

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

**OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LÍNEAS DE ENSAMBLE DE PARTES
AUTOMOTRICES**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN
INDUSTRIAL**

PRESENTA:

ING. YESSENIA ALVAREZ CASTILLO

DIRECTOR:

M.I.I JOSÉ JAVIER TREVIÑO URIBE

H. Matamoros, Tamaulipas, México

Octubre del 2019



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

**OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LÍNEAS DE ENSAMBLE DE
PARTES AUTOMOTRICES**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

PRESENTA:

DIRECTOR:

M.I.I JOSÉ JAVIER TREVIÑO URIBE

ASESORES:

DR. APOLINAR ZAPATA REBOLLOSO

M.C. CLAUDIO ALEJANDRO ALCALA SALINAS

H. Matamoros, Tamaulipas, México

Octubre del 2019

EXCELENCIA EN EDUCACIÓN TECNOLÓGICA®
TECNOLOGÍA ES PROGRESO®

Instituto Tecnológico
de Matamoros



Agradecimientos

Doy un profundo y sincero agradecimiento a Dios por haberme permitido vivir hasta este gran momento de mi vida, por acompañarme, guiarme a lo largo de mis estudios de maestría, por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles y por darme una vida llena de conocimientos, experiencias y sobre todo de felicidad.

Agradezco a mis padres Ma. Del Carmen Castillo Sánchez y Vicente Alvarez Sánchez, sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer toda una vida de lucha, sacrificio y superación constantes, solo deseo que entiendan que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes. Y que constituyen la herencia más valiosa que pueda recibir.

A mis hermanos Janeth y Vicente por ser parte de mi vida, por brindarme el apoyo y amor cuando más lo he necesitado.

A mis maestros por brindarme sus enseñanzas en clases que son y serán una gran enseñanza en el ámbito laboral. Y sin duda alguna, agradezco a mi asesor el MII Treviño Uribe José Javier por su esfuerzo y dedicación; sus conocimientos, su asesoría, su persistencia, su paciencia y su motivación que han sido fundamentales para mi formación profesional.

A mis asesoras la Ing. Bibiana Blanco y a la Ing. Mary García Nieves por su constante ayuda en mi desarrollo dentro de la empresa que se implementó este proyecto; al Ing. Armando Botti por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente.

Con admiración y respeto.

Gracias

Resumen

La empresa donde se llevó a cabo este proyecto, manufactura partes automotrices, como lo son: tableros, descansabrazos, revestimientos de las puertas, consolas centrales, entre otra gran variedad de productos para el interior de los automóviles. Desde luego el proyecto en cuestión se realizó implementando la herramienta OSKKK que busca la mejora, mediante la observación de trabajo y el análisis de tiempos, logramos optimizar el tiempo efectivo y carga de trabajo del operador mejorando el flujo de materiales y del producto terminado en una línea de producción. exponemos que el problema se origina por una mala utilización del recurso humano, implementando un análisis que lleva el uso de herramientas de manufactura esbelta, se logra incrementar la productividad de los trabajadores, eliminando tiempo ocioso, desperdicios, recorridos ineficientes, logrando una mejora significativa en el costo de mano de obra.

Abstract

The company where this project was carried out, manufactures automotive parts, such as: boards, armrests, door linings, central consoles, among other large variety of products for the interior of automobiles. Of course the project in question was carried out by implementing the OSKKK tool that seeks improvement, through the observation of work and time analysis; we managed to optimize the effective time and workload of the operator by improving the flow of materials and the finished product in a production line. We expose that the problem is caused by a bad use of human resources, implementing an analysis that leads to the use of lean manufacturing tools, it is possible to increase the productivity of the workers, eliminating idle time, waste, inefficient routes, achieving a significant improvement in the cost of labor.

Índice

Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	2
1.1. Descripción de la problemática	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos secundarios.....	3
1.4. Hipótesis	3
1.4.1. Hipótesis general	3
1.4.2. Hipótesis Secundarias	4
1.5. Justificación.....	4
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Marco histórico.....	6
2.1.1 Historia y Patrimonio de Inteva	7
2.1.2. Sistema de Producción Toyota (TPS)	9
2.1.3. Origen de Justo a Tiempo.....	10
2.1.4. Metodología 5S.....	11
2.1.5. Reingeniería	11
2.2. Marco Conceptual	11
2.3. Marco Teórico.....	19
2.3.1 ¿Que se conoce como Manufactura Esbelta?	19

2.3.2 Técnicas y Herramientas de Manufactura Esbelta.....	21
2.3.2.1 5s y la Cultura <i>Lean</i>	21
2.3.3. Desperdicio	26
2.3.4. El sistema de Justo a Tiempo	27
2.3.5 Estudio de tiempos	35
2.3.6. <i>Takt Time</i> y Tiempo de Ciclo	36
2.3.7. <i>Kaizen</i>	37
2.3.8. Manejo de materiales.....	38
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	42
3.1 Población o muestra	42
3.2 Caracterización del área de trabajo	42
3.2.1 Información de la empresa	42
3.2.2 Datos de la empresa.....	42
3.3 Tipo de estudio.....	44
3.3.1 OSKKK	44
3.4 Procedimiento y descripción de las actividades desarrolladas.	47
3.4.1 Paso 1: Observación.....	47
3.4.2 Paso 2: Estandarización.	61
3.4.3 Paso 3: Kaizen de Flujo y Procesos.	72
3.4.4 Paso 4: <i>Kaizen</i> de Equipos.....	73
3.4.5 Paso 5: Kaizen de Layout	74
CAPÍTULO IV. RESULTADOS OBTENIDOS.....	76
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	79
Fuentes de información.....	80
Anexo 1.- Formato de Hoja de Observación de Tiempos.....	88
Anexo 2.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Actual Tesla Final Door	89
Anexo 3.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Actual Tesla Glove Box	89

Anexo 4.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Propuesto Tesla Final Door	90
Anexo 5.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Propuesto Tesla Glove Box	90
Anexo 6.- Requisición para Desviación de Proceso	91
Anexo 7.- Formato para requisición de trabajo programado para el taller de Kaizen	92

Índice de Figuras

Figura 1.- Los pilares del JIT	28
Figura 2.- Rio de las existencias	29
Figura 3.- Diferencia entre el enfoque tradicional y el enfoque JIT	30
Figura 4.-Problemas y Soluciones del JIT.	30
Figura 5.-Implantación del JIT	32
Figura 6.-Situación Actual de la plantilla de operadores de Tesla Final Door en primer y segundo turno.....	48
Figura 7.-Situación Actual de la plantilla de operadores de Tesla Glove Box en primer y segundo turno.....	49
Figura 8.-Estación 1 Tesla Final Door	50
Figura 9.-Estación 2 Tesla Final Door	51
Figura 10.-Estación 3 Tesla Final Door	51
Figura 11.-Estación 4 Tesla Final Door.....	52
Figura 12.-Estación 5 Tesla Final Door	52
Figura 13.-Balance Chart Actuales 6 días / 2 turnos	53
Figura 14.- Ruta para Tesla Final Door Front & Rear	55
Figura 15.-Ruta para Tesla Final Door Front & Rear	56
Figura 16.-Estación 1 Tesla Glove Box	57
Figura 17.-Estación 2 Tesla Glove Box	58
Figura 18.-Estación 3 Tesla Glove Box	58
Figura 19.-Estación 3 Tesla Glove Box	59
Figura 20.-Estación 4 Tesla Glove Box	59

Figura 21.-Línea Tesla Glove Box en oportunidad de mejor y fase de Observación .	60
Figura 22.-Diagrama de Ishikawa respecto al proyecto.	60
Figura 23.-Balance Chart Propuestos	63
Figura 24.-Plantilla de operadores propuesta.....	64
Figura 25.-Carrito para Bolster	65
Figura 26.-Carrito par Carrier y Beltline.....	66
Figura 27.-Uso incorrecto de los carritos de Tesla Final Door	67
Figura 28.-Layout de Tesla Recibo	68
Figura 29.-Tiempos de ciclo de las rutas de Tesla Final Door	68
Figura 30.-Layout de Tesla Glove Box	71
Figura 31.-Presentaciones de partes (3) modificadas para mejor facilidad de manejo para el operador.....	73

Índice de Tablas

Tabla 1.- Gráfica de “GAP” entre el presupuesto y el balanceo.....	47
Tabla 2.-Situación Actual de utilización de materialistas de la línea de ensamble Tesla Puerta Final.....	50
Tabla 3.- Situación Actual de utilización de materialistas de la línea de ensamble Tesla Puerta Final.....	55
Tabla 4.-Tiempos de ciclo por línea	62
Tabla 5.-Nueva utilización del operador materialista	69
Tabla 6.-Toma de tiempos a los operadores de Tesla Glove Box	69
Tabla 7.-Re balanceo de actividades de Tesla Glove Box.....	71
Tabla 8.-Relación de mejora.....	76
Tabla 9.-Relación de mejora.....	77
Tabla 10.-Relación de mejora.....	77

CAPÍTULO I
GENERALIDADES
DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Descripción de la problemática

La maquiladora en la cual se llevó a cabo el siguiente proyecto de tesis se encuentra ubicada en el parque industrial de la ciudad de Matamoros y es una de las más reconocidas dentro de la zona por su avanzado nivel de manufactura y experiencia. Es un proveedor líder global que ofrece innovación en productos de partes automotrices.

El programa Tesla cuenta con 4 líneas en las que se ensamblan: puertas izquierda y derecha, guanteras, y una línea de inspección de productos pequeños, que en la actualidad constan de un flujo de procesos siguiente: Inyección por moldeo, lijado de insertos, limpieza de espuma, una línea de inspección de productos pequeños, y por ultimo las líneas de ensamble final de la Guanterera y las puertas finales (*Rear-Front*).

En estas líneas existen puestos de materialistas llamados internos (mueve el material dentro de la misma línea, es decir, entre sus estaciones y presentaciones de parte) o externos (que mueven el material en flujo para y desde la línea de producción hacia otros lugares) consistiendo generalmente en transportar el producto o componente y así poder ensamblar el producto final y enviarlo al cliente.

En este proyecto el problema que se expone es la mala utilización del recurso humano y de los materiales, así que, mediante tomas de tiempo, análisis de las cargas de trabajo, etc., buscaremos áreas de oportunidad para optimizar la utilización efectiva de materialistas y operadores para determinar los que son realmente requeridos para la función y a su vez equilibrar sus cargas de trabajo y mejorando el flujo de materiales en la línea de producción.

Dichas líneas tienen una problemática: existen 10 líneas con una elevada diferencia entre lo presupuestado (nos referimos al presupuesto con el cual se cotiza la línea de producción y por ende la ganancia futura) y el balanceo (es decir, el balanceo de personal operativo que el departamento de industrial), siendo un total de diferencia de 141 operadores, y si a esto le sumamos el 10% de ausentismo, nos da 45 operadores adicionales solo en Inteva Planta 1.

Por tal razón se consideró importante la elección de esta problemática ya que esta afecta al balance financiero de la empresa y por ende afectando el retorno de inversión a los accionistas.

1.2. Planteamiento del problema

¿Es posible optimizar el personal operativo en el área de líneas finales del auto eléctrico Tesla con la implementación de herramientas de la metodología *Lean Manufacturing*?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Con la aplicación de la metodología *Lean Manufacturing* se considera optimizar un 20% del personal en líneas finales de ensamble del auto eléctrico Tesla.

1.3.2. Objetivos secundarios

1. Identificar las Líneas Finales con mayor diferencia entre el presupuesto y el balanceo.
2. Revisión del cálculo del presupuesto (entender las tolerancias otorgadas por *scrap*, o eficiencia, etc.).
3. Revisar el balanceo (entender las tolerancias otorgadas por redondeo, inspecciones adicionales, distribución de *lay-out*, etc.).
4. Determinar la mejor estrategia para lograr lo presupuestado.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Con la aplicación de este proyecto se implementarán las rutas de materiales, se optimizará un 20% el personal materialista y operativo, además de espacios ocupados con inventarios en líneas de producción.

1.4.2. Hipótesis Secundarias

1. Los diferentes números de parte de la línea final de ensamble del automóvil Tesla Puertas Finales (*Front*) son los que presentan una diferencia notable de tiempo en comparación su línea “espejo” (*Rear*).
2. El mayor porcentaje de tiempo muerto, es decir, tiempo sin valor agregado, es ocasionado por fallas intermitentes de los equipos en las estaciones de trabajo.
3. Plantear al área de ingeniería industrial, un nuevo balanceo, considerando técnicas de toma de tiempos a las diferentes líneas finales, para que así tengamos datos actuales y se optimice personal para el nuevo proyecto de manufactura de la planta.
4. Existe subutilización de las personas, es decir, no se utilizan habilidades y destrezas del personal operador, por lo tanto ciertas estaciones de la línea al momento de manufacturar ciertos números de parte.

1.5. Justificación

Económica. La reducción de personal en las líneas de ensamble final del auto eléctrico Tesla, se traduce en reducción de costos.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTOS
TEÓRICOS

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco histórico

Para el análisis de “Optimización de Operadores en Líneas Finales del auto eléctrico Tesla” en la empresa Inteva, se consultaron diferentes fuentes o trabajos relacionados a la metodología *Lean Manufacturing*:

I.F. Lizbeth Cristhal Rueda Blanco, (2007) en el Instituto Politécnico Nacional. Presento su Trabajo de Grado Académico de Maestro: Aplicación de la metodología *Seis Sigma* y *Lean Manufacturing* para la reducción de costos, en la producción de jeringas hipodérmicas desechables.

El Objetivo General de esta investigación es: Aplicar las técnicas y herramientas de las metodologías seis sigma y *lean manufacturing* para reducir costos de producción de jeringas hipodérmicas desechables de 1mL. Disminuir el desperdicio de un 4%, alcanzar los niveles estándar de eficiencia de producción (82%) y reducir costos en un margen de 8 a 10 MDD anuales derivado de los rubros anteriores. (Blanco, 2007)

Juan Manuel Bautista Arroyo, Alejandro Bautista Campillo y Salvador Rosas Campillo, (2010) en el Instituto Politécnico Nacional. Presentaron su Trabajo de Grado Académico de Ingeniero: Metodología para la Implementación de la Manufactura Esbelta en los procesos productivos para la Mejora Continua.

El Objetivo General de esta investigación es: Utilizar la metodología contenida en este proyecto, para implementar y aplicar la Manufactura Esbelta en los ámbitos de nuestra vida cotidiana. Desarrollando una cultura de eliminar todos los desperdicios presentes en los procesos productivos y así aprovechar al máximo los recursos disponibles para una Mejora Continua. (Bautista Arroyo, Bautista Campillo, & Rosas Campillo, 2010)

Pablo Tinajero Trejo, (2008) en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Presento su trabajo de Grado Académico de Maestro: Aplicación de una metodología para diagnosticar y mejorar un sistema de suministro de materiales, basada en los principios de Manufactura Esbelta, Logística Esbelta y Administración de Cadenas de Valor.

El Objetivo General de esta investigación es: Desarrollar y aplicar una metodología para evaluar el desempeño y proponer mejorar en el sistema de suministro de materiales a la línea de producción de ensamblajes primarios de la

planta más moderna de una empresa manufacturera con operaciones en México. (Tinajero Trejo, 2008)

Marco Antonio Aranibar Gamarra, (2016) en Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Presento su trabajo de Grado Académico de Ingeniero: Aplicación del *Lean Manufacturing*, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera.

El Objetivo General de esta investigación es: Aplicación del *Lean Manufacturing*, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera. (Aranibar Gamarra, 2016)

Abigail Castrejón Gallegos, (2016) en Instituto Politécnico Nacional. Presento su trabajo de Grado Académico de Maestro: Implementación de Herramientas de *Lean Manufacturing* en el Área de Empaque de un Laboratorio Farmacéutico.

El objetivo General de esta investigación es: Realizar un análisis de proceso empaque de las líneas blisteras en un Laboratorio Farmacéutico para identificar las principales áreas de oportunidad e implementar herramientas de *Lean Manufacturing* para su resolución, desarrollando para cada herramienta una metodología que permita su implementación. (Castrejon Gallegos, 2016)

2.1.1 Historia y Patrimonio de Inteva

Aunque la marca Inteva *Products* se introdujo en el mercado en 2008, la compañía posee una rica historia internacional que se remonta al establecimiento del proveedor alemán de transporte Traugott Golde en 1872. En los siguientes 30 años, cuatro proveedores automotrices adicionales, *Inland Manufacturing Company*, *Guide Lamp*, *Fisher Body Company* y *Arvin Heater Company* nacieron, creando los orígenes de las cuatro principales líneas de productos de Inteva. (Inteva México S. De R L De C.V)

Motores y Electrónica

El primer diseño de motor nació en Levallois-Perret en 1977, lo que solía ser el cuartel general de *Compagnie Industrielle de Mécanismes*, un subsidio francés del grupo británico Wilmot Breedon. Unos años más tarde, Rockwell International adquirió Breedon, donde las ventas del regulador de ventanas de "12 vatios" alcanzaron las 3.500 unidades, una venta que fue solo el comienzo de una línea de muchos avances innovadores.

En 1990, el volumen de producción superó los cinco millones de motores y amplió su cartera con varios fabricantes de equipos originales de prestigio. La división automovilística de Rockwell se escindió más tarde como una empresa que

cotiza en bolsa, ArvinMeritor, a fines de los 90. A medida que el milenio comenzó, más de nueve millones de motores se produjeron en un año con la venta del motor del asiento. Con tales expansiones comerciales, se desarrollaron muchas instalaciones para apoyar la producción y la integración con Inteva. (Inteva México S. De R L De C.V)

Sistemas de techo

Fundada en 1872 como proveedor de componentes de carro, Traugott Golde comenzó a suministrar componentes de techo solar en 1904 y techos solares automotrices en 1927. En 1950, su compañía sucesora, Golde GmbH, se convirtió en el primer proveedor de techos corredizos, y en 1973 desarrolló el mundo primer módulo de deslizamiento e inclinación.

En 1973, Rockwell Automotive, el predecesor de ArvinMeritor, compró Golde y luego creó el primer módulo de techo solar integrado de paneles múltiples para convertirse en líder de los grandes sistemas de techo solar de apertura. La producción masiva de techos solares de vidrio como un sistema completo comenzó en 1985. Tres años más tarde vino la introducción del primer sistema de techo solar de paneles múltiples en el Audi A2.

El primer gran sistema de techo solar de apertura se lanzó en 2004. *Roof Systems* se convirtió en una línea de productos Inteva en enero de 2011 después de que Inteva adquirió la división de sistemas corporales de ArvinMeritor. En julio de 2011, las operaciones SAMAP de Inteva Products en Shanghai, China celebraron la producción de su techo solar número un millón. En 2012, Inteva lanzó su primer innovador sistema modular de techo panorámico para vehículos *premium*. La producción de techos en América del Norte comenzó en 2013 en Inteva Gadsden Operations en Alabama. (Inteva México S. De R L De C.V)

Sistemas de cierre

Mientras Traugott Golde estaba en medio de la producción de techos solares automotrices, Wilmot Breeden comenzó a fabricar pestillos automotrices en Birmingham, Inglaterra en 1928. Años después, otro avance en el sistema de cierre se desarrolló cuando *Compagnie Industrielle de Mecanismes SA* lanzó el primer módulo de puerta sellada del mundo en Francia en 1968.

Posteriormente, ambas compañías europeas fueron adquiridas por Rockwell *International Corporation*. Se agregaron múltiples patentes de cierres a la lista de cierres de Inteva a medida que avanzaban los desarrollos, incluido el Cierre de compuerta trasera Versamount y el primer sistema de bloqueo electrónico. (Inteva México S. De R L De C.V)

Sistemas interiores

En 1918, la *Dayton Wright Company* se convirtió en una filial de General Motors que marcó la mudanza de Dayton en la producción de piezas para el interior del automóvil. A principios de la década de 1920, el nombre de la empresa se cambió a *Inland Manufacturing* y en 1923, los ingenieros de Inland estaban trabajando con materiales moldeados. En 1929, se instaló un equipo de manipulación de caucho para pequeñas piezas interiores.

