@brose.com</a>
Pamela López	Responsable del Sistema de gestión de Calidad		<a href="mailto:pamela.lopez@brose.com">pamela.lopez@brose.com</a>

Fecha de realización:	Fecha de inicio del proyecto:	Fecha de término del proyecto
<b>17/09/2020</b>	<b>18/09/2020</b>	<b>25/01/2021</b>

Principales Stakeholders	Título/Rol	Teléfono	Correo electrónico
Harald Roeck	Gerente de Planta	2222125622	<a href="mailto:harald.roeck@brose.com">harald.roeck@brose.com</a>
Tonatiuh León	Gerente de Producción	2223573672	<a href="mailto:tonatiuh.leon@brose.com">tonatiuh.leon@brose.com</a>
Liliana González	Gerente Mejora Continua	222	<a href="mailto:Liliana.gonzalez@brose.com">Liliana.gonzalez@brose.com</a>

### Definición del problema

Actualmente se cuenta con la implementación del método 5S, sin embargo, en la estrategia de la empresa se plantea la necesidad de reafirmar el control de las áreas y la disciplina para mantener los estándares de la misma referentes al orden y la limpieza; ya que son esenciales antes de poder generar otros talleres como un *kaizen blitz*. Aunado a esto, se cree que sería una buena oportunidad aprovechar el respaldo con el que se cuenta por parte de la gerencia respecto al tema de la digitalización y el enfoque a la industria 4.0 con el fin de migrar esta herramienta a la plataforma interna e impulsar la mejora continua.

### Alcance del proyecto

Este proyecto se aplicará a nivel líneas de producción dentro de la planta en Puebla en el nivel 2 de la organización y en la línea piloto seleccionada.

### Supuestos del proyecto

1. El departamento de mejora continua cambia sus prioridades por lo que este no se realizaría.
2. Por tema de costos y reducción de presupuestos finanzas podría retirar el presupuesto asignado.
3. Debido al arranque de nuevos proyectos en la empresa se tendría que asignar el capital humano a estos para un arranque exitoso.
4. Debido al amplio repertorio de herramientas de mejora continua podría solicitarse la aplicación de adicionales referentes al control de actividades; por lo que podría perderse el enfoque.