En 1934, Inland experimentó por primera vez con material de moldeo de plástico y pronto se moldearon paneles de instrumentos y otros productos pequeños de plástico. En 1956, comenzó la producción en una plataforma de seguridad cubierta de terpolímero para paneles de instrumentos de automóviles. En 1965 llegó el primer uso de plástico moldeado por inyección. La fabricación de interiores se amplió en 1982 para incluir consolas de piso seguidas de montaje en cabina en 1997. A principios de la década de 2000 se patentó un material de olefina termoplástico (TPO) único y de alto rendimiento. Hoy en día, este material se utiliza en varios programas automotrices de todo el mundo.

Desde que se fundó *Inteva Products* en 2008, se ha expandido a 50 ubicaciones en 5 continentes. Es este rico patrimonio lo que le ha permitido a Inteva alcanzar el éxito como el socio de mayor confianza del mundo para los fabricantes de automóviles en todo el mundo. (Inteva México S. De R L De C.V)

2.1.2. Sistema de Producción Toyota (TPS)

El sistema de producción esbelta (*Lean Manufacturing* o *Lean Production*) o el sistema de producción Toyota (SPT) tiene su origen en la industria manufacturera de automóviles japonesa, Toyota, denominado hoy como Posfordismo o Toyotismo que es el nuevo paradigma productivo que combina el nuevo consumidor con la automatización e informatización.

Después de la crisis energética de 1973 con precios altos del petróleo causado por el desequilibrio de las fuerzas de la demanda y oferta, Toyota fue la única empresa japonesa que se resistió al trabajar de manera eficiente y efectiva. La compañía logró superar esta crisis mediante el despliegue de una cultura de empoderamiento.

Los empleados de Toyota se embarcaron en el tren de mejora continua y estaban trabajando para eliminar las ineficiencias de los procesos de trabajo. Los resultados fueron la reducción de los plazos de fabricación y los costos, así como la mejora de la calidad y la satisfacción del cliente, a la cual llamaron Lean.

El denominativo Lean, salió a la luz, en la investigación realizada por el Massachusetts *Institute of Technology* (MIT). Comprobando que la industria japonesa estaba superando a la industria norteamericana en producción de automóviles. Existía la intención de entender por qué esta industria estaba siendo superada. El estudio de MIT en la industria automotriz (Womack, JP, Jones, DT & Roos, D., 1990) fue la que introdujo esta filosofía de producción esbelta (lean production) por primera vez. Eliminación de desperdicios basada en la historia de éxito de Toyota. (Womack, Jones, & D., 1990)

Sakichi Toyoda, su hijo Kiichiro Toyoda y el ingeniero Taiichi Ohno son los fundadores y los principales responsables del célebre sistema de producción de Toyota o “Toyota Production System” (TPS). (TOYOTA, 2017)

En 1902, Sakichi inventó un telar que podía detectar un hilo roto y detener el proceso de fabricación. De esta innovación surgió la idea pionera de un sistema de “eliminación completa de todos los residuos” y la búsqueda de métodos más eficientes en la producción. (TOYOTA, 2017)

Pero eso solo fue el principio.

En 1937, Kiichiro, hijo de Sakichi Toyoda, fundó Toyota Motor Corporation y desarrolló su propia filosofía basada en el concepto de *justo a tiempo*, que se convertiría en uno de los pilares básicos del sistema de producción integral de la compañía. (TOYOTA, 2017)

Poco después, otro visionario (Eiji Toyoda, primo de Kiichiro) se convirtió en el presidente de Toyota *Motor Manufacturing* y le encargó al ingeniero Taiichi Ohno la siempre exigente tarea de aumentar la productividad. (TOYOTA, 2017)

Ohno investigó y desarrolló el método de control de calidad del pionero W. Edwards Deming, basado en la mejora tecnológica de cada etapa de un negocio, desde el diseño hasta la post-venta. Así fue como dio forma definitiva al concepto de *justo a tiempo* y al principio de *Kaizen*, lo que convierte a Ohno en el verdadero artífice del TPS. (TOYOTA, 2017)

2.1.3. Origen de Justo a Tiempo

El concepto de justo a tiempo comenzó poco después de la Segunda Guerra Mundial como el Sistema de Producción Toyota. Hasta finales de los años 70 el sistema estuvo restringido a Toyota y a su familia de proveedores clave. En los años siguientes se extendió por todo Japón y hacia la década de los 80 llegó a occidente, con la industria automotriz como catalizadora. (GestioPolis, 2001)

2.1.4. Metodología 5S

La metodología de las 5S se creó en Toyota, en los años 60, y agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo. La metodología de las 5S es de origen japonés, y se denomina de tal manera ya que la primera letra del nombre de cada una de sus etapas es la letra ese (s). (López B. S., 2016)

2.1.5. Reingeniería

1990. Michael Hammer y James Champy publicaron el libro “reingeniería de las corporaciones”. La reingeniería es el “re pensamiento” fundamental y radical de los procesos, y rediseño de los mismos para obtener cambios dramáticos y mejoras sustentables mediante los siguientes principios: Hacer que varios trabajos se combinen en un solo, dejar que los empleados tomen decisiones, diseñar flujos naturales con pasos lógicos, eliminar o reducir los controles de los procesos, mayor participación del equipo que realiza la tarea; todo ello simplificando los procesos y haciéndolos más sencillos para alinearlos de principio a fin con el objetivo para el que la empresa fue creada. (Socconini, 2018)

2.2. Marco Conceptual

A continuación, se citan conceptos que facilitaran la mejor comprensión sobre los proyectos realizados

Actividad combinada.- Cuando se desea indicar que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo, se combinan símbolos de las actividades. (Suñe, Gil, & Arcusa, Manual práctico de diseño de sistemas productivos., 2004)

Actividad externa.- Es aquella que puede realizarse con la máquina y/u operación en marcha. (Inteva México S. De R L De C.V)

Actividad interna.- Es aquella que debe realizarse con la máquina y/u operación detenida; y por lo tanto es una forma de tiempo perdido. (Inteva México S. De R L De C.V)

Administración.- Es la parte fundamental de un proceso a través del cual se coordina los recursos con la finalidad de lograr una máxima eficiencia, calidad y productividad en base a sus objetivos. (Münch Galindo, 1997)

Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).- Es una agencia del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. Asegura condiciones de trabajo seguras y saludables para los hombres y mujeres trabajadores mediante el establecimiento y aplicación de normas, y mediante la capacitación, divulgación, educación y asistencia. (osha.gov)

Andon.- Elemento de la filosofía *Lean Manufacturing*, el cual agrupa un conjunto de medidas prácticas de comunicación utilizadas con el propósito de plasmar, de forma evidente y sencilla, el estado de algún sistema productivo. (Socconini, 2018)

Balanceo de línea.- Igualar los tiempos de ciclo (capacidad producto, asumiendo el 100% la utilización de la capacidad) para relativamente unidades pequeñas del proceso de manufactura, a través de una apropiada asignación de trabajos y máquinas; asegurando un flujo suave de producción. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD, 2008)

Capacidad Instalada.- Es nuestro tiempo disponible sobre nuestro *Takt time* actual. (Inteva México S. De R L De C.V)

Capacidad Requerida.- Es nuestro tiempo disponible sobre nuestro *Takt time*. (Inteva México S. De R L De C.V)

Cliente. - Se entiende por cliente la persona la cual adquiere un bien o servicio a cambio de alguna remuneración económica. (Inteva México S. De R L De C.V)

Conectividad.- Es el enlace de un proceso con otro mediante un flujo constante. (Inteva México S. De R L De C.V)

Corrección.- Inspección o reparación de un producto o servicio para satisfacer las necesidades del cliente. (Inteva México S. De R L De C.V)

Cuello de botella.- operación en el proceso que no tiene la capacidad necesaria para cumplir con la demanda del cliente... (Chase & Jacobs, Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros, 2010)

Demoras o tiempo de espera.- Operarios o clientes esperando por material o información. (Tejeda, MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS, 2011)

Desperdicio.- Es todo aquello que no agrega valor, y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar. Los 7 tipos de desperdicio son: sobreproducción, espera, transporte, sobreprocesamiento, inventario, movimiento, defectos o retrabajos. (Alberto, 2007)

Desperdicios primarios.- Exceso de personal, inventario y equipo. (Inteva México S. De R L De C.V)

Desperdicios secundarios.- Con operadores de más, “se inventa trabajo innecesario, incrementando la energía y el uso de materiales”. (Inteva México S. De R L De C.V)

Distribución de planta “Layout”. - Es un esquema detallado del arreglo de todas las instalaciones de la planta. (Barragán, 2013)

Eficiencia General de los Equipos (OEE).- Es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Esta herramienta también es conocida como TTR (Tasa de Retorno Total) cuando se utiliza en centros de producción de proyectos. (Inteva México S. De R L De C.V)

Espacio.- En lugar del procesamiento, el espacio se convierte en un factor de valor y el espacio excesivo para almacenar inventarios es un desperdicio. (Martichenko & Grabe, Building a Lean Fulfillment Stream, April 2010)

Estandarizar.- Es establecer normas o reglas para mantener y extender las mejoras conseguidas en la organización y limpieza con la ayuda de estándares. Todo siempre igual. (Inteva México S. De R L De C.V)

Fixture.- Es un dispositivo especial, el cual sostiene, soporta o es colocado sobre una pieza que va a ser maquinada. Es usado para localizar y fijar una pieza de trabajo de manera segura en la posición correcta con respecto a una herramienta. (Akao, 1997)

Flujo.- La realización progresiva de todas las tareas a lo largo de flujo de valor. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Flujo continuo.- Se puede resumir en un simple enunciado: “Mover uno, Hacer uno” o (“mover un pequeño lote, hacer un pequeño lote”). (Villaseñor Alberto, 2007)

Flujo de una sola pieza.- Se refiere básicamente a tener un flujo de una pieza entre procesos. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

FTQ.- Primera calidad. Número de piezas que no pasaron satisfactoriamente el proceso en su primer intento. (Inteva México S. De R L De C.V)

Gemba.- El lugar real o el lugar específico. Indica la planta de producción y otras áreas donde se trabaja. En manufactura esbelta, la idea de *gemba* es que los problemas son visibles y las mejores ideas para la mejora vendrán de ir al *gemba*. (Manufacturing Terms.com)

Genchi genbutsu (Ir y ver).- Ir a ver, ir al lugar real y ver que está sucediendo realmente. (Manufacturing Terms.com)

Inventario.- Almacenamiento excesivo de materia prima, en proceso o terminada. Ocupan espacio y requieren de instalaciones adicionales de administración y administración. (Tejeda, MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS, 2011)

Just-In-Time (Justo a Tiempo).- Un proceso enfocado a incrementar el valor añadido y eliminar desperdicio; una técnica de calendarización de producción y control para algún determinado ítem o pieza necesaria en una operación de producción, precisamente cuando sea necesario y en la cantidad necesaria. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Kaizen.- Mejoramiento progresivo, continuo, que involucra a todos en la organización; alta administración, gerentes y trabajadores. (IMAI, 1998)

Kanban.- Es un sistema de control de producción para la producción *Just in Time* y para aprovechar plenamente las capacidades de los operarios. (Padilla, 2010)

Kanban de producción.- Tarjeta que indica el número de partes que se deben producir para sustituir lo que se ha tomado. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Kanban *Withdrawal* (Retiro constante).- Sistema de tarjeta para mover solo pequeñas cantidades de productos de una operación o proceso a otro, en intervalos de tiempos iguales para el takt time. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Lead Time (Plazo de entrega).- Plazo de tiempo que debe esperar un cliente para recibir un producto después de haber formalizado un pedido. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta).- Es una metodología de fabricación que busca la optimización a lo largo de todo el flujo de valor mediante la eliminación de “Muda” (pérdidas), y persigue incorporar la calidad en el proceso de fabricación reconociendo al mismo tiempo el principio de la reducción de costes. (Ohno, 1990)

Mantenimiento Productivo Total (TPM).- Es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas. (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE.COM)

Mapa de procesos.- Representación visual del flujo de información, materiales y producto mismo a lo largo de todos los procesos. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Mini mercado.- Área asignada en producción para almacenar materiales que se utilizaran en las celdas. (Inteva México S. De R L De C.V)

Movimiento.- Cualquier movimiento o trabajo duro que no es de valor agregado. Fuente especificada no válida. (Inteva México S. De R L De C.V)

Muda (waste).- Desperdicio. Actividades y resultados a ser eliminados. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Mura.- Inconsistencia. Cuello de botella (Interrupción en el flujo normal de trabajo). (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

MRP (Planeación de Requerimientos de Materiales).- Un sistema para determinar la cantidad de tiempo y materiales utilizados en la programación de la producción. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Muri.- Irrazonable. Condiciones estresantes o absurdas para los trabajadores y maquinas. (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Nivelación de producción (Heijunka).- Se utiliza para amortiguar la variación de la demanda de los clientes y permitir que la fabricación se desarrolle de forma estable. (Inteva México S. De R L De C.V)

OA.- Disponibilidad operativa. Porcentaje de tiempo en el que el equipo está listo para correr. (Inteva México S. De R L De C.V)

Operaciones Externas.- Corresponde a las operaciones que se realizan con la maquina encendida. (Ron, 2007)

Operaciones Internas.- Corresponde a operaciones que se realizan a máquina parada. (Ron, 2007)

Optimización.- Es la búsqueda de la solución óptima de un problema maximizando los resultados y reduciendo costos, distancias y tiempo. (López B. A., 2014)

Organización Internacional de Normalización (ISO).- Es una organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de estandarización. (iso.org)

Parte.- La unidad individual más pequeña de un producto que crea un ensamble o sistema. (Remanufacturing, 2014)

Performance (Desempeño).- Capta las pérdidas asociadas con no trabajar el horario programado, falta de operadores, fuera de material y sobre ciclo. (Inteva México S. De R L De C.V)

Procesos por lotes.- El flujo productivo ocurre por lotes. Cada determinado tiempo el proceso genera un lote de productos (igual cantidad determinada de productos). Entre el final del lote y el principio del siguiente hay un tiempo improductivo debido a la manipulación o reajuste de la maquinaria. (Suñe, Gil, & Arcusa, Manual práctico de diseño de sistemas productivos., 2014)

Procesos unidad por unidad.- El flujo productivo ocurre de forma cíclica generando un producto unitario cada cierto tiempo y de forma continuada. (Suñe, Gil, & Arcusa, Manual práctico de diseño de sistemas productivos., 2014)

Productividad.- Proporción de productos a insumos en un cierto periodo, es decir, los productos que se desea producir entre los insumos que se requieren para producir en cierto periodo establecido. (Koontz & Weihrich, Elementos de la administracion un enfoque internacional y de innovacion., 2013)

Pitch.- Cantidad de tiempo utilizada en producción de lotes pequeños (basada en el takt time) requerida para que las operaciones realicen unidades que formes paquetes con cantidades predeterminadas de trabajo en proceso (WIP). (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Preparación externa.- Operaciones de preparación que pueden llevarse a cabo mientras la maquina está operando tales como: transporte de útiles o herramientas desde el almacén. (Inteva México S. De R L De C.V)

Procesamiento.- Trabajo adicional que no agrega valor al cliente ni a la parte. (Inteva México S. De R L De C.V)

Productividad. - De acuerdo con los autores Harold Koontz y Heinz Weihrich. Se define como la proporción de productos a insumos en un cierto periodo, es decir los productos que se desea producir entre los insumos que se requieren para producir en cierto periodo establecido. (Koontz & Weihrich, Elementos de la administración un enfoque internacional y de innovación, 2007)

Rate.- Cantidad de piezas respecto a una unidad de tiempo. (Inteva México S. De R L De C.V)

Reducción de tiempo.- Disminuir el tiempo que demora un operario, maquina o proceso en ser completado. (Casanovas, 2012)

Scrap.- Productos que no cumplieron con la calidad para dárselos al cliente. (Inteva México S. De R L De C.V)

Single Minute Exchange of Die (SMED).- Teoría y técnicas diseñadas para realizar operaciones de cambio de herramienta/utillaje en menos de 10 minutos. (Shingo, 1989)

Sistemas de Auditoria de Seguridad y Salud (SQAS).- Se basa en la comprobación del cumplimiento de los requisitos de calidad, seguridad y medio ambiente definidos por la industria química para sus proveedores. (sqas.org)

Sistema de Producción Toyota (TPS).- Permite a los equipos de trabajo optimizar la calidad por medio de un constante mejoramiento y eliminación de desperdicio innecesario en términos de recursos naturales, humanos y corporativos. TPS influencia cada aspecto de la organización Toyota e incluye variedad de valores, conocimiento y procedimientos, lo cual motiva los empleados con responsabilidades bien definidas en cada paso de la producción y estimula el mejoramiento continuo. (Toyota, 2010)

Sistema pull o jalar.- Un sistema en el cual el cliente jala el trabajo, y siguiendo esa reacción a proveedores, luego fabricante. En el piso, es aquel sistema que jala el trabajo desde la estación de trabajo más cercana al cliente final, hacia atrás

(posiciones anteriores). (Villalva, HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2008)

Sobreproducción.- Hacer el producto antes, más rápido o en cantidades mayores a las requeridas por el cliente, ya sea interno o externo. (Tejeda, MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS, 2011)

Subutilización del personal.- Cuando no se utilizan las habilidades y destrezas del personal (habilidad creativa, física y mental). (Tejeda, MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS, 2011)

Takt Time (TT).- Es el *rate* de la demanda del cliente. (Inteva México S. De R L De C.V)

Tiempo de ciclo.- Se describe como el tiempo que demora el completar una tarea desde su principio hasta el fin. (Tejeda, MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS, 2011)

Tiempo de ciclo de máquina.- Tiempo utilizado por la máquina para procesar una pieza. Incluye todas las actividades de VA y NVA de máquina, así como la espera por la carga y descarga que hace el operador. (Inteva México S. De R L De C.V)

Tiempo de ciclo del operador.- Tiempo utilizado por el operador para realizar una tarea o actividad a una pieza. Incluye todas las actividades de VA y VNA que realiza el operador. (Inteva México S. De R L De C.V)

Tiempo de espera.- Demasiado tiempo de un paso al siguiente. (Martichenko & Grabe, Building a Lean Fulfillment Stream, April 2010)

Toma de tiempo.- Herramienta utilizada principalmente por los ingenieros industriales con la ayuda de un cronometro, que permite analizar las demoras en el proceso. (Chase & Jacobs, Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros, 2010)

Trabajo estandarizado.- Un método repetible y estable para lograr una producción eficiente considerando la seguridad, calidad, cantidad y costo. . (Inteva México S. De R L De C.V)

Utilización de la maquina.- Es el tiempo total de las actividades (VA+NVA) realizadas por la máquina, divididas en el “TT” o “TTA” de cada una de ellas. . (Inteva México S. De R L De C.V)

Utilización efectiva de la maquina.- Es el tiempo total de las actividades (VA) realizadas por la máquina, divididas en el “TT” o “TTA” de cada una de ellas. . (Inteva México S. De R L De C.V)

Utilización del operador.- Es el tiempo total de las actividades (VA, NVA) realizadas por los operadores, divididas en el “TT” o “TTA” de cada una de ellas. . (Inteva México S. De R L De C.V)

Utilización efectiva del operador.- Es el tiempo total de las actividades (VA) realizadas por los operadores, divididas en el “TT” o “TTA” de cada una de ellas. . (Inteva México S. De R L De C.V)

Valor agregado.- Es todo proceso que cambia la forma, ajuste o función del producto para cumplir con las especificaciones de cómo lo quiere el cliente. Es trabajo por el cual desea pagar. (Tinoco, 2010)

5’S.- Se refiere a las cinco palabras japonesas: *seiri* (seleccionar), *seiton* (ordenar), *seiso* (limpiar), *seiketsu* (estandarizar), *shitsuke* (disciplinar). Estas palabras expresan los principios de mantener una efectiva y eficiente área de trabajo. (Villalva, Herramientas y Tecnicas Lean Manufacturing en sistemas de produccion y calidad, 2008)

2.3. Marco Teórico

En este proyecto, se utilizó las herramientas de manufactura esbelta y la metodología “OSKKK” como métodos a seguir para disminuir los desperdicios, ya sea de tiempo, espacio y darle un control a la organización estandarizando las líneas finales del auto eléctrico Tesla.

2.3.1 ¿Que se conoce como Manufactura Esbelta?

“La Manufactura Esbelta son varias herramientas que le ayudará a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.” (Mandujano, 2004)

Beneficios

No hay duda de los beneficios asociados con la adopción de la filosofía *lean* como forma de trabajo. Todo tipo de industria puede beneficiarse de la transformación *lean*, incluyendo industrias como la aeroespacial, automotriz, química, industrial,

farmacéutica, productos de consumo, talleres, industrias de servicio, etc. Algunos de los beneficios a largo plazo que se pueden esperar son (Tapping, 2003) :

- Operaciones.- Disminución del 60% de las operaciones.
- Producto en proceso.- De semanas a días.
- Rango de defectos.- De 3 sigmas a 6 sigmas (de 10,000 partes por millón a 3.4 partes defectuosas por millón).
- Valor agregado.- Incremento del 500%.
- Tiempos de preparación.- De horas a minutos.
- Efectividad y eficiencia de los equipos.- Incremento del 40%.
- Ruta de producto.- De más de 300 metros a menos de 6 metros.
- Espacio.- Más del 50% de ahorro.
- Personal.- Significativo incremento en la participación y expresión del talento y el potencial de creatividad.

Existen otros beneficios tangibles de la adopción de la filosofía *lean* (Tapping, 2003):

- Hacer el trabajo más seguro y sencillo.
- Percepción fina.
- Promueve la cooperación.
- Rápida retroalimentación.
- Acciones correctivas inmediatas.
- Rápido aprendizaje.
- Procesos confiables de mejora

¿Cómo iniciar la implementación de *Lean Manufacturing*?

El inicio de la implementación de *Lean Manufacturing* debe estar cubierto por políticas organizacionales donde el liderazgo de la organización se compromete con dar soporte de manera estructurada y apoyo presupuestar así como la conformación de un equipo y una estrategia de implementación que determine cuáles serán las herramientas, metodología de medición del avance de la implementación y el retorno de la inversión esperado. La organización debe tener en cuenta las tres prioridades para la implementación: Demanda, Flujo continuo, Nivelación.

Demanda del cliente.- La organización debe ocuparse de conocer y entender las necesidades que tiene del cliente que cubrirá el producto así como sus características más importantes (Calidad, precio, tiempo de entrega, vida útil, garantía, etc.).

Flujo Continuo.- Es fundamental para organizar que los clientes tanto internos como externos reciban el producto, los materiales y los documentos en su fase correspondiente del proceso y en el momento en que los requieran.

Nivelación de la producción.- La distribución de las cargas de trabajo de acuerdo a las estimaciones de implementación deben optar por la reducción del inventario final y el inventario en proceso, buscando alcanzar el flujo de una sola pieza, esto garantizara reducción del costo de producción y una respuesta siempre más rápida a las necesidades del cliente final.

2.3.2 Técnicas y Herramientas de Manufactura Esbelta

Las herramientas en las que nos enfocamos son 5s, Justo a tiempo, *Takt Time* y *Kaizen*.

2.3.2.1 5s y la Cultura *Lean*

La primera herramienta que se utilizo fue 5s, la cual está compuesta por cinco fases que intervienen durante el proceso de implementación del proyecto y cada fase se define con una palabra japonesa iniciada por la letra S.

La 1ª S es *Seiri* e implica seleccionar; separando los elementos necesarios de los innecesarios.

La 2ª S, *Seiton*, permite ordenar los elementos necesarios en el lugar de trabajo.

La 3ª S es *Seiso* y significa limpiar y sanear el entorno para anticiparse a los problemas.

La 4ª S es *Seiketsu* y permite estandarizar las normas generadas por los equipos.

Y la 5ª S, *Shitsuke*, dinamiza las auditorias de seguimiento y consolida el hábito de la Mejora Continua.

Las 5s tienen por objetivo realizar cambios ágiles y rápidos, con una visión a largo plazo, en la que participan activamente todas las personas de la organización para idear e implementar sus mejoras. Es determinante la implicación y participación de todos los niveles de la organización, sobretodo de la dirección y gerencia.

Las 5s aumentan el control visual de nuestros recursos y estandarizan nuestros estados óptimos de trabajo. Con ellas, logramos minimizar nuestros desperdicios y elementos innecesarios, mejorando así, la generación de valor en

nuestros productos y servicios. Las 5s nos ayudan a conseguir la obtención de certificaciones (ISO, OSHAS, SQAS...), siendo valoradas positivamente en sus auditorías.

Las 5s son por excelencia la herramienta idónea para introducir, fomentar y consolidar la participación, la toma de responsabilidades, la pro actividad, la comunicación, la creatividad, la sinergia, el compromiso, el deseo de mejora, la visión del valor y el compañerismo entre los empleados. Su estandarte es su robustez y agilidad que le permiten adaptarse y sostenerse a la totalidad de las empresas y actividades, siendo fácilmente integradas por las personas.

Con todas estas aportaciones mejoramos en la calidad (eficacia), la productividad (eficiencia) y la prevención de riesgos (seguridad), integrando y consolidando los equipos y la Mejora Continua (*Kaizen*) como hábitos de trabajo.

Las 5s están en constante Mejora Continua. Con un entorno cambiante y unos equipos en constante desarrollo, las soluciones aplicadas en el *gemba* se adaptan y mejoran día a día. Lo que ayer nos era útil hoy puede dejar de serlo. Siempre tenemos que evolucionar nuestros sistemas y estándares para lograr mantener y aumentar nuestro nivel en las 5s. Las 5s son un ciclo en constante progreso que va más allá de la implementación inicial del proyecto. Persisten como hábito en las personas. (Aldavert, Vidal, Lorente, & Aldavert, 5S para la Mejora Continua, 2019)

Del TPS (*Toyota Production System*) al Lean. La cultura que da sentido a las 5s.

Los 14 principios del TPS

Esta cultura creada por Toyota está compuesta por 14 principios agrupados en 4 secciones. Siendo estos principios una guía con aquellos aspectos a trabajar, fomentar e invertir para lograr hacer de la Mejora Continua y el aprendizaje una actividad diaria; común para todo el equipo.

Je Jeffrey K. Liker plasmo en el libro, “*Las claves del éxito de Toyota*”, la esencia de la cultura y forma de pensar que ha conducido Toyota a ser el líder mundial del sector automovilístico (Liker, 2004). Los 14 principios empresarias (“mandamientos”) del modelo de Toyota son los siguientes:

Seccion I Desarrollar una filosofía a largo plazo.

Principio 1: Nuestras decisiones de gestión se basan en la visión a largo plazo, priorizándola ante los resultados a corto plazo.

Seccion II Los resultados correctos se obtienen aplicando el proceso correcto.

Principio 2: Elaboramos procesos de flujo continuo para hacer aflorar los problemas.

Principio 3: Aplicamos proceso “*pull*” para producir la cantidad justa. El cliente nos tira del proceso de fabricación.

Principio 4: Nivelar la carga de trabajo, haciendo constante el nivel de producción (*heijunka*).

Principio 5: Parar los procesos al detectar los problemas, y corregirlos resolviéndolos para evitar reproceso o engrandecer el problema. Logramos la calidad a la primera.

Principio 6: Estandarizamos, definiendo normas de trabajo, para permitir la Mejora Continua y la autonomía del trabajador.

Principio 7: Usar el control visual para resaltar los problemas y anomalías.

Principio 8: Usar e implementar solamente la tecnología fiable.

Seccion III Capacitar al conjunto de los trabajadores para aumentar el valor de la organización.

Principio 9: Hacer crecer a los líderes para que, comprendan la sistemática del trabajo e interioricen la filosofía de la empresa para transmitirlo a los compañeros.

Principio 10: Capacitar a las personas y generar equipos alineados a los propósitos de la empresa.

Principio 11: Aportar valor a la sistemática de la cual formamos parte. Respetando y ayudando a la nuestra red de proveedores, clientes y socios.

Seccion IV Resolución continúa de los problemas y generación de nuevas oportunidades. Estimulando la creatividad y el aprendizaje tanto a nivel personal como organizacional.

Principio 12: Ir a la fuente del problema comprenderlo y remediarlo (*genchi genbutsu*).

Principio 13: Tomar las decisiones por consenso lentamente, estudiando todas las opciones, para determinar la solución más óptima e implementarla rápida y exitosamente.

Principio 14: Convertirse en una organización que aprende mediante la reflexión constante (*hansei*) y la Mejora Continua (*kaizen*), enriqueciéndose y sosteniéndose en el tiempo.

Para poder cumplir los 14 principios y sostener su cultura, el TPS se nutre y refuerza con un conjunto de herramientas metodológicas focalizadas en llevarlos a cabo. De este modo, tenemos mecanismos con los que trabajar diario para alcanzar el estado ideal que nos proporciona la cultura de la Mejora Continua (sin estas herramientas, la cultura quedaría como una simple filosofía alejada de la verdad de la organización y su entorno, resultando una quimera posible de alcanzar).

Las herramientas metodológicas son el vínculo o unión de la cultura para pragmatismo de la realidad (parte operativa). Una de las metodologías más efectivas e iniciales a realizar para culturalizar la organización, son las 5s. (Aldavert, Vidal, Lorente, & Aldavert, 5S para la Mejora Continua, 2019)

Lean

Los 14 principios del TPS con su conjunto de herramientas fueron diseñados para funcionar en un entorno determinado (cultura japonesa, sector automovilístico...). James P. Womack y Daniel T. Jones los estudiaron y a través de su obra "*Lean thinking*" (Womack & Jones, 1996) los adaptaron a la cultura occidental, abriéndolos a la totalidad de los sectores.

De este modo, los principios de Toyota son exportados y transmitidos a todo el mundo a través del Lean. Entendemos por cultura Lean, la filosofía y herramienta basadas en los 14 principios que buscan la eficacia y la eficiencia de cualquier empresa, sin discriminar en sector, tamaño, capital o personal, partiendo de la Mejora Continua, el aprendizaje y la implicación de la toda la organización.

Las 5s son la base metodológicamente del Lean, siendo la herramienta de inicio para el conjunto de herramientas del *Lean* (TPM, SMED, OEE, *Kaizen*, Kanban,...). (Aldavert, Vidal, Lorente, & Aldavert, 5S para la Mejora Continua, 2009)

Gemba, el entorno de trabajo. Generación de valor... y de despilfarros.

¿Realmente conocemos nuestro espacio de trabajo? ¿Le estamos sacando su máximo potencial?,... En japonés, *Gemba* significa el espacio de trabajo donde generamos nuestro valor. Nuestra conexión con el *gemba* debe ser altamente fluida, directa, e inmediata, sin obstáculos o barreras que impidan esta rápida y fructífera conexión.

Por el contrario, solemos llenar con innecesarios el espacio que nos rodea, disminuyendo, distanciando e interrumpiendo el vínculo con nuestro *gemba*. Por cada elemento innecesario o mal ordenado perdemos tiempo que podríamos emplear en actividades más provechosas. Entorpecemos el flujo de valor en nuestro *gemba* puesto que, dedicamos nuestra atención a elementos que no la requieren.

¿Qué conseguimos buscando, pensando, recordando donde esta lo que necesitamos?... Entonces, ¿por qué perdemos nuestro tiempo y esfuerzos en algo tan inútil? En estos casos nos sentimos desbordados, fatigados y poco productivos (difícil poner orden a nuestras ideas si partimos de un espacio caótico).

“Que ideal sería tener bajo control nuestro entorno de trabajo...” No importa el sector o el tamaño de la empresa, el desorden siempre aparece... ¿Qué válvula debemos cerrar? ¿Qué tornillos debemos reponer? ¿Para qué necesitamos un armario si tenemos una impresora estropeada?

Es cuando fluimos en nuestro entorno de trabajo (espacio y compañeros) cuando somos capaces de afrontar los retos y dificultades.

Estos obstáculos que nos dificultan el avance hacia la consecución de nuestros objetivos tanto pueden ser elementos innecesarios (herramientas estropeadas, recambios desfasados, objetos inútiles en nuestro gema,...) como despilfarros en los procesos (actividades innecesarias, tiempos de espera entre operaciones...).

Toda actividad puede ser clasificada según 3 criterios para actuar al respecto. Potenciar las actividades con valor añadido (generación del producto o servicio que quiere el cliente), minimizar las actividades de no valor pero necesarias y eliminar los despilfarros.

Los despilfarros son actividades por los que el cliente no está dispuesto a pagar. El cliente adquiere un producto o servicio para cubrir unas necesidades. Lo que el cliente no valora son nuestras ineficiencias a la hora de producir o realizar nuestra actividad (gestiones innecesarias, re procesos,...). Los despilfarros nos limitan nuestra agilidad, rapidez y capacidad como organización, repercutiendo negativamente en nuestra competitividad.

Cada despilfarro encontrado es una oportunidad de mejora. Por este motivo es muy importante implementar mecanismos que nos indiquen su existencia (hacemos aflorar los despilfarros) para poder aplicarles su solución. De hecho la existencia de estos supone un importante coste a la organización y, además, no añaden ningún tipo de valor, por lo que el cliente no pagara por ello.

Según el Lean los despilfarros en el *gema* se originan por 8 causas. Estas causas son conocidas como los “8 despilfarros” y se extienden por todo el flujo de procesos de nuestra organización. Los 8 despilfarros que debemos combatir son la sobreproducción (producir más o sin pedido del cliente), los inventarios (exceso de material o información para el flujo de producción), los movimientos (movimientos de personas o maquinas innecesarios), los re procesos (trabajos adicionales y errores de calidad), los sobre procesos (operaciones inútiles o poco eficientes), los transportes (movimientos de materiales o información innecesarios para el proceso) y

el desaprovechamiento del talento (no usar las capacidades, habilidades e ideas de los trabajadores). Las 5s nos proporcionan mecanismos para eliminar e impedir la regeneración de elementos innecesarios e introducir en los equipos la mentalidad de la búsqueda constante del despilfarro, con la intención de eliminarlos y potenciar la generación del valor.

Las mejoras se generan desde la experiencia del puesto de trabajo, debemos ir “in situ” al *gemba* donde se genera el valor para comprender los problemas y visualizar las soluciones que los convierten en oportunidades. (Aldavert, Vidal, Lorente, & Aldavert, 5S para la Mejora Continua, 2019)

2.3.3. Desperdicio

Desde el punto de vista de la manufactura esbelta desperdicio son todas aquellas actividades que no agregan valor y que el cliente no está dispuesto a pagar, es decir, todo aquello que no aporta el funcionamiento o la mejora del producto y que al final hace que las organizaciones pierdan competitividad en el mercado.

Taiichi Ohno definió siete tipos de desperdicios, actividades que agregan costo y no general valor (Womack, 200); el Sistema de Producción Toyota reconoce estos siete desperdicios pero en los últimos años se ha adaptado uno adicional que tiene que ver con el talento de las personas. Es necesario recalcar la importancia del desperdicio número ocho, potencial humano, ya que este recurso es la base del cambio en la empresa (Bicheno, 2000).

Adicionalmente se han definido siete nuevos desperdicios, básicamente estos nuevos desperdicios están enfocados hacia las áreas que no se dedican directamente a la producción, como son contabilidad, recursos humanos, ventas, etc., y a continuación estos serán enunciados:

Sobreproducción.- Producir componentes que no van a ser utilizados o vendidos inmediatamente. Por ejemplo, lotes excesivamente grandes, producir solo para estar ocupados.

Tiempo muerto.- Cualquier periodo de tiempo en el cual un recurso no esté siendo utilizado para el fin por el cual existe. Por ejemplo, esperar por materiales, esperar autorización.

Transporte.- Mover cualquier material o producto más de lo estrictamente necesario. Por ejemplo, cargar papel entre departamentos, mover materiales.

Re procesos.- Cualquier proceso, producto o servicio que se repita agrega costo pero no valor. Por ejemplo, empaque innecesario, equipo equivocado para el trabajo.

Inventario.- Exceso de inventario de materia prima, producto en proceso o producto terminado. La cantidad mínima es demasiado.

Movimiento.- Exceso de inventario de materia prima, producto en proceso o producto terminado. La cantidad mínima es demasiado.

Defectos.- Cualquier movimiento no necesario para la terminación exitosa de un proceso. Levantar, doblar, estirar.

Defectos.- Cualquier producto o servicio que no cumpla con la satisfacción del cliente. Por ejemplo, retrabajo de cualquier producto, errores de papeleo.

Potencial humano.- Subutilización de la capacidad del recurso humano.

Sistemas inapropiados.- Sistemas de trabajo obsoletos.

Materiales.- Materiales obsoletos y daños en material.

Servicio y oficinas.- Tiempos muertos, horas hombre no productivas.

Tiempo del cliente.- Tiempo que el cliente invierte para obtener un producto o servicio sin obtener el mismo.

Clientes desertores.- Clientes que abandonan a la empresa.

Incapacidad para desarrollar al personal.- Personal que no crece dentro de la organización.

Además de estas categorías de desperdicios hay muchos más tipos de desperdicios más específicos. Para ayudar a definir, entender y eliminar los desperdicios, es de ayuda clasificarlos en tres diferentes niveles, desperdicios elevados que son aquellos que tienen un impacto muy grande como puede ser un flujo de producto inapropiado, desperdicios en métodos y procesos como puede ser un mal diseño del área de trabajo y el tercer nivel que son los micro desperdicios como puede ser el papeleo (Tapping, 2003).

2.3.4. El sistema de Justo a Tiempo

La segunda herramienta utilizada fue la metodología Justo a Tiempo es una filosofía industrial que puede resumirse en fábricas con productos estrictamente necesarios, en el momento preciso y en las cantidades debidas: “Hay que comprar o producir solo lo que se necesita y cuando se necesita” (Béranger, 1988). Otra definición es la siguiente:

“El JIT es una filosofía que define la forma en que debería gestionarse el sistema de producción” (O'Grady, 1993). Es una filosofía industrial de eliminación de

todo lo que implique desperdicio o despilfarro en el proceso de producción desde las comprar hasta la distribución. Despilfarros, en este contexto, significa “todo lo que no añade valor al producto” (O’Grady, 1993).