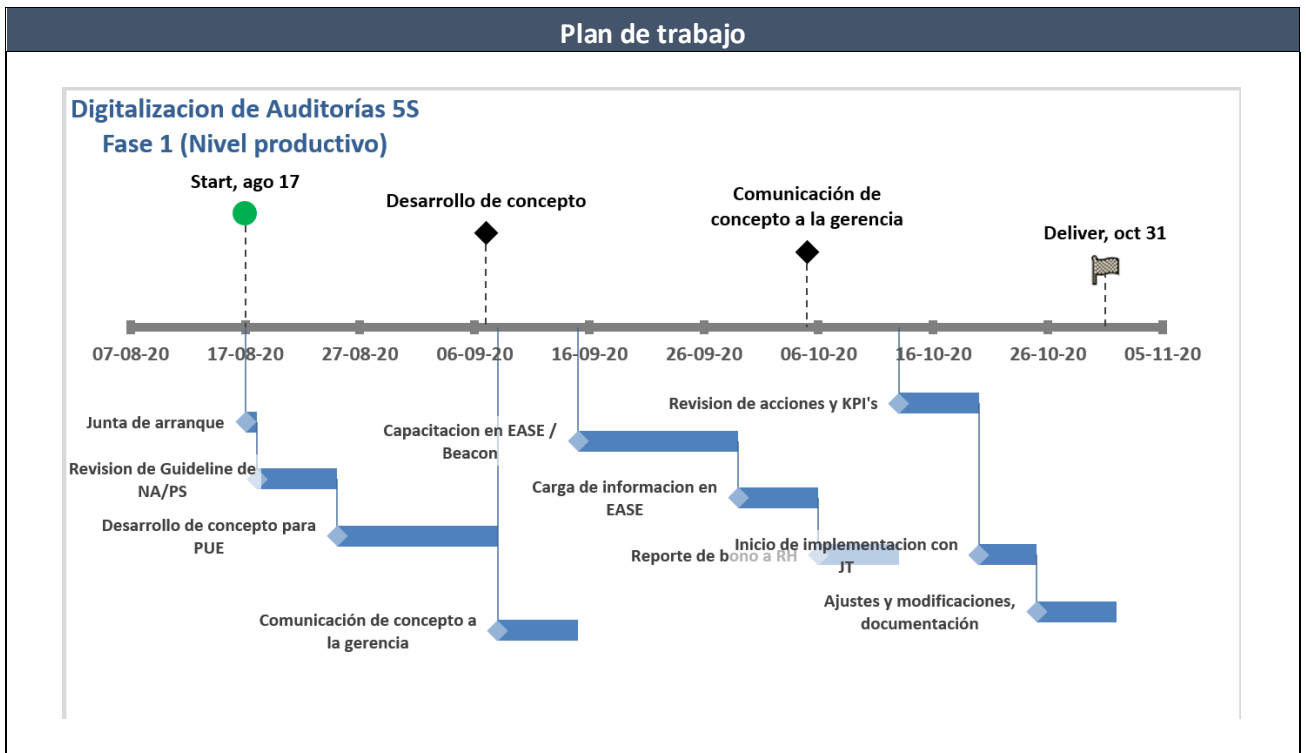
### Riesgos del proyecto

1. Debido a las nuevas prioridades de la empresa podría ser posible que los recursos asignados se muevan a los nuevos proyectos para su realización.
2. Conforme al desarrollo gradual surgen nuevas áreas de oportunidad para abordar; por lo que el tiempo acordado se rebasaría y pondría en riesgo la ejecución del promedio en el rango de fechas establecido.
3. El capital humano actualmente está muy ajustado por lo que se ha generado una nueva distribución de actividades así como la carga de trabajo, esto pondría en riesgo la finalización del proyecto.

### Entregables

Cronograma de actividades.  
Tropicalización de cuestionarios  
One page document  
Indicadores de desempeño  
Documentación de Proyecto para obtención de grado  
Tabla de materiales para aplicación de herramientas Lean  
Cotizaciones de compra de materiales

Revisión	Fecha
	Firma de aprobación del patrocinador:
28/08/2020	



ANEXO 2.

## Confidentiality Agreement („Agreement“)

between

**Brose Puebla S.A de C.V**

(hereinafter referred to as „Brose“)

and

**Universidad Iberoamericana Puebla**

(hereinafter referred to as „Supplier“)

(hereinafter collectively referred to as „Partners“)

**Preamble**

Universidad Iberoamericana Puebla and Brose S.A de C.V are interested in cooperating relating to make a project between both part according to the internal necessities of the enterprise Brose Puebla with the next main objectives:

1. To generate to the selected process added value according to the enterprise's necessities and the objectives inside the Degree Project.
2. That the student (employee) obtain the master's degree in advanced manufacturing due to the fulfillment of goals agreed within the project

(hereinafter referred to as the „Project“), and within this scope may disclose confidential information. If the cooperation includes other companies of the Brose Group or related companies of the Supplier, the regulations of this agreement shall apply to these companies to the same extent.

In order to enable information exchange prior to and during the cooperation considering the protection of this confidential information, the following is agreed:

1. "Confidential Information" for the purpose of this Agreement means any and all technical and commercial information, including but not limited to drawings, drafts, specifications, methods, formula, CAD, product samples, documentation, business figures, market and customer data as well as materials and other objects which are disclosed orally, visually, in writing, in electronic or in any other form directly or indirectly by BROSE to the SUPPLIER relating to this Project. "Confidential Information" shall also mean results and know-how which will be achieved within the scope of this Project as well as information about the Project itself.