Es una metodología para alcanzar la excelencia en una empresa de manufactura, basada en la eliminación continua de desperdicios como inspecciones, transportes entre maquinas, almacenajes o preparaciones. Precisamente la denominación de este novedoso método productivo nos indica su filosofía de trabajo. Las materias primas y los productos llegan justo a tiempo, bien para la fabricación o para el servicio al cliente. (Arndt, Just in Time: El sistema de produccion Justo a Tiempo, 2005)

El JIT tiene 4 objetivos esenciales:

- Poner en evidencia los problemas fundamentales.
- Eliminar despilfarros.
- Buscar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas. Ver (Figura 1)

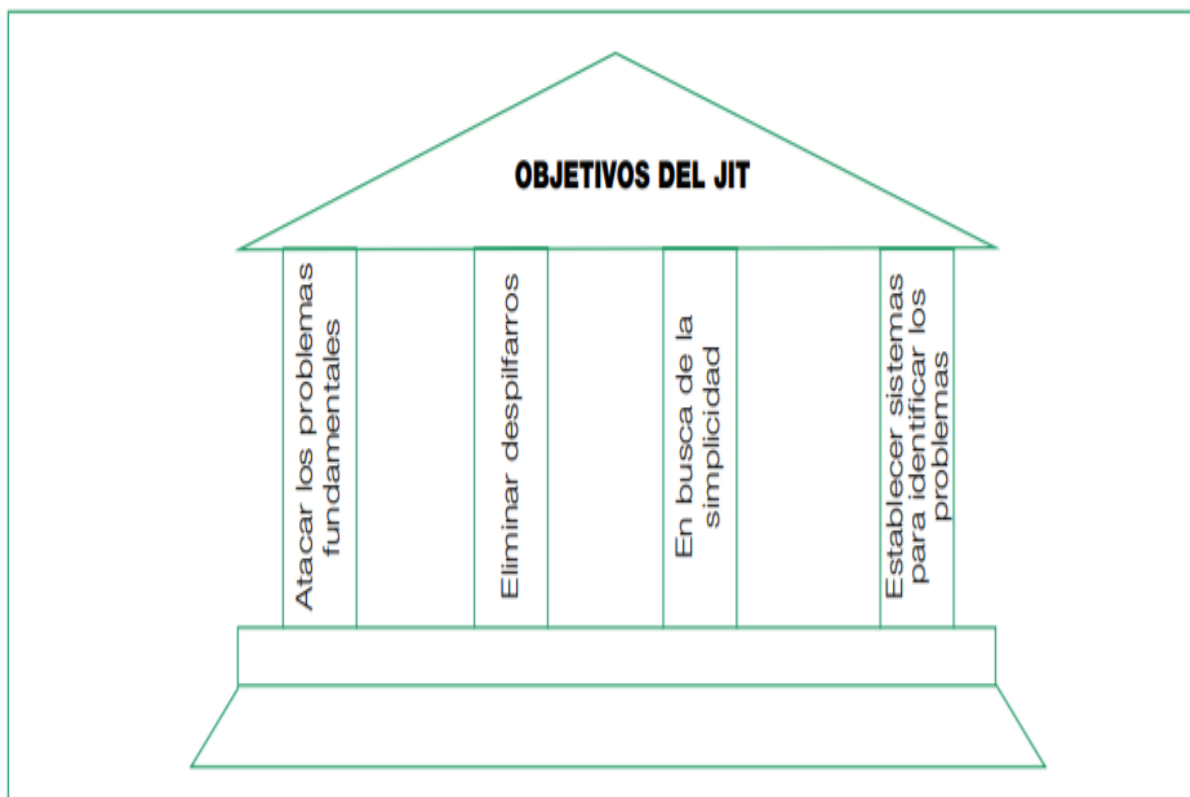


Figura 1.- Los pilares del JIT

Estos principios que forman una estructura alrededor del cual podemos formular la aplicación del sistema JIT.

Poner en evidencia los problemas fundamentales

Para describir el primer objetivo de la filosofía JIT los japoneses utilizan la analogía del “Río de las existencias”. Ver (Figura 2)

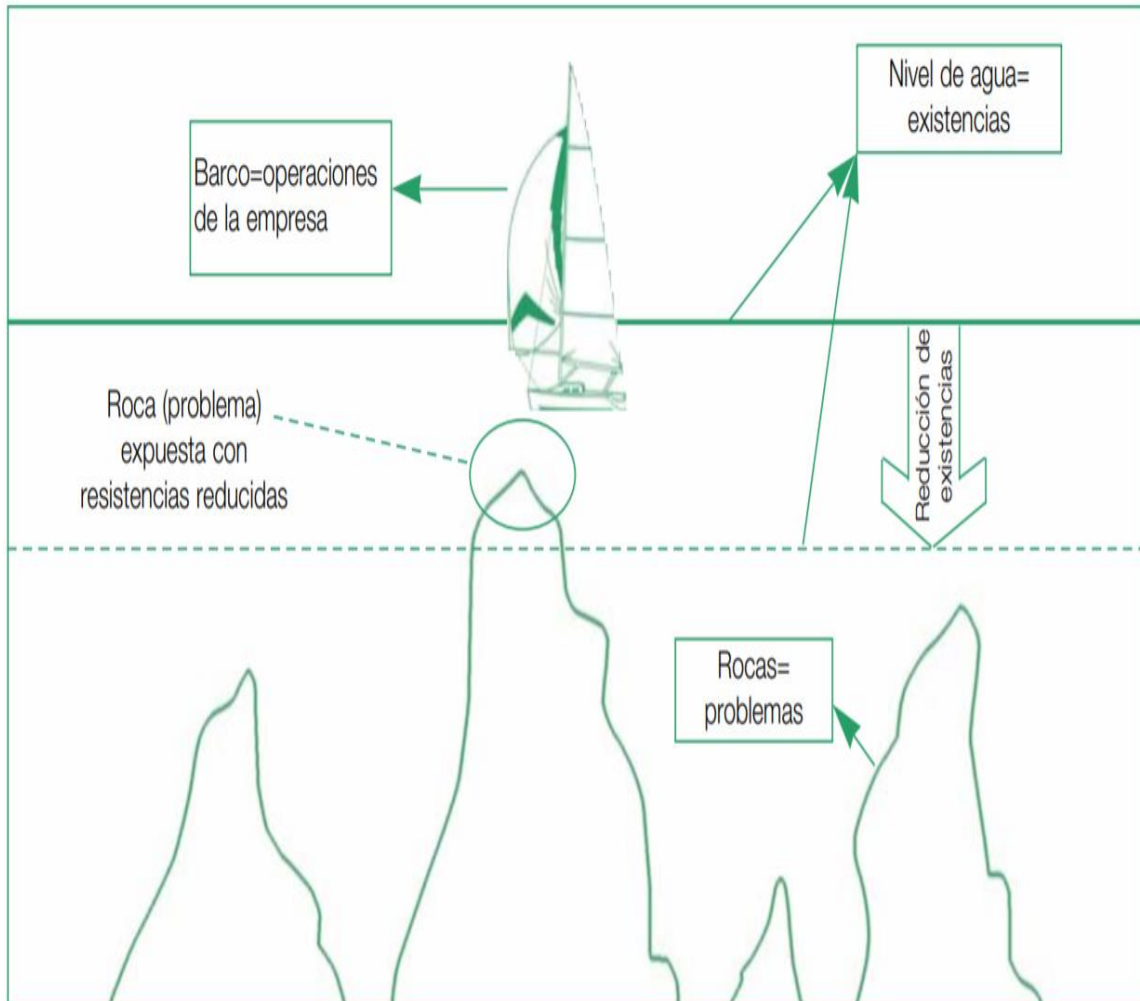


Figura 2.- Río de las existencias

El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río, en otras palabras, reducir el nivel de las existencias, descubre rocas, es decir, problemas.

Hasta hace bastante poco, cuando estos problemas surgían en algunas empresas, la respuesta en aumentar las existencias para tapan el problema. (Arndt, Just in Time: El sistema de produccion Justo a Tiempo, 2005). Ver (Figura 3).

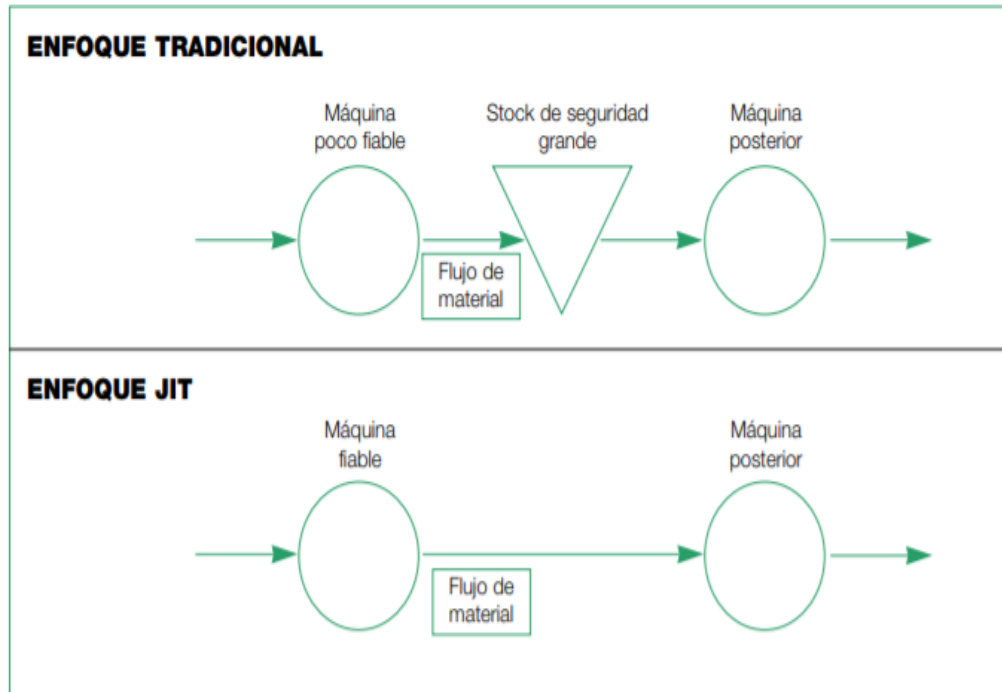


Figura 3.- Diferencia entre el enfoque tradicional y el enfoque JIT

En la Figura 4 se muestran algunos de los demás problemas y soluciones JIT.

PROBLEMA (ROCAS)	SOLUCIÓN TRADICIONAL	SOLUCIÓN JIT
<ul style="list-style-type: none"> • Máquina poco fiable • Zonas con cuellos de botella 	<ul style="list-style-type: none"> • Stock de seguridad grande • Programación mejor y más compleja 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la fiabilidad • Aumentar la capacidad y la polyvalencia de los operarios y máquinas
<ul style="list-style-type: none"> • Tamaños de lote grandes 	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenar 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el tiempo de preparación
<ul style="list-style-type: none"> • Plazos de fabricación largos 	<ul style="list-style-type: none"> • Acelerar algunos pedidos en base a prioridades 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir esperas, etc., mediante sistema de arrastre
<ul style="list-style-type: none"> • Calidad deficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar los controles 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar los procesos y/o proveedores

Figura 4.-Problemas y Soluciones del JIT.

Eliminar despilfarros

Eliminar despilfarros implica eliminar todas las actividades que no añaden valor al producto con lo que se reduce costes, mejora la calidad, reduce los plazos de fabricación y aumenta el nivel de servicio al cliente.

En este caso el enfoque JIT consiste en:

- Hacerlo bien a la primera.
- El operario asume la responsabilidad de controlar, es decir, el operario trabaja en autocontrol.
- Garantizar el proceso mediante el control estadístico (SPC).
- Analizar y prevenir los riesgos potenciales que hay en un proceso...
- Reducir *stocks* al máximo. (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

En busca de la simplicidad

El JIT pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz.

El primer tramo del camino hacia la simplicidad cubre dos zonas:

- Flujo de material
- Control de estas líneas de flujo

Un enfoque simple respecto al flujo de material es eliminar las rutas complejas y buscar líneas de flujo más directas, si es posible unidireccionales. Otro es agrupar los productos en familias que se fabrican en una línea de flujo, con lo que se facilita la gestión en celular de producción o “mini factorías”.

La simplicidad del JIT también se aplica al manejo de estas líneas de flujo. Un ejemplo es el sistema Kanban, en el que se arrastra el trabajo. (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

Establecer sistemas para identificar los problemas

Con los sistemas de arrastre / Kanban se sacan los problemas a la luz. Otro ejemplo es el uso del control de calidad estadístico que ayuda a identificar la fuente del problema.

Con el JIT cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial.

Si realmente queremos aplicar el JIT en serio tenemos que hacer 2 cosas:

- Establecer mecanismos para identificar problemas.

- Estar dispuestos a aceptar una reducción de la eficiencia a corto plazo con el fin de obtener una ventaja a largo plazo. (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

Diagrama de flujo

Según se indica en el diagrama de flujo, la implantación del JIT se puede dividir en cinco fases. Ver (Figura 5)



Figura 5.-Implantación del JIT

Primera fase: como poner el sistema en marcha.

Esta primera fase establece la base sobre la cual se construirá la aplicación. La aplicación JIT exige un cambio en la actitud de la empresa, y esta primera fase será determinante para conseguirlo. Para ello será necesario dar los siguientes pasos:

- Comprensión básica.
- Análisis de coste/beneficio.
- Compromiso.
- Decisión si/no para poner en práctica el JIT.
- Selección del equipo de proyecto para el JIT.
- Identificación de la planta piloto. (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

Segunda fase: mentalización, clave del éxito.

Esta fase implica la educación de todo el personal. Se le ha llamada clave del éxito porque si la empresa escatima recursos en esta fase, la aplicación resultante podría tener muchas dificultades.

Un programa de educación debe conseguir dos objetivos:

- Debe proporcionar una comprensión de la filosofía del JIT y su aplicación en la industria.
- El programa debe estructurarse de tal forma que los empleados empiecen a aplicar la filosofía JIT en su propio trabajo.

No debemos confundir esta etapa de la educación con la formación. Educación significa ofrecer una visión más amplia, describir como encajan los elementos entre sí. La información, en cambio, consiste en proporcionar un conocimiento detallado de un aspecto determinado. (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

Tercera fase: mejorar los procesos.

El objetivo de las dos primeras fases es ofrecer el entorno adecuado para una puesta en práctica satisfactoria del JIT. La tercera fase se requiere a cambios físicos de los procesos de fabricación que mejoraran el flujo del trabajo.

Los cambios de proceso tienen tres formas principales:

- Reducir el tiempo de preparación de las máquinas.
- Mantenimiento preventivo.
- Cambiar a líneas de flujo.

El tiempo de preparación es el tiempo que se tarda en cambiar una máquina para que pueda procesar otro tipo de producto. Para mejorar estos tiempos se utilizan herramientas como el *SMED* (cambio rápido de producción). Un tiempo de

preparación excesivo es perjudicial por dos razones principales. En primer lugar, es un tiempo durante el cual la máquina no produce nada, de modo que los tiempos de preparación largos disminuyen el rendimiento de la máquina.

En segundo lugar, cuanto más largo es, más grande tendería a ser el tamaño de lote, ya que, con un tiempo de preparación largo, no resulta económico producir lotes pequeños. Con los lotes grandes llegan los inconvenientes del alargamiento de los plazos de fabricación y aumento de los niveles de existencias. A medida que disminuyen los niveles de existencias en una aplicación JIT, las máquinas poco fiables son cada vez más problemáticas.

La reducción de los stocks de seguridad significa que si una máquina sufre una avería, les faltará material a las máquinas siguientes. Para evitar que esto suceda, la aplicación JIT deberá incluir un programa de mantenimiento preventivo para ayudar a garantizar una gran fiabilidad del proceso. Esto se puede conseguir delegando a los operarios la responsabilidad del mantenimiento rutinario.

El flujo de trabajo a través del sistema de fabricación puede mejorar sustituyendo la disposición más tradicional por líneas de flujo (normalmente en forma de U). De esta forma el trabajo puede fluir rápidamente de un proceso a otro, ya que son adyacentes, reduciéndose así considerablemente los plazos de fabricación. (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

Cuarta fase: mejoras en el control.

La forma en que se controle el sistema de fabricación determinará los resultados globales de la aplicación del JIT. El principio de la búsqueda de la simplicidad proporciona la base del esfuerzo por mejorar el mecanismo de control de fabricación:

- Sistema tipo arrastre.
- Control local en vez de centralizado.
- Control estadístico del proceso.
- Calidad en el origen (autocontrol, programas de sugerencias, etc.). (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

Quinta fase: relación cliente-proveedor.

Constituye la fase final de la aplicación del JIT. Hasta ahora se han descrito los cambios internos cuya finalidad es mejorar el proceso de fabricación. Para poder continuar el proceso de mejora se debe integrar a los proveedores externos y a los clientes externos. Esta quinta fase se debe empezar en paralelo con parte de la fase 2 y con las fases 3 y 4, ya que se necesita tiempo para discutir los requisitos del JIT con los proveedores y los clientes, y los cambios que hay que realizar requieren tiempo. Es importante la selección de proveedores en base a criterios logísticos (entre otros).

Con el JIT, el resultado neto es un aumento de la calidad, un suministro a más bajo coste, entrega a tiempo, con una mayor seguridad tanto para el proveedor como para el cliente. (Arndt, Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo, 2005)

2.3.5 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos a menudo se define como un método para determinar “un día de trabajo justo”... “el principio fundamental de la relación entre trabajo y remuneración es que el empleado recibe una paga justa por día de trabajo, por el que la compañía merece un día de trabajo justo”, se define como la “cantidad de trabajo que puede producir un empleado calificado cuando trabaja a paso normal y usando de manera efectiva su tiempo si el trabajo no está restringido por limitaciones de proceso” (Benjamin Niebel, Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo, 2018)

En nuestro proyecto fue necesario medir la cantidad de tiempo en el que el empleado, en este caso materialista, transporta cada uno de los productos terminados hacia el área de embarques, así como el materialista encargado de rellenar las líneas en las que se trabajan los productos, haciendo su labor de forma normal, sin presiones para que no se afectaran los tiempos y por hacerse más rápido se le incrementara una carga de trabajo que no fuera la ideal. La técnica empleada para medir el trabajo es el estudio de tiempos por cronometro.

Existen 2 procedimientos básicos para medir el tiempo de los elementos con cronometro de un ciclo de trabajo:

a) Lectura continua

Consiste en accionar el cronómetro y leerlo en el punto de terminación de cada elemento sin desactivar el cronómetro mientras dura el estudio. *se considera recomendable para cronometrar elementos cortos. (Gestiopolis, 2011)

b) Vuelta a cero o lectura repetitiva

Consiste en accionar el cronómetro desde cero al inicio de cada elemento y desactivarlo cuando termina el elemento y se regresa a cero, esto se hace sucesivamente hasta concluir el estudio. Se considera recomendable para cronometrar elementos largos. (Gestiopolis, 2011)

Se determinó que la mejor manera de estudiar el tiempo para nuestro caso sería de vuelta a cero o lectura repetitiva, puesto que el trabajo que estamos midiendo implica diferentes movimientos del operario ya que para la entrega de

materias primas es necesario rellenar las estaciones de trabajo con los números de parte que se necesiten y traerlos desde nuestro almacén o mini mercado dependiendo de nuestro componente y para el producto terminado tiene que preparar los pallets para recibir las cajas de nuevo producto, amarrarlos, subir a las carretillas, transportar el material, tiempos de espera en almacén que no son estandarizados, etc.

2.3.6. *Takt Time* y Tiempo de Ciclo.

La siguiente herramienta en que se basó el proyecto son los conceptos *takt time* (TT) y *tiempo de ciclo* (Tc) deben definirse claramente, pues aunque miden aspectos parecidos son muy distintos desde un punto de vista conceptual. Por este motivo conviene no confundirlos.

El *takt time* relaciona la demanda de los clientes con la disponibilidad de tiempo productivo. El *takt time* mide la cadencia (el ritmo) al cual deberíamos producir para satisfacer la demanda del cliente de forma exacta, de modo que representa un umbral de ritmo de producción.

Si se produce a un ritmo mayor (más rápidamente, con un *tiempo de ciclo* inferior al *takt time*) tendremos una capacidad superior a la demanda y el sistema deberá estar detenido parte de la jornada laboral. Si se produce a un ritmo menor (más lentamente, con un *tiempo de ciclo* superior al *takt time*) lo que ocurrirá es que nunca alcanzaremos la cantidad demandada y como resultado parte de la demanda quedara insatisfecha.

El *takt time* se mide en unidades de tiempo, por ejemplo segundos (s), minutos (min.) o diezmilésimas de hora (°°).

El *tiempo de ciclo* es un valor que describe el proceso productivo (y también un parámetro de diseño), a diferencia del *takt time* que es un valor obtenido a partir del ritmo de mercado y de tiempo productivo.

Si se quiere producir exactamente al ritmo del mercado (y por tanto sin generar stock de producto acabado) el parámetro de diseño deberá ser:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \text{Takt time}$$

Cumplir con este requisito, suele ser casi imposible. Por lo tanto el parámetro de diseño que suele utilizar es:

$$\text{Tiempo de ciclo} \text{ menos o igual que el } \text{takt time}$$

Asegurando así poder cubrir la demanda del cliente. Este parámetro de diseño tiene un impacto decisivo en el número de puestos de trabajos necesarios. (Suñe, Gil, & Arcusa, Manual práctico de diseño de sistemas productivos., 2004)

Capacidad y Productividad.

En muchos entornos industriales (especialmente con tradición de *producción en masa*) es muy frecuentemente encontrar la idea de que se es más eficiencia y productivo “cuando más y más rápido se produce”, midiéndose el éxito del sistema por las cantidades producidas, olvidando los recursos que se gastan para ello.

De esta forma el objetivo obsesivo es claro: producir cuanto más mejor. Esta lógica puede ser válida en una situación de crecimiento en la que todo lo que se produce se vende y por tanto “producir más” puede asociarse con “vender más” y “ganar más”.

Sin embargo en mercados competitivos y de demanda saturada (como casi todos los actuales) esta lógica puede ser totalmente inadecuada ya que para “ganar más” al no poder “vender más” lo que hacer es “producir más barato”. Y ello requiere a menudo reducir la cantidad (capacidad) para emplear los recursos más eficientemente (productividad).

El concepto de *capacidad* está asociado a la cantidad máxima de productos que una instalación, maquina o proceso es capaz de producir en un determinado periodo de tiempo.

La *capacidad* se mide en unidades por unidad de tiempo y define las limitaciones de un proceso en cuanto a lo que es capaz de producir.

Por defecto se suele considerar siempre el parámetro *capacidad máxima*, que sería el número máximo de unidades que se pueden producir por unidad de tiempo considerando las limitaciones tecnológicas o de diseño del proceso.

No obstante, algunos procesos tienen también una *capacidad mínima*, es decir, deben producir un mínimo número de unidades para asegurar su correcto funcionamiento. (Suñe, Gil, & Arcusa, Manual práctico de diseño de sistemas productivos., 2004)

2.3.7. Kaizen

Por último la herramienta de *Kaizen*. ¿Alguna vez he planteado implantar un sistema de mejora continua? ¿Sería interesante para tu empresa? ¿Conozco cómo mejorar los resultados de tu compañía? ¿Conozco las herramientas pertinentes, en cada caso, para la mejora de procesos? ¿Conozco cómo gestionar la comunicación y enfocarla a la toma de decisiones?

Si no se es capaz de contestar a alguna de estas preguntas de forma concreta, es porque se necesita ampliar los conocimientos necesarios para ello. Si

quiero mejorar, deo de ser capaces de responder a todas esas preguntas. Sin embargo, el paso previo para mejorar es querer hacerlo.

Querer mejorar se podría resumir en desear hacer las cosas mejor, y si queremos un sistema de mejora continua, queremos que las personas que pertenecen a nuestra organización deseen mejorar sistemáticamente (todos los días). Esto, al fin y al cabo, es una forma de vida, una actitud para enfrentarse al día a día y dicha actitud viene expresada en los 10 puntos del espíritu *Kaizen* básicos para la mejora continua:

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas
2. En lugar de explicar lo que no se puede hacer, reflexionar cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad
7. Buscar la causa real, respetar los 5 “porqué” y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de 10 personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

Disponer de esta actitud es fundamental, y no hay mejor ejemplo que el propio nacimiento del *Lean Manufacturing*. Sólo cabe una respuesta, y es su actitud, reflejada en la cultura japonesa (respeto, orden, compromiso, trabajo...). Es la base sobre la que construir nuestro sistema de mejora continua, sin esa base, no se soportará el sistema, sin el espíritu *Kaizen* en la organización no se conseguirá el éxito.

En *LeanSis* tenemos integrados en cada uno de nosotros los 10 puntos, tanto es así, que llevamos en la cartera la tarjeta *Kaizen* con las 10 claves, para refrescar las ideas si es necesario e incluso mostrarla si se detectan actitudes contrarias que impidan avanzar. Las empresas son personas, procesos y productividad. (Martinez Peris, 2018)

2.3.8. Manejo de materiales

Se puede definir a manejo de materiales como la combinación de métodos que una empresa decide emplear para manipular, los materiales y componentes necesarios

El manejo de materiales no solo engloba a la etapa de transporte de los mismos, sino también hay que tener en cuenta el posicionamiento de los materiales en la estación de trabajo, en el almacenaje y en su distribución tanto de las materias primas como de los productos terminados, pues puede crear también un impacto que podría

parecer imperceptible a la hora de la manufactura, sin embargo empleando el correcto sistema para el manejo de los materiales creamos grandes beneficios, tanto en ahorros de tiempos como en calidad.

Así pues, el manejo de materiales introduce a nuestro proyecto la oportunidad de cómo lo dice el autor “Reducir el tiempo dedicado a recoger o tomar el material minimiza el manejo manual costoso y cansado en la maquina o el centro de trabajo. Da al operario la oportunidad de hacer su trabajo más rápido, con menos fatiga y mayor seguridad” (Benjamin Niebel, Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo, 2018)

En nuestras líneas aplicando los principios de manejo de materiales se buscan optimizar los mismos y al personal requerido para esta labor, eliminando tiempos de transporte, preparación, entrega de materias primas, tiempos ociosos del material ya terminado o de la línea por falta de materia prima.

Sobre los principios de manejo de materiales aplicados en nuestro proyecto:

1. Principio de planeación. Definir los objetivos, los componentes que deben ser añadidos a la ruta, materiales para rellenar las líneas, segmentar entre componentes comunes y especiales, especificar los productos terminados que la línea produce, etc.
2. Principio de estandarización. Normalizar herramientas de manejo y los mismos materiales en tipos y tamaños.
3. Principio del trabajo. Minimizar la labor sin afectar las operaciones de producción, tratando así de optimizar al personal dedicado a esto.
4. Principio de ergonomía. Establecer métodos y equipos adecuados para la realización de la labor tomando en cuenta las necesidades y capacidades de nuestros elementos humanos otorgándoles una labor que garantiza su seguridad.
5. Principio de carga unitaria. Balancear los deberes de nuestros materialistas, incrementando cargas de trabajo para evitar grandes tiempos de holgura, siempre preocupándonos por que se logre el flujo del material en tiempo y forma.
6. Principio de utilización del espacio. Hacer un uso óptimo del espacio ocupado para las materias primas, preparación y embalaje de los productos terminados dentro de la línea.

7. Principio de sistema. Las actividades de manipulación de nuestros materiales seguirán siempre un sistema efectivo.
8. Principio de automatización. Optimizar en los que sea posible las estructuras utilizadas para facilitar embalaje o entrega de material.
9. Principio ambiental. Garantizar a través de nuestro sistema un proceso que nos permita mantener el área de trabajo en un entorno pulcro.
10. Principio del ciclo de vida. Reemplazar equipos obsoletos en donde se encuentre el caso para asegurar operaciones eficientes.

Lo más importante sobre el manejo de materiales como lo dice Niebel en su libro es “Mientras menos se maneje el material mejor es su manejo.” (Benjamin Niebel, Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo, 2018)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Población o muestra

La población será la maquiladora automotriz Inteva Planta 1, ubicada en Avenida Michigan s/n Colonia Parque Industrial del Norte, en H. Matamoros Tamaulipas, en los dos primeros turnos y la muestra son las líneas finales de ensamble de puertas finales y guanteras del auto eléctrico Tesla ubicadas a un costado una de la otra cada una de las 2 líneas de producción que se encuentran en esta área de la planta.

3.2 Caracterización del área de trabajo

3.2.1 Información de la empresa

Inteva es un proveedor mundial impulsado por los clientes de componentes y sistemas diseñados para la industria del automóvil. Ofrece productos y servicios competitivos de primer nivel, con calidad medida en piezas rechazadas de un solo dígito por millón, entregadas a tiempo con precios competitivos.

Las líneas de productos incluyen sistemas de cierre, sistemas de interiores, motores y electrónica y sistemas de techo, y se cuenta con más de 90 clientes, que incluyen prácticamente a todos los fabricantes de automóviles mundiales y regionales más importantes del mundo. Su innovadora tecnología de materiales, procesos y la aplicación de su conocimiento central de productos crean un valor mejorado para los clientes. Son competidores inteligentes con el deseo de sobresalir y crecer en un mercado global competitivo.

3.2.2 Datos de la empresa

Nombre de la empresa: Inteva *Products* de Matamoros

Domicilio: Avenida Michigan s/n Colonia Parque Industrial del Norte

Ciudad: H. Matamoros, Tamaulipas. **C.P.:** 87316 **Teléfono:** 8110040

Misión

“Nuestra misión es incorporarnos integra y creativamente en todo lo que hacemos mientras creamos soluciones para nuestros procesos y productos de manera segura, ambientalmente responsable, con costos competitivos y optima eficiencia para cumplir con cada uno de los requerimientos de nuestros clientes.”

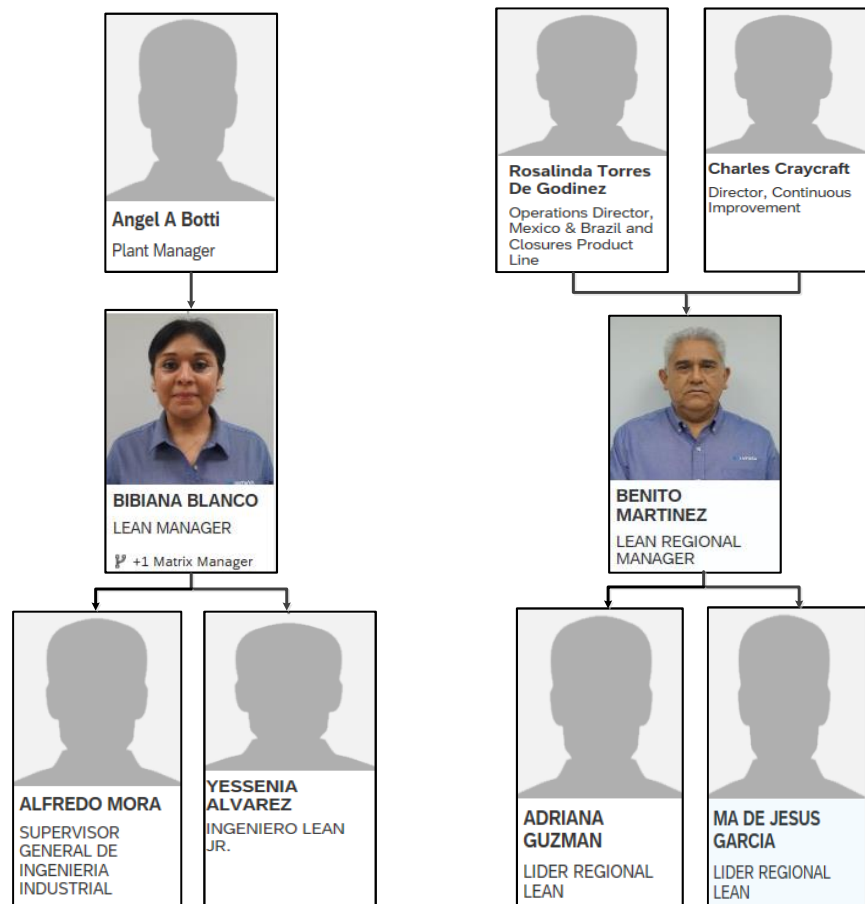
Visión

“Nuestros clientes reconocen Inteva como su socio líder de suministros a nivel mundial, que ofrecen innovación basada en calidad en sus productos respetando el medio ambiente mejorando su calidad y rendimiento.”

Valores

- Actuamos con integridad
- Respetamos, confiamos y nos apoyamos mutuamente.
- Actuamos como un equipo global.
- Ponemos a los clientes en el centro de nuestro negocio.
- Somos competidores inteligentes.
- Innovamos, crecemos y aprendemos.
- Proporcionamos un ambiente de trabajo seguro.
- Cuidamos el mundo y nuestras comunidades.

Organigrama



3.3 Tipo de estudio

Documental.- El estudio es documental porque se investigaron documentos, libros y páginas de internet, para completar el marco teórico y conceptual de este proyecto, para poder ampliar la comprensión del lector.

Investigación aplicada.- Para el desarrollo del proyecto serán aplicados los conocimientos aprendidos en las materias de medición y mejoramiento de la calidad, sistemas de manufactura y administración en la cadena de suministros de la Maestría en Administración Industrial.

Transversal.- Ya que este estudio se va a realizar en un año y medio, tiempo límite marcado por la maestría en curso.

Cuantitativo.- Se tomarán tiempos necesarios para completar la investigación y poder mostrar un antes y un después de las mejoras, en cuestiones de tiempo, cantidad de piezas y dinero.

3.3.1 OSKKK

La metodología aplicada en este proyecto tiene como nombre “OSKKK”, la cual es parte del sistema de producción Toyota, es poco conocida pero muy eficaz para la reducción de costos y sus siglas tienen como significado lo siguiente: observar, estandarizar, *kaizen* del flujo y proceso, *kaizen* de equipo y *kaizen* de distribución de planta. Esto quiere decir, que cuenta con 5 pasos a realizar para desarrollar un proyecto y hacer la documentación de este.

Puede ser visto como un bucle sin final, ya que al terminar el primer *Kaizen*, se tiene que volver a la observación y estandarización y así sucesivamente pasando por los tres *kaizen*.

Observación

1. Tómate tu tiempo para ver qué está pasando en el área de trabajo, mirando los diferentes ciclos del mismo proceso.
2. Mira a más de una persona realizando el proceso y anota donde hay falta de estandarización, especialmente donde esto afecta a la calidad y a la productividad.

3. Documenta de forma escrita los pasos del proceso de forma individual en la secuencia que estos ocurren.
4. Identifica los orígenes de la variación en ambos, tanto en flujo de información, como en el flujo de materiales.

Estandarización

1. Prioriza donde la estandarización es más crítica para la organización, basado en las observaciones y en los datos.
2. Observar los varios métodos (todos) de los miembros del equipo para realizar la tarea y decidir el estándar actual (basado en aquello que es mejor para la Calidad, Seguridad y Productividad).
3. Hacer que todos los miembros del equipo trabajen con los estándares actuales mientras las ideas de mejora son discutidas.
4. Realizar 5S (organización del puesto de trabajo) para promover que tenga lugar la estandarización productiva y simplificada.
5. Trabaja para minimizar/eliminar problemas e interrupciones del proceso usando Técnicas de Resolución de Problemas.
6. Asegurar que todos los flujos y puntos de decisión en el proceso tienen una metodología estándar.

Kaizen de Flujo y Proceso

1. Entiende y dibuja el flujo del proceso (mapa de proceso).
2. Entiende y dibuja el flujo del material (mapa de cadena de valor).
3. Mejora el flujo del material y la información en el área de trabajo.
4. Identifica todos los tiempos que no añaden valor tanto en el flujo de información, como en el flujo del proceso, entonces trabaja para eliminarlo y minimizarlo.
5. En los flujos de los procesos de negocio y materiales, trabaja para reducir el tiempo de procesamiento.

Kaizen del Equipo

1. Mira a los tiempos de preparación (*SMED*); cambio de moldes al minuto, y trabaja para reducirlo.
2. Busca implementar avances y velocidades (reducir los ciclos de las máquinas)
3. Usa del OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) como la medida para dirigir las mejoras.

4. Entiende la carga de trabajo del operario en comparación con los tiempos de ciclo de las máquinas. Elimina la espera forzada.
5. Busca mejoras en el Mantenimiento Predictivo Total (TPM)
6. Busca simplificar las máquinas.

Kaizen del Layout

1. Asegúrate que los pasos previos de OSKKK han sido trabajados antes de reordenar el *Layout*.
2. Recoge datos: Flujos de proceso, capacidades, nuevos productos, cuellos de botella, *OEE*, mapas de cadena de valor, flujos de información, etc.
3. Mínimo de 3 proposiciones de *Layout*, todas mostrando las flechas de flujo y completando las matrices de correlación.
4. Nuevos *Layouts* que consideren todos los principios Lean y eliminar el trabajo que no aporta valor para justificar los costes.
5. El trabajo debería mejorar el ratio hombre-máquina-materiales.
6. Cualquier nueva máquina solo debería ser considerada después de trabajar en la mejora de las máquinas existentes e incorporando todos los aprendizajes en las especificaciones de la nueva máquina.
7. Simular el nuevo *Layout*, ya sea marcando en el suelo (para *Layouts* existentes) o con maquetas de cartón para los equipos (para nuevos procesos o productos)

Este estudio permitirá observar la demora en segundos de este proceso y poder trabajar con los operadores y las máquinas para reducirlo; dándonos la oportunidad de implementar las filosofías esbeltas en una forma simple y lógica.

3.4 Procedimiento y descripción de las actividades desarrolladas.

La manera de implementar la filosofía de manufactura esbelta en nuestro proyecto fue precisamente con la metodología OSKKK. La mejora continua es buscar mejorar los estándares y siempre elevarlos, mejorar los procesos, eliminar zona cómoda, seguir buscando siempre oportunidades de mejora después de una mejora.

3.4.1 Paso 1: Observación.

Lo primero que se realizó fue la observación dentro de las áreas en las que se aplicó este proyecto, es decir, que producto se manufactura en la línea, cuáles son las actividades que realiza cada operador, a donde se tiene que trasladar por material, con qué materiales realiza cada operación, el tamaño de los materiales, cuáles son sus diferentes tipos de capacidad (del operador, del equipo, etc.). Como mencionamos en el capítulo anterior debido a que existe una diferencia considerable (exceso de personal) de 24 operadores entre lo presupuestado en el lanzamiento del producto y con lo que se cuenta actualmente, es decir, la plantilla de personal que tiene actualmente la línea. Ver (Tabla 1)

Product Line / Category	Total Budget	Total "Monitos"	Gap Budget vs. Monitos
Tesla / Eissman Limpieza de espuma	35.02	63	27.98
Tesla/Eissman (Final) Door, Glove Box, Small parts	26.16	51	24.84
New Gamma (Wrapping & Adhesive)	25.78	43	17.22
K2XX SUV IP Upper Forrado	32.22	47	14.78
New Program MOPF Armrest FA	19.10	32	12.90
RETRABAJO EISSMAN INY. IMO EXT	17.10	28	10.90
New Program DOORS C292	51.04	60	8.96
New Program MOPF ARM Wrap	77.70	86	8.30
Navistar New Program Small Parts	1.18	9	7.82
K2XX SUV Carrier	16.62	24	7.38

Tabla 1.- Gráfica de "GAP" entre el presupuesto y el balanceo.

A lo largo del proyecto se abarcaron dos líneas de producción referentes al automóvil Tesla: Puertas Finales y Tesla: *Glove Box* mostradas en la figura 6 y 7, enfocándonos con los operadores titulares y materialistas, los cuales son un total de 33 operadores divididos en dos turnos para Tesla *Final Door* (Figura 6) y también con un total de 13 operadores divididos en dos turnos para Tesla *Glove Box*. Ver (Figura 7).