Index: 101

Seite: 1/3

Date of Issue: 25. Sep. 20

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Genehmigung der Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG, 06454 Kitzingerberg, Deutschland. Alle Rechte vorbehalten.

The copying, use, distribution or disclosure of the confidential and proprietary information contained in this document is strictly prohibited without prior written consent. Any breach shall subject the infringing party to penalties. This notice appears on all pages of this document and shall remain in effect until the information is no longer confidential.



2. The SUPPLIER hereby agrees to hold in strict confidence any Confidential Information and to use it only for the purpose of the Project. In particular, the SUPPLIER agrees not to disclose any Confidential Information to third parties and to disclose it only to such employees and sub-suppliers which, for the purpose of this Project need to have access to this Confidential Information. These persons have to be obliged to confidentiality accordingly.
3. The obligations set forth in paragraph 2 above will not apply, if the Confidential Information:
  - a) has been legally accessible to the SUPPLIER before its disclosure, or
  - b) is published or is otherwise in the public domain prior to its disclosure, or
  - c) is or becomes part of the public domain after its disclosure otherwise than through a breach of this Agreement, or
  - d) is legally furnished or made accessible to the SUPPLIER at any time by an authorized third party, or
  - e) is developed by the SUPPLIER independently from the Confidential Information and without any breach of this Confidentiality Agreement.

The burden of proof for the applicability of one of the before mentioned exemptions lies with the party relying on that clause.
4. For the confidentiality of the information, the SUPPLIER will exercise at least the same degree of care as it takes to preserve and safeguard his own proprietary data but, in any event, no less than a reasonable degree of care. For any works to be accomplished on the premises of BROSE, the SUPPLIER has to observe the directives of BROSE, especially with regard to security and safety standards. All Confidential Information will remain the property of BROSE. The SUPPLIER shall immediately return upon request samples or other tangible items incorporating Confidential Information supplied by BROSE.
5. This Agreement shall impose no obligation to the partners for an exchange of information. The partners agree that the exchange of information shall not be combined with the assignment of proprietary rights, rights of licenses or other rights of use. No warranty or representation, express or implied, is given as to the accuracy, efficacy, completeness, capabilities or safety of any materials or information provided under this Agreement. By no means shall this Agreement impose any obligation to enter into a cooperation agreement, delivery contract or any other agreement. The assumption of warranties and liabilities is not connected to the disclosure.
6. In the event of a breach of this Confidentiality Agreement, the SUPPLIER shall reimburse BROSE for the damage caused thereby.
7. The Partners agree that a misuse or unauthorized disclosure may cause considerable damage for which monetary compensation may be inadequate. Therefore, the Partners agree that besides damages, emissions can also be demanded.
8. This Agreement is effective from the time of signature by both Parties and ends with the end of the third calendar year. After that, it will continue for an indefinite period of time and can be terminated within a period of 3 months by the end of a quarter. The obligation to maintain confidentiality is valid for 5 years after termination of this Agreement.

Index: 101

Seite: 2/2

Date of Issue: 28. Sep. 20

Verteilung ausschließlich für den internen Gebrauch. Verteilung und Missbrauch kann strafbar sein. Jegliche unbefugte Offenlegung, Kopierung, Reproduktionen, Entzifferung ist untersagt. Alle Rechte für den Fall der Patentierung oder Schutzrechtsanträge vorbehalten.

The copying, use, distribution or disclosure of the confidential and proprietary information contained in this document is strictly prohibited without prior written consent. Any breach shall subject the infringing party to remedies. The owner reserves all rights in the event of the grant of a patent or the registration of a trade mark or design.