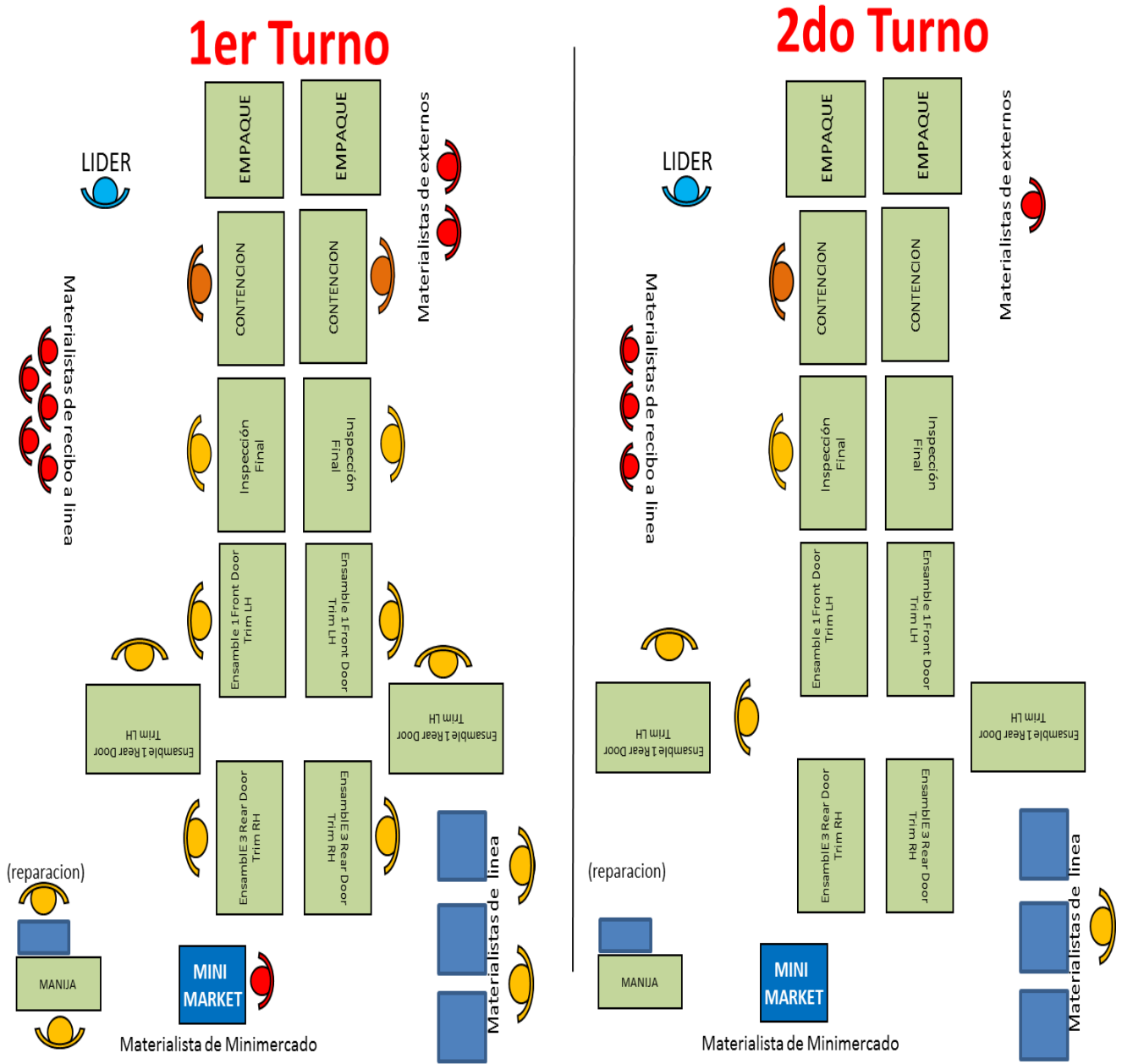


Figura 6.-Situación Actual de la plantilla de operadores de Tesla Final Door en primer y segundo turno.

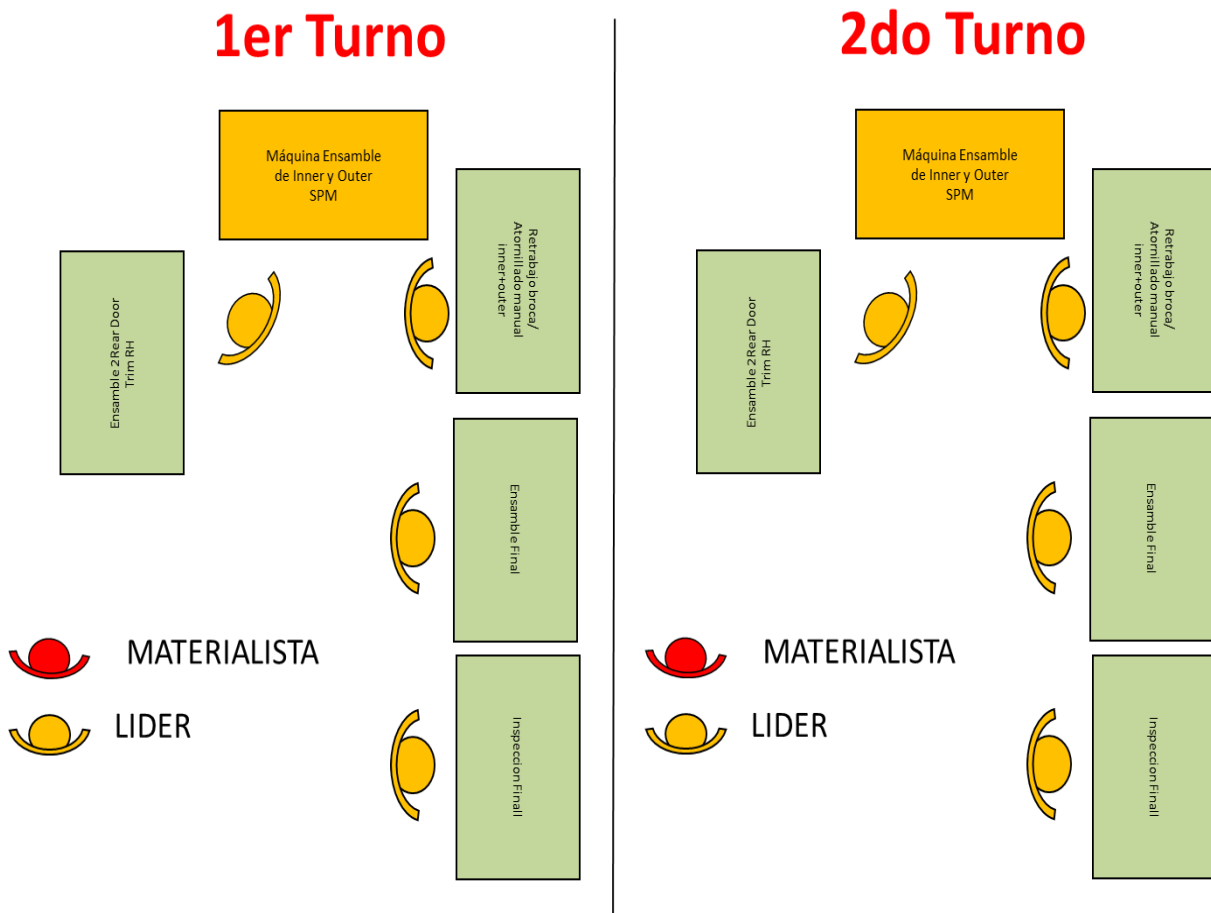


Figura 7.-Situación Actual de la plantilla de operadores de Tesla Glove Box en primer y segundo turno.

Comenzamos con un análisis de toma de tiempos para todas las estaciones de ambas líneas, el material ocupado en cada estación y las rutas que seguían los materialistas al surtir material. Cabe recalcar que para la toma de tiempos se utilizó el formato INT 3026 proporcionado por la empresa, ver (Anexo 1).

En la verificación de inventario (solo de la línea de producción Tesla *Final Door*), se contó lo que se tiene físicamente en las diferentes áreas, ya sea dentro de su área de recibo, como de lo que tenían en la línea de producción. En este conteo se dividieron los materialistas por líneas de producción (*Rear* y *Front*), en donde especificó la capacidad de cada contenedor y los tiempos de sus rutas. Se realizó un análisis para saber la utilización de todos los componentes (*Carrier*, *Beltline*, *Bolster*) en la línea, la descripción del componente, la capacidad del empaque, uso por puerta, uso por hora, etc.

Junto con los datos que se obtuvieron del análisis, como del inventario tomado en la línea, se realizaron la siguiente tabla, en donde se especifica la duración de los componentes en cada estación en las 2 líneas de producción. (Tabla 2)

Rear Door Trim	No. de vueltas	Carga x contenedor(pcs)	Tiempo x vuelta (min) recorrido	Tiempo total x hora recorrido	Tiempo de augura x hora x componente	Tiempo de augura x hora	Carga por hr (pcs)	Materialistas	Capacidad de # de vueltas x hr	Utilizacion x hora	
Beltline	3	16	7	21	39	39	48	1	8.6	35%	
Bolster		16			39		48				
Puerta	3	16	9	27	33	33	48	2	6.7	45%	23%

Front Door Trim	No. de vueltas	Carga x contenedor(pcs)	Tiempo x vuelta (min)	Tiempo total x hora	Tiempo de augura x hora x componente	Tiempo de augura x hora	Carga por hr (pcs)	Materialistas	Capacidad de # de vueltas x hr	Utilizacion x hora	
Beltline	3	16	7	21	39	39	48	1	8.6	35%	
Bolster		16	7		39		48				
Puerta	3	16	9	27	33	33	48	1	6.7	45%	

Tabla 2.-Situación Actual de utilización de materialistas de la línea de ensamble Tesla Puerta Final.

A continuación, se describe la situación inicial de las líneas de producción al iniciar el proyecto.

3.4.1.1 Tesla Final Door

Esta línea cuenta con 33 operadores divididos entre sus dos turnos, siendo esta línea la encargada de realizar el ensamble final de las puertas del auto eléctrico Tesla. Se tienen 2 líneas, una para puertas traseras (*Rear*) y otras para puertas frontales (*Front*). Cada línea consta de 5 estaciones (en estas ya van incluidas tanto las europeas como las puertas americanas).

La primera estación es el ensamble del *Beltline* con el *Carrier*. Ver (Figura 8).

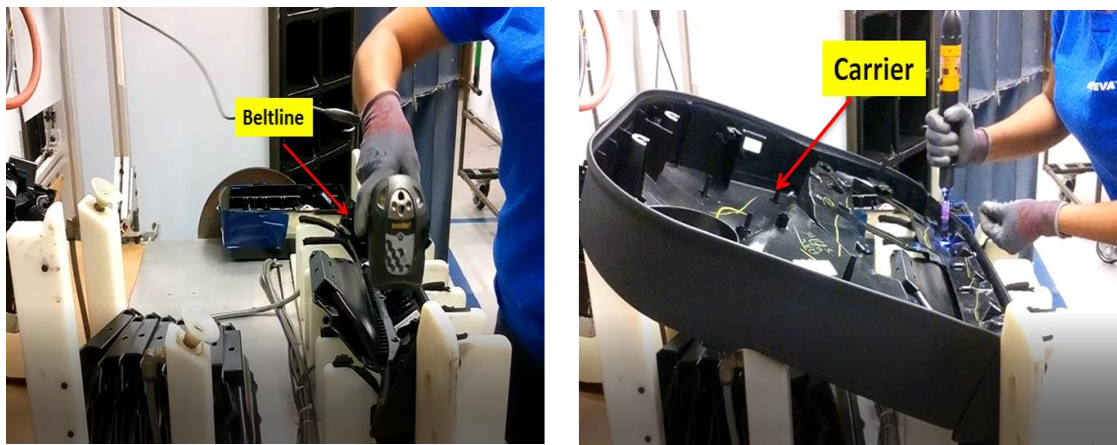


Figura 8.-Estación 1 Tesla Final Door

En la segunda estación se ensambla el *Bolster* con el *Decor trim* (Figura 9).

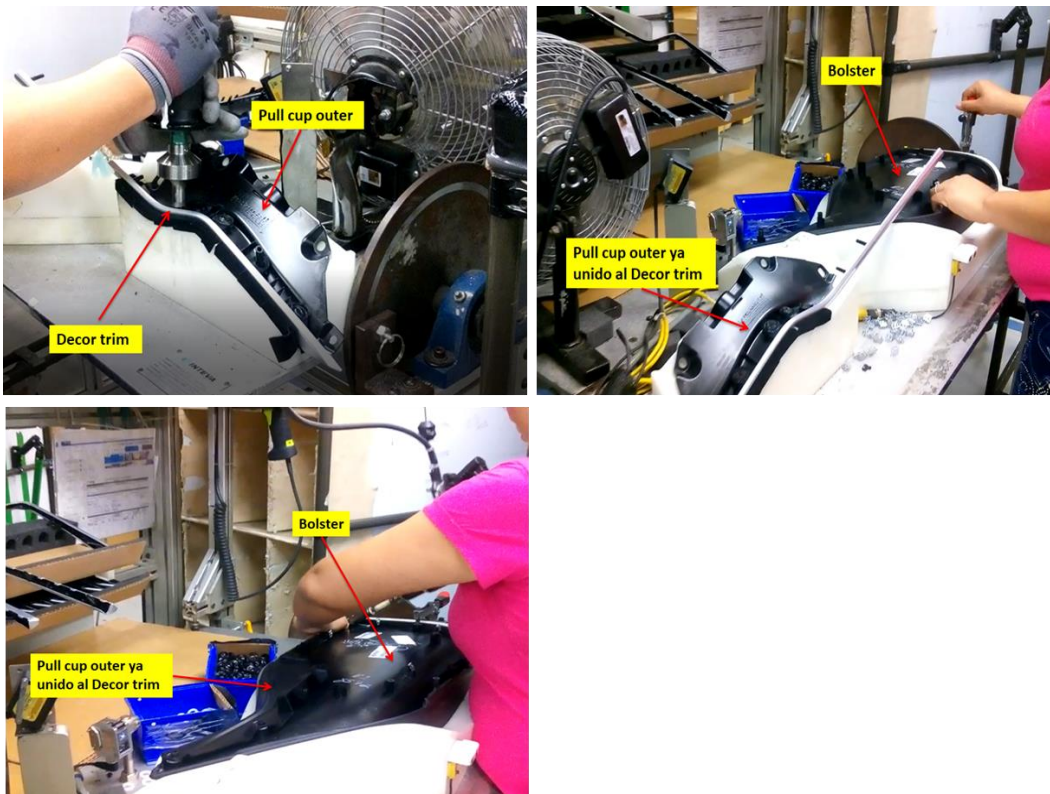


Figura 9.-Estación 2 Tesla Final Door

El ensamble producido por la segunda estación para el de la primera corresponde al ensamble de la tercera estación. Ver (Figura 10).

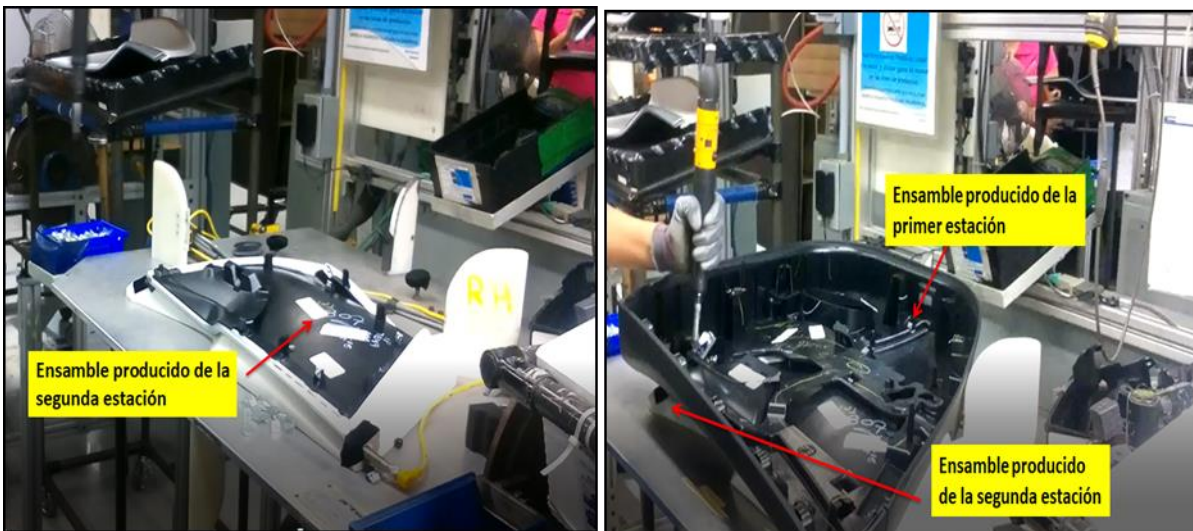


Figura 10.-Estación 3 Tesla Final Door

Con respecto a la cuarta estación, en esta se realiza la inspección del ya producto final (Figura 11).

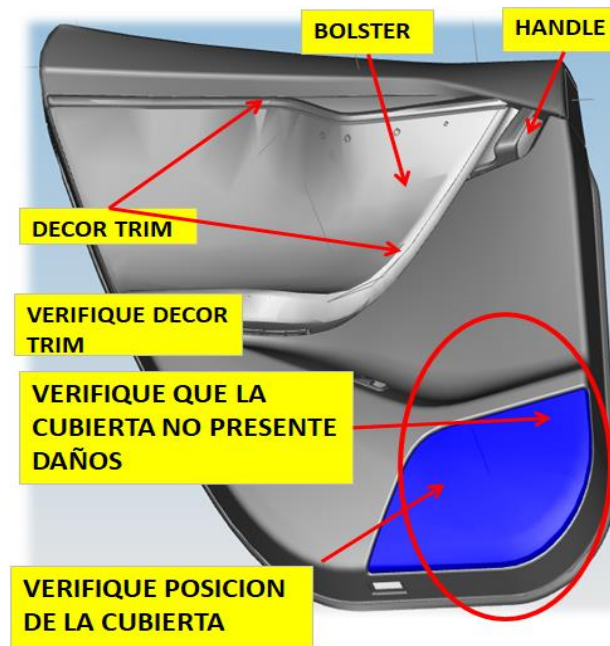


Figura 11.-Estación 4 Tesla Final Door

Y por último la quinta estación correspondiente a GP12 (contención) más el empaque en el contenedor de *finish good* (Producto listo para embarque), véase figura 12.

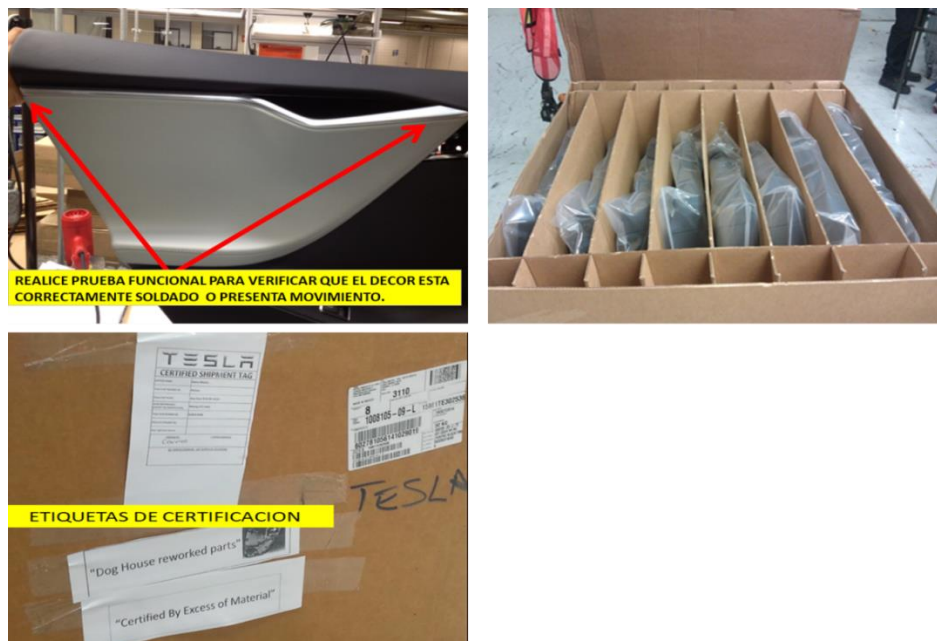
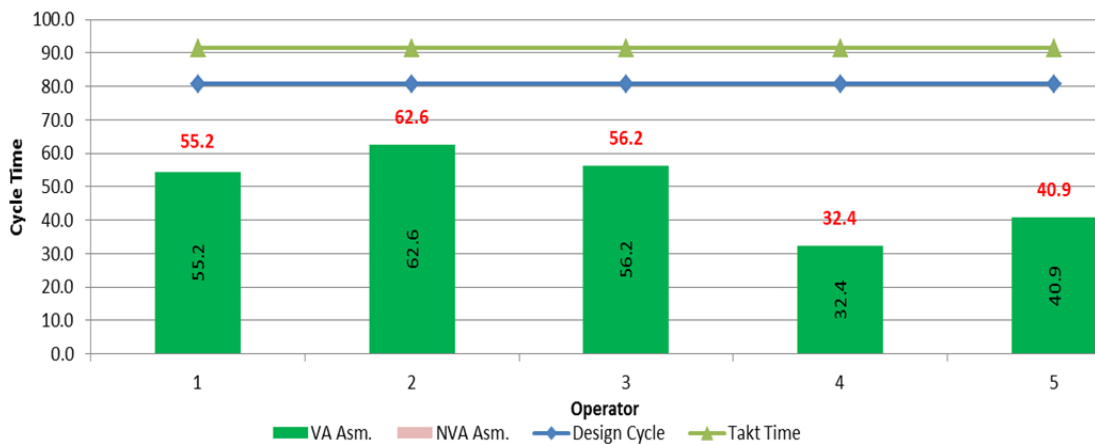


Figura 12.-Estación 5 Tesla Final Door

Se hizo la revisión del cálculo del *Budget*, los *allowance* otorgados por *scrap*, *OE*, por redondeo, por inspecciones adicionales, distribución de *lay-out*, calidad, seguridad o ergonomía, etc., Ver (Anexo 2).

SITUACION ACTUAL

Front Door



Rear Door

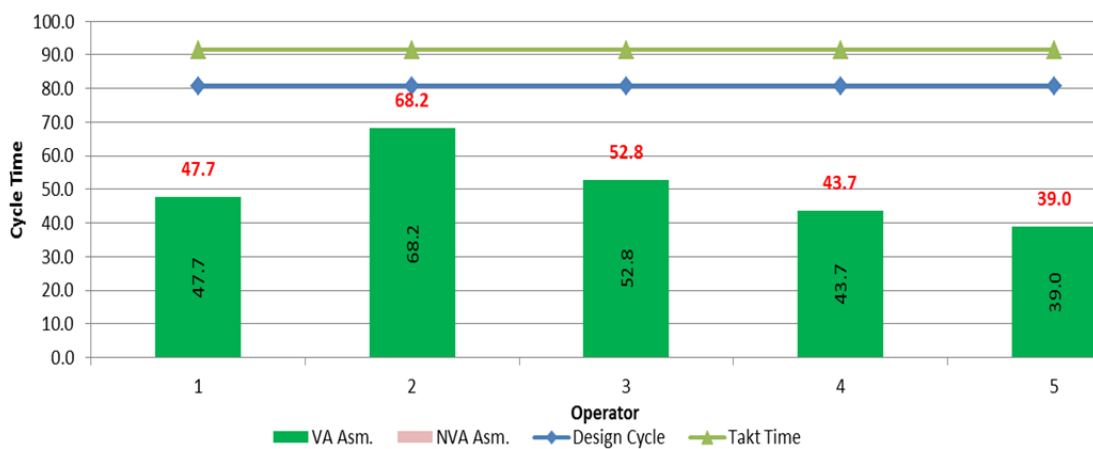


Figura 13.-Balance Chart Actuales 6 días / 2 turnos

Como se observa en las *Balance chart* las operaciones tienen área de oportunidad ya sea como un rebalanceo entre estaciones o por turnos.

El análisis realizado en la línea nos muestra que se tiene un *Takt Time* actual de 77 segundos / pieza y un *Design Cycle Time* de 68.9 segundos / pieza en un tiempo de 6 días con 2 turnos.

El primer turno corre con la plantilla completa (353 piezas para la línea de *Front* y 353 para la línea de *Rear*, es decir, un volumen diario de 800 piezas afectándolo con un 90% de OE), y así corriendo el segundo turno parcialmente para correr 100 piezas para la línea de *Front* y 40 para la línea de *Rear*; además no corre con la plantilla completa, es decir, el primer operador realiza las 2 primeras operaciones y el segundo operador realiza la tercer operación, 1 persona para la estación de inspección y 1 persona para *GP12* y empaque.

Por lo tanto actualmente las líneas corren a un *rate* por hora de 46 piezas. Además se agregó un materialista externo más en cada turno por cuestión de estiba de puertas para la línea de *Front* debido a la dimensión del contenedor.

Para todos los cálculos actuales, se tomaron en cuenta las fórmulas de:

- Cálculo de operadores: El Tiempo de Ciclo por el volumen, y todo eso dividido entre el Tiempo Disponible
- *Takt Time*: Es el Tiempo Disponible dividido entre el Volumen Diario

Cada operador cuesta anualmente a la empresa ITV en promedio \$7,200 dólares al año, que dan en total actualmente \$237,600 dólares anualmente, entre ambos turnos.

3.4.1.2 Materialistas Tesla *Final Door*

En esta celda se tienen 10 materialistas, los cuales 5 son materialistas con la ruta de recibo a línea y trasladan *Bolster*, *Beltline* y *Carrier*, 1 materialista (mini mercado) es el encargado de surtir parques pequeñas (tornillos, clips, tuercas, arandelas, rondanas, *pullcup*, *doghouse*, etc) con la ruta de línea a supermercado (almacén), 2 materialistas dedicados a la ruta de *finish good* (ruta a embarque) en el cual 1 de ellos es el materialista que agregaron por cuestión de estiba de cajas; y por último se tienen 2 materialistas de relleno a línea, es decir, los materialistas se encargan de surtir a cada línea y cada estación las partes pequeñas que trae el materialista de mini mercado y los materialistas de recibo a línea (*Bolster*, *Beltline*, *Carrier*).

En este análisis solo se tomaran en cuenta los 5 materialistas de recibo a línea y los 2 materialistas de relleno a línea. El Tiempo de ruta de un materialista de recibo a línea (*Bolster* y *Beltline*) es de 7 minutos por vuelta (Figura, esto nos indica que su utilización es del 35% (Tabla 3), cabe resaltar que para cada línea en la ruta en cuestión se cuenta con 1 materialista, dando un total de 2 materialistas en primer turno y 2 en segundo turno.

Rear Door Trim									Capacidad de # de vueltas x hr	Utilizacion x hora	
No. de vueltas	Carga x contenedor (pcs)	Tiempo x vuelta (min) recorrido	Tiempo total x hora recorrido	Tiempo de augura x hora x componente	Tiempo de augura x hora	Carga por hr (pcs)	Materialistas				
Beltline	3	16	21	39	39	48	1	8.6	35%		
Bolster		16									
Puerta	3	16	9	27	33	33	48	2	6.7	45%	23%

Front Door Trim									Capacidad de # de vueltas x hr	Utilizacion x hora	
No. de vueltas	Carga x contenedor (pcs)	Tiempo x vuelta (min)	Tiempo total x hora	Tiempo de augura x hora x componente	Tiempo de augura x hora	Carga por hr (pcs)	Materialistas				
Beltline	3	16	21	39	39	48	1	8.6	35%		
Bolster		16									
Puerta	3	16	9	27	33	33	48	1	6.7	45%	

Tabla 3.- Situación Actual de utilización de materialistas de la línea de ensamble Tesla Puerta Final.

El tiempo de ruta de un materialista de línea a supermercado (almacén) para el traslado de *Carrier* es de 9 minutos por vuelta (Tabla 3), esto nos indica que su utilización es del 45%, y solo se tiene un materialista para esta ruta, pero para la línea de *Rear* se tienen 2 materialistas para esta ruta, por lo tanto la utilización de cada materialista para esta línea es de 23% en todo el turno. (Tabla 3)

Ruta de Bolster+Beltline hasta Recibo

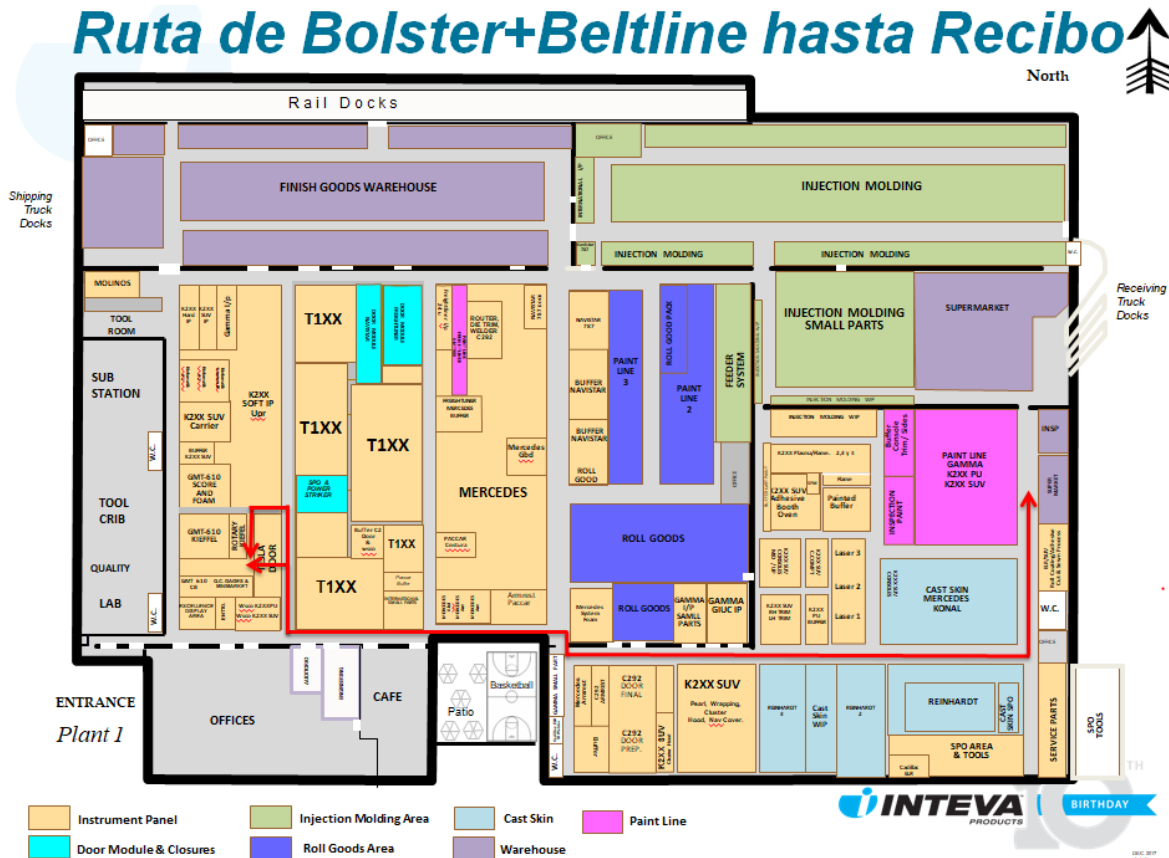


Figura 14.- Ruta para Tesla Final Door Front & Rear

Cabe recalcar que durante el paso de observación, se nos informó que la línea de Tesla *Final Door* sería reubicada de Planta 1 a Planta 3, por cuestiones estratégicas, ya que la mayor parte de la línea de Tesla se encuentra ubicada en Planta 3.

3.4.1.3 Tesla *Glove Box*

Lo primero que se realizará es la observación dentro de la línea de producción en la que analizaremos operadores, a donde se tiene que trasladar, con qué materiales se trabaja en cada estación, el tamaño de los materiales, etc.

Esta línea cuenta con 13 operadores divididos entre sus dos turnos, siendo la encargada de realizar el ensamble final de las guanteras del auto eléctrico Tesla. Se tienen 1 línea, con 4 estaciones de trabajo y una máquina soldadora (SPM). La primera estación es el ensamble del *spring, pawl inboard/outboard, screw, foam* al *inner* más el soldado del ensamble en la SPM y la carga y descarga de la pieza del mismo equipo (Figura 16).

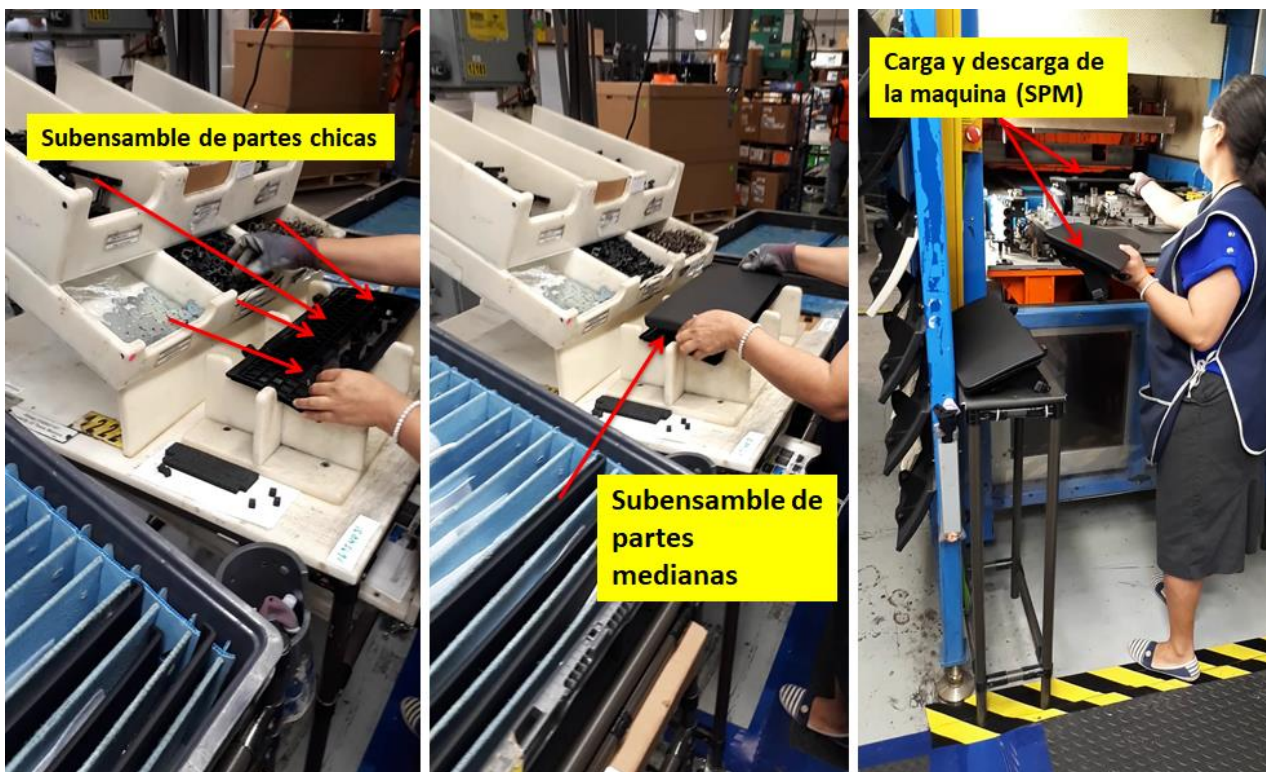


Figura 16.-Estación 1 Tesla *Glove Box*

En la segunda estación se realiza el re trabajo con broca, el atornillado manual *inner* más *outer* (Figura 17).

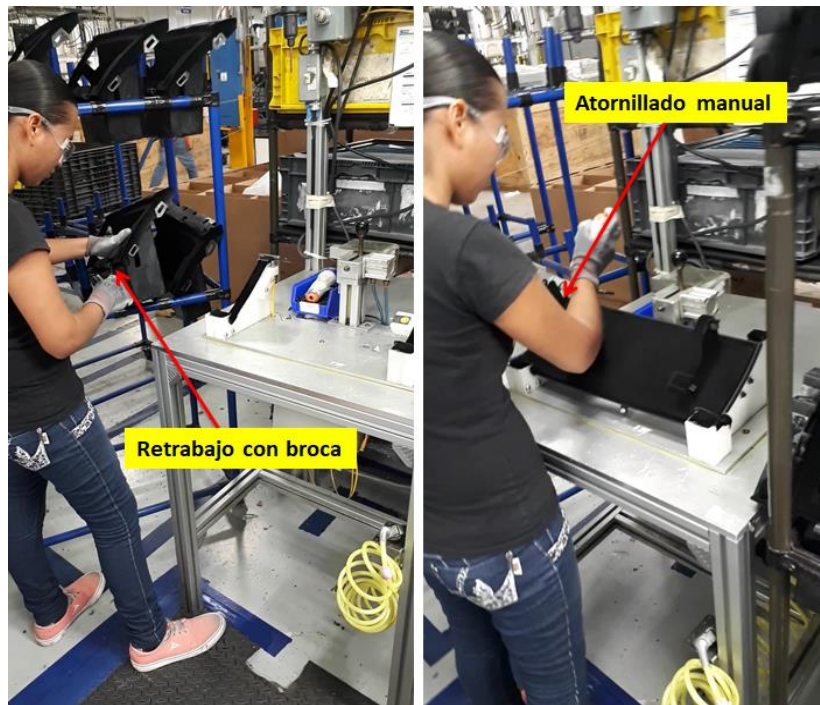


Figura 17.-Estación 2 Tesla Glove Box

El trabajo producido por la segunda estación y el de la primera corresponde al ensamble de la tercera estación que es el *housing* y *outer* más el actuador y *damper* (Figuras 18 y 19).

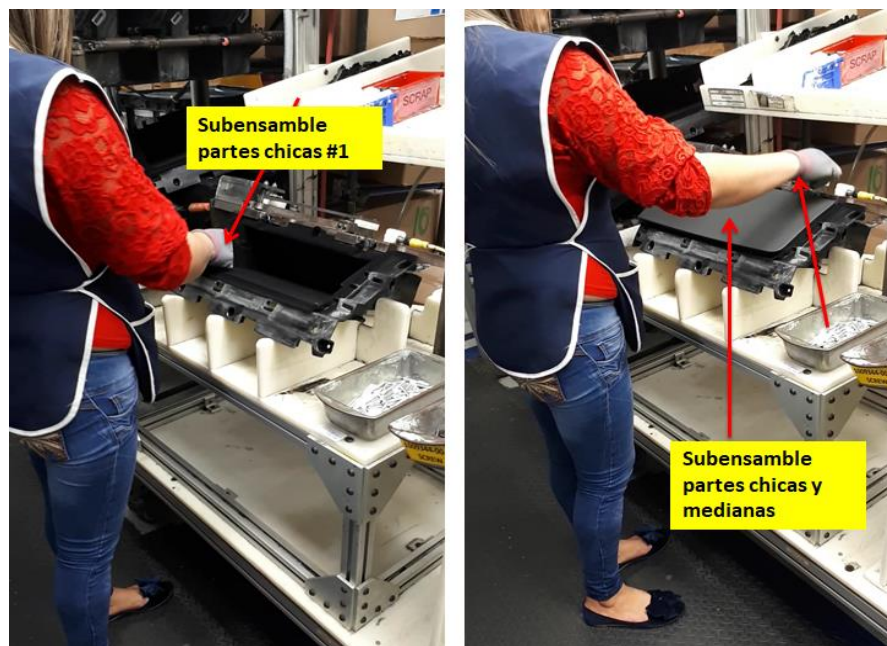


Figura 18.-Estación 3 Tesla Glove Box



Figura 19.-Estación 3 Tesla Glove Box

Y por último la cuarta estación corresponde a la realización de la Inspección, más la prueba del mecanismo en el *Tester*, más el empaque en el contenedor de *finish good* (figura 20).