2. The SUPPLIER hereby agrees to hold in strict confidence any Confidential Information and to use it only for the purpose of the Project. In particular, the SUPPLIER agrees not to disclose any Confidential Information to third parties and to disclose it only to such employees and sub-suppliers which, for the purpose of this Project need to have access to this Confidential Information. These persons have to be obliged to confidentiality accordingly.
3. The obligations set forth in paragraph 2 above will not apply, if the Confidential Information:
  - a) has been legally accessible to the SUPPLIER before its disclosure, or
  - b) is published or is otherwise in the public domain prior to its disclosure, or
  - c) is or becomes part of the public domain after its disclosure otherwise than through a breach of this Agreement, or
  - d) is legally furnished or made accessible to the SUPPLIER at any time by an authorized third party, or
  - e) is developed by the SUPPLIER independently from the Confidential Information and without any breach of this Confidentiality Agreement.

The burden of proof for the applicability of one of the before mentioned exemptions lies with the party relying on that clause.
4. For the confidentiality of the information, the SUPPLIER will exercise at least the same degree of care as it takes to preserve and safeguard his own proprietary data but, in any event, no less than a reasonable degree of care. For any works to be accomplished on the premises of BROSE, the SUPPLIER has to observe the directives of BROSE, especially with regard to security and safety standards. All Confidential Information will remain the property of BROSE. The SUPPLIER shall immediately return upon request samples or other tangible items incorporating Confidential Information supplied by BROSE.
5. This Agreement shall impose no obligation to the partners for an exchange of information. The partners agree that the exchange of information shall not be combined with the assignment of proprietary rights, rights of licenses or other rights of use. No warranty or representation, express or implied, is given as to the accuracy, efficacy, completeness, capabilities or safety of any materials or information provided under this Agreement. By no means shall this Agreement impose any obligation to enter into a cooperation agreement, delivery contract or any other agreement. The assumption of warranties and liabilities is not connected to the disclosure.
6. In the event of a breach of this Confidentiality Agreement, the SUPPLIER shall reimburse BROSE for the damage caused thereby.
7. The Partners agree that a misuse or unauthorized disclosure may cause considerable damage for which monetary compensation may be inadequate. Therefore, the Partners agree that besides damages, omissions can also be demanded.
8. This Agreement is effective from the time of signature by both Parties and ends with the end of the third calendar year. After that, it will continue for an indefinite period of time and can be terminated within a period of 3 months by the end of a quarter. The obligation to maintain confidentiality is valid for 5 years after termination of this Agreement.

9. In case that one or several provisions of this Agreement should be or become invalid or unenforceable, the remaining provisions shall remain unaffected. The invalid provision shall be replaced by such valid provision which comes closest to the economic effect intended by the Parties. The afore-mentioned regulations shall apply accordingly in case of a loophole.

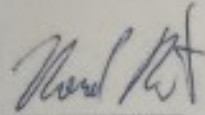
Modifications and additions to this Agreement as well as the modification or revocation of this written form clause are only valid if they are agreed in writing.

This Agreement is governed by the laws of the state where Brose has its central administration. Exclusive place of jurisdiction is by choice of Brose the place where Brose's central administration is located or the place where the central administration of the Supplier is located.

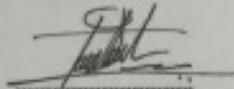
Puebla, Pue., 09.24.2020

Brose Puebla, S.A. de C.V.  
Parque Industrial Empresarial, Calle Camino a San  
Lorenzo 1214, Sanctorum, 72730 Sanctorum, Pue.,  
Mexico

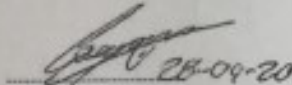
Universidad Iberoamericana Puebla  
Blvd del Niño Poblano 2901, Reserva Territorial  
Atláxcáyotl, Centro Comercial Puebla, 72810 San  
Andrés Cholula, Pue., Mexico



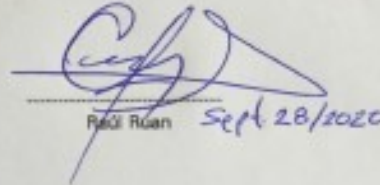
Harald Röck



Tonatiuh León



Cesar Vega



Raúl Ruan Sept 28/2020

## **Bibliografia.**

- [1] Shah, R., and P. T. Ward. 2003. "Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance." *Journal of Operation Management* 21 ( 2 ): 129 - 149. doi: 10.1016/S0272-6963(02)00108-0.
- [2] Panizzolo, R. 1998. "Applying the Lessons Learned from 27 Lean Manufacturers", the Relevance of Relationships Management." *International Journal of Production Economics* 55 ( 3 ): 223 - 240. doi: 10.1016/S0925-5273(98)00066-8.
- [3] Ohno, T. 1990. *Toyota Production System: Beyond Large- Scale Production*. Portland, OR : Productivity Press.
- [4] Gunasekaran, A. 1997. " A Implementation of Computer- Integrated Manufacturing: A Survey of Integration and Adaptability Issues." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 10 ( 4 ): 266 - 280. doi: 10.1080/095119297131363.
- [5] Rinehart, J. W., C. V. Huxlay, and D. Robertson. 1997. *Just Another Car Factory? Lean Production and Its Discontents*. New York : Cornell University Press.
- [6] Askin, R. G., and J. B. Goldberg. 2005. *Design and Analysis of Lean Production Systems*. John Wiley : Singapore.
- [7] McAdam, R.A., (2001), A symbiosis of quality and innovation in SMEs: a multiple case study analysis, *Managerial Auditing journal*, Vol.16, no.7, p. 394-399
- [8] Maxim, E., (2007), *Calitatea și managementul calității*, Editura Sedcom Libris, Iasi
- [9] Ionescu, S., (1993), *Managementul calității, Concepte și metode*, INID, Bucharest
- [10] *New Shorter Oxford English Dictionary* 1993.
- [11] Brunet, A.P., and New, S. (2003), *Kaizen in Japan: An Empirical Study*, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 23(12), p. 14-26.
- [12] Pop, F., (2004), *Analiza calității produselor*, Risoprint Publishing, Cluj Napoca.
- [13] Sitnikov, C., (2014), *Managementul calității organizațiilor*, Universitaria Publishing House, Craiova
- [14] Imai, M., (1997), *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low Cost Approach to Management*, McGraw-Hill; Kaizen Institut, Philadelphia, SUA ([http://books.google.ro/books/about/Gemba\\_Kaizen](http://books.google.ro/books/about/Gemba_Kaizen)).
- [15] Liker, J.K., (2009), *Le modèle Toyota: 14 principes qui feront la réussite de votre entreprise*, Pearson education France, Paris.
- [16] Olaru, M., (1999), *Managementul calității*, ed. a-II-a, Economica Publishing House, Bucharest
- [17] Sadgrove, K., (1999), *Managementul calității totale în acțiune*, Editura Rendrop&Straton, Bucharest
- [18] Dinis-Carvalho, J., Moreira, F., Braganca, S. Costa, E., Alves, A., & Sousa, R. (2015). Waste identification diagrams. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 26(3), 235–247.

- [19] Value Stream Mapping Workshop Training Material Brose BNA 2019.
- [20] F. Q. Zhao, Z. G. Liu. Industrial Transformation Strategy for the Manufacturing Sector of China in the Tide of Industry 4.0 [J]. Forum on Science and Technology in China, 2016(01): 58-62.
- [21] J. Zhou. Intelligent Manufacturing——Main Direction of "Made in China 2025"[J]. China Mechanical Engineering, 2015,26(17): 2273-2284.
- [22] S. Zhang. Industry 4.0 and Intelligent Manufacturing [J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2014,43(08): 1-5.
- [23] A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. J. Cottyn, H. Van Landeghem Department of Industrial Management, Ghent University, Zwijnaarde, Belgium, K. Stockman & S. Derammelaere.