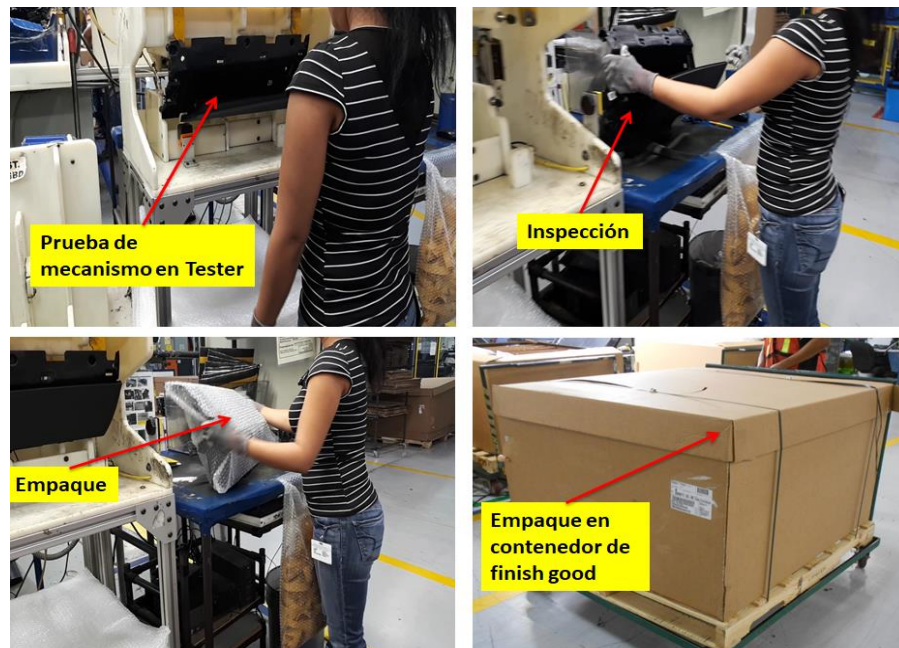


Figura 20.-Estación 4 Tesla Glove Box

Para poder apreciar cómo se encuentra la línea actualmente véase la Figura 21.



Figura 21.-Línea Tesla Glove Box en oportunidad de mejor y fase de Observación

Para el cálculo del *Takt Time* se tomó como base el actual balanceo de la línea, dándonos un:

- *Takt Time* de 152.8 segundos por pieza.
- *Takt Time* diseñado de 137.5 otorgándole un 90% de eficiencia debido a la máquina soldadora; además cuenta con un volumen de 320 pieza por día, lo cual nos da un *rate* de 23 pieza por hora con la eficiencia del 90%. (ANEXO 3).

3.4.1.4 Diagrama de Ishikawa

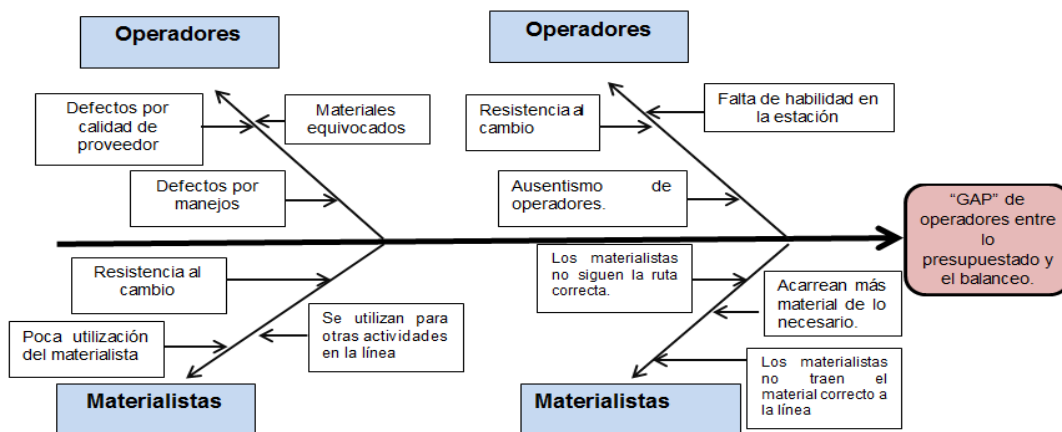


Figura 22.-Diagrama de Ishikawa respecto al proyecto.

3.4.2 Paso 2: Estandarización.

Establecer previamente la mejor manera en la que se puede realizar una labor y continuar ejecutándola de esta misma manera en forma cíclica nos permitirá realizar una labor que asegure la productividad, calidad y seguridad del operario y el producto.

Nos funciona estandarizar no solo los movimientos del operario, sino también las herramientas, equipo de trabajo, tareas, gestiones, etc. Basándonos en las observaciones previas es posible determinar los lugares donde es importante y hay oportunidad de organizar para mejorar el área y la ejecución del trabajo. Decidir a base de las observaciones la manera que nos ahorre tiempo y nos garantice seguridad en las operaciones para implementar el estándar adecuado

Hacer a todo el equipo participe de los estándares para que siempre se siga por la misma línea, es importante organizar los puestos de trabajo y los materiales que se ocupan en ello. Estandarizar el trabajo nos ayudara a minimizar problemas por interrupciones, ausencia de personal, etc. Con la información que se recolecto de la etapa anterior, y habiendo llevado a cabo el análisis nos ayudó a determinar las mejoras que se podrían realizar en el área con respecto a materiales, y la optimizacion de personal operaririo.

Lo primero que se implementa son las 5S dentro del área de trabajo para promover que tenga lugar la estandarización productiva y simplificada. Se explica al personal la mejor practica y se les ayuda para que aprendan claramente cómo deben de trabajar, basándose en la instrucción de trabajo que mostrara en forma detallada las actividades a desarrollar.

Este paso se utilizará para estandarizar las rutas de material que deben de seguir los materialistas, indicando cuando deben de ir a surtir a las líneas de producción, con qué cantidad de material; tambien a que ritmo deben de producir las líneas de produccion, que actividades realizaran cada operador, y el mejoramiento de sus presentaciones de parte.

3.4.2.1 Tesla *Final Door*

El análisis de un proceso puede dar lugar a acciones de rediseño para incrementar la eficacia, reducir costes, mejorar la calidad y acortar los tiempos reduciendo los plazos de producción y entrega del producto o servicio. Desde luego por medio del estudio de tiempos y movimientos se pueden determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen un proceso, así como analizar los

movimientos que hace el operario para llevar a cabo la operación. De esta forma se evitan movimientos innecesarios que solo incrementan el tiempo de la operación.

Por lo tanto llevó a cabo un plan de toma de tiempos, de cada una de las 5 estaciones de las 2 líneas, desde que el operador toma la primer pieza hasta que la pasa a la siguiente operación y el tiempo de ciclo de cada cuanto sale un contenedor de *finish good* o final que va para el área de embarques, lo cual nos dio el resultado de la tabla 4.

	Rear Door	Front Door
	Tiempo en llenado de 1 caja final (min)	Tiempo en llenado de 1 caja final (min)
	8	7
	8	13
	10	11
	8	7
	17	5
	14	4
	10	8
	8	12
	10	6
	8	10
	8	11
	11	6
	11	8
	8	10
Tiempo promedio	10	8

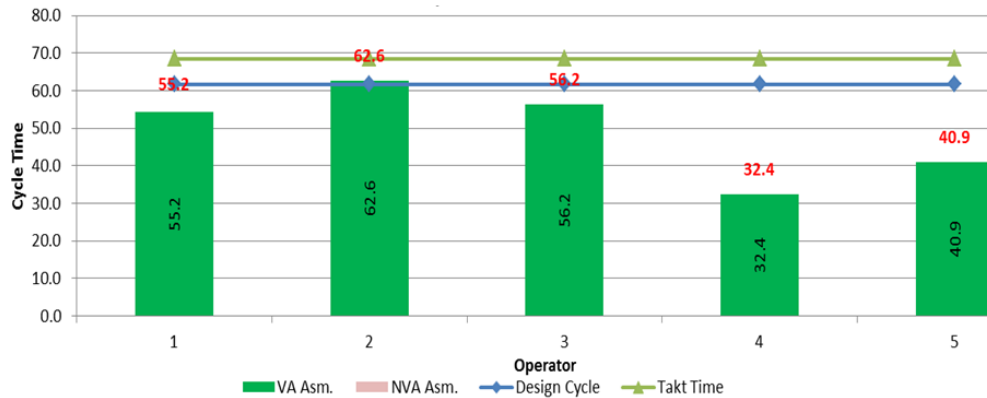
Tabla 4.-Tiempos de ciclo por línea

Indicándonos que máximo 1 caja debe salir en 10 minutos y mínimo en 8, cabe recalcar que en las tomas de tiempos fueron realizadas en diferentes horarios para ver horas pico, como lo son los descansos, ya que siempre bajan el ritmo de producción antes de cada uno.

De igual manera se estandarizo el tiempo de ciclo de cada estación, para así realizar el mejor balanceo en ambas líneas, véase Figura 23 y Anexo 4.

SITUACION PROPUESTA

Front Door



Rear Door

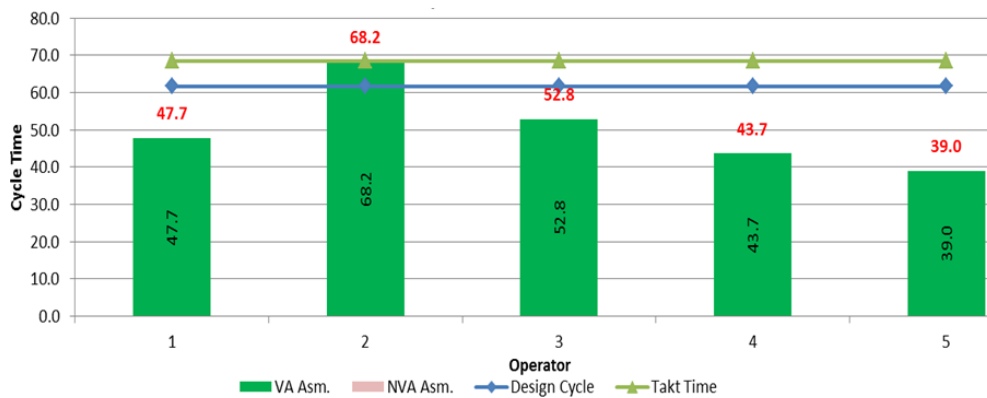


Figura 23.-Balance Chart Propuestos

Realizando todo esto podemos observar no solo el tiempo de ciclo si no las posibles mejoras, ya sea en presentaciones de parte para agilizar el proceso de salida como el de facilitarle el trabajo al operador; cuales son las comunes mermas que tenemos en el proceso, que tanto fallan los equipos y que tanto le afecta esto a cada operación y cómo podemos reducirlo o eliminarlo. Por lo tanto, se indicó que ambas líneas tienen la capacidad suficiente para producir todo su volumen en un solo turno, y no en 2 como estaba actualmente. No solo optimizando operadores, sino reduciendo gastos operativos como lo son la electricidad, es decir, la energía generada por cada equipo, etc. Quedando nuestra plantilla de operadores de la siguiente manera (Véase Figura 24):

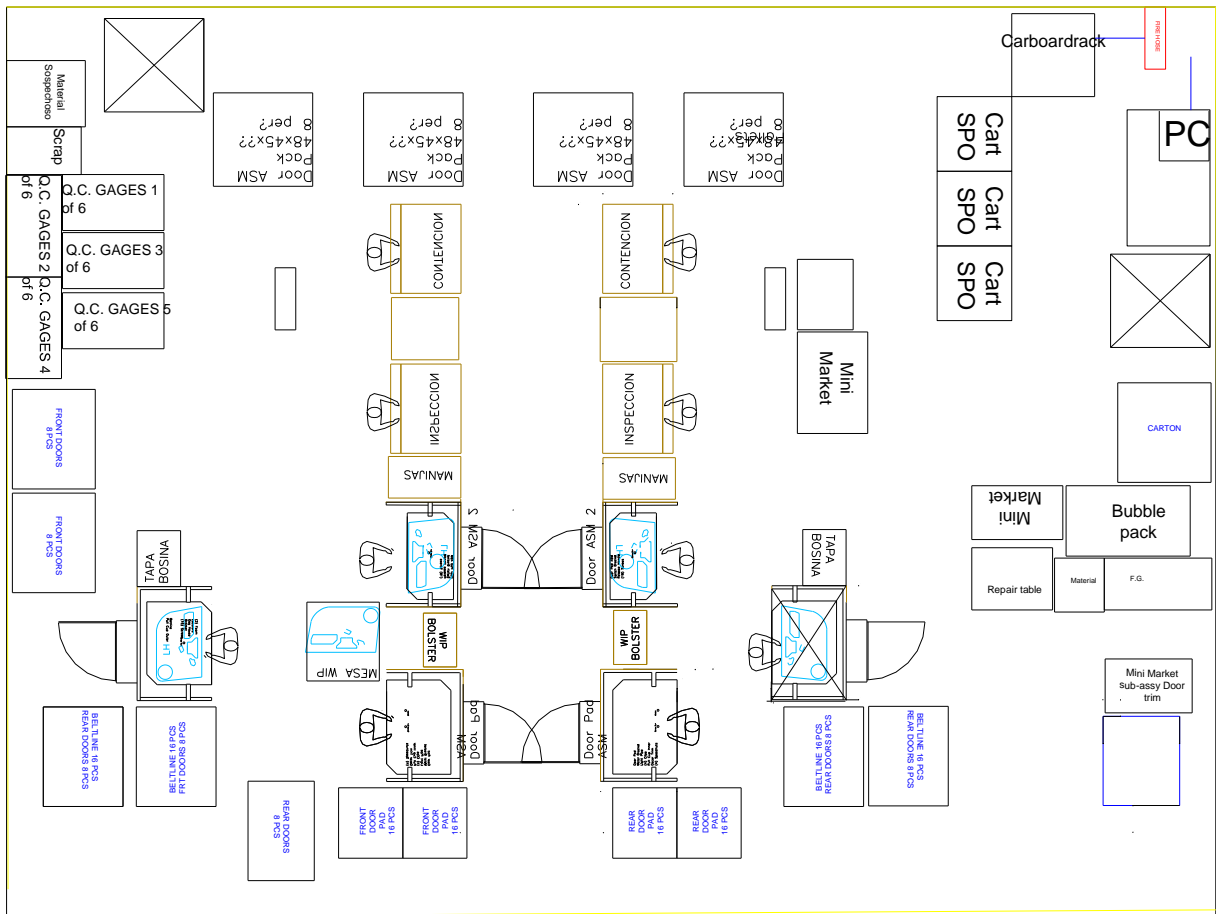


Figura 24.-Plantilla de operadores propuesta.

3.4.2.2 Materialistas Tesla Final Door

El manejo de materiales debe asegurar que las partes, materias primas, material en proceso, productos terminados y suministros se desplazan periódicamente de un lugar a otro. Cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un punto en particular, el eficaz manejo de materiales se asegura de que los materiales serán entregados en el momento y lugar adecuado, así como, la cantidad correcta. Pueden utilizarse para incrementar la productividad y lograr una ventaja competitiva en el mercado. Aspecto importante de la planificación, control y logística por cuanto abarca el manejo físico, el transporte, el almacenaje y localización de los materiales.

Este paso se utilizará para estandarizar las rutas de material que deben seguir los materialistas, indicando cuando ir a surtir a las líneas de producción, con qué cantidad de material y específicamente a la estación que corresponde, como también el área que debe ocupar su material en la línea de producción. Primeramente durante la observación nos percatamos de que las presentaciones de parte o “carritos” para transportar todo el material (*Carrier*, *Bolster*, *Beltline*), tienen un estándar de cómo deben de ser para cada componente. (Para *Bolster* véase Figura 25, y para *Carrier* y *Beltline* véase Figura 26).



Figura 25.-Carrito para Bolster



Figura 26.-Carrito par Carrier y Beltline

Pero sucedía como en toda empresa, el operario para evitar dar menos vueltas al área de recibo, no respeta sus presentaciones de parte para el transporte de material, recordando que el carrito para el *Bolster* tiene un estándar de 16 piezas y el de *Carrier* mas *Beltline* es de un estándar de 8 y 16 piezas correspondiente; usaba cualquiera de las 2 para traer material de más o cualquier material. Para mejor entendimiento véase Figura 27.



Figura 27.-Uso incorrecto de los carritos de Tesla Final Door

¿Pero qué pasa si el materialista no traía a la línea el material correcto?, ¿El material se daña si acumulan mucho material en un carrito?; si a la primer pregunta, fue comprado durante todo el análisis a los materialistas, en ocasiones llegaban a traer diferentes números de parte en cada carrito y que aun peor no encajaban entre sí o con la corrida actual. También si a la segunda presenta, ya que debido a acumulamiento de material en dicho carritos, los componentes al estar forrados con piel y sus derivados, al más mínimo roce, se dañaban completamente convirtiéndolos en *scrap*, material sospechoso o se iban al reparación y con reparación nos referimos a que el producto entraba nuevamente en el flujo natural, interrumpiéndolo y por lo

tanto atrasando el flujo y reduciendo los tiempos de entrega a embarques. Por lo tanto se debe mantener la calidad en cada operación para evitar pérdidas de tiempo en reproceso de producto terminado. De igual manera también se estandarizaron las rutas y sus tiempos de ciclo, las Figuras 14 y 15 reflejan el estado actual y la Figura 28 refleja el estado propuesto de las rutas.

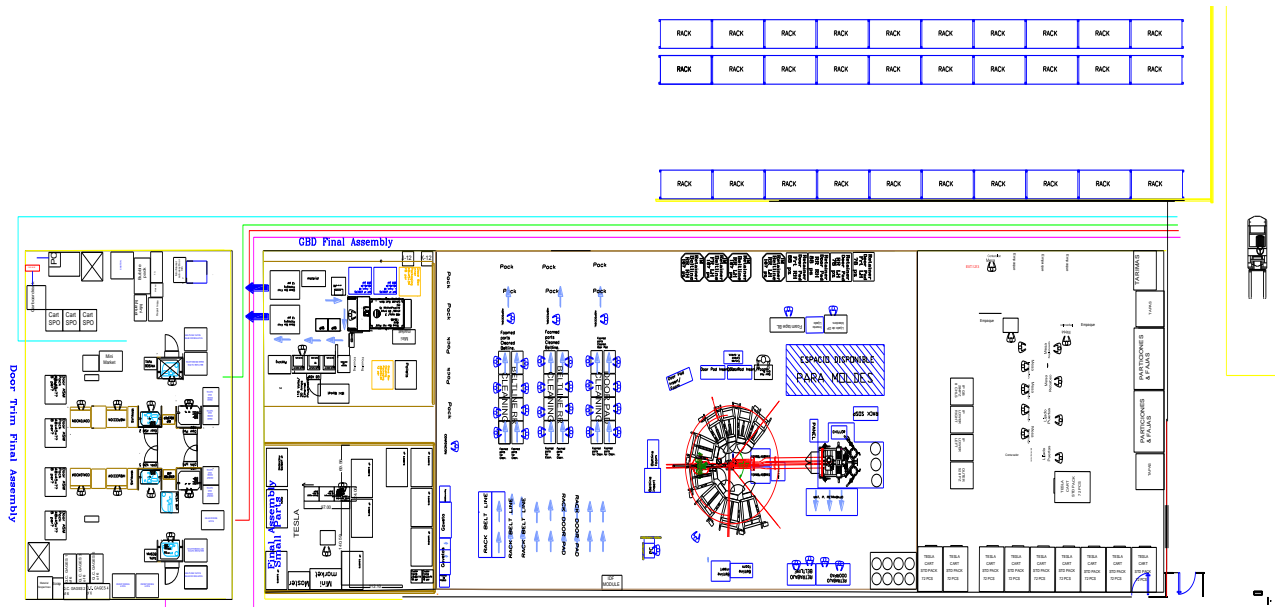


Figura 28.-Layout de Tesla Recibo

En la Figura 29 se ven los tiempos ya estandarizados y acompañados de varias tomas de tiempo.

	Ruta																		TC RUTA 3 COMP	TC+ VUELTA ADIC
	Puerta RR			Puerta FR			BL RR			BL FR			BOLST RR			BOLST FR				
	TC IDA	TC REGR ESO	TC ESPE RA	TC IDA	TC REGR ESO	TC ESPE RA	TC IDA	TC REGR ESO	TC ESPE RA	TC IDA	TC REGR ESO	TC ESPE RA	TC IDA	TC REGR ESO	TC ESPE RA	TC IDA	TC REGR ESO	TC ESPE RA		
	39	55	102	45	58	141	41	36	76	42	38	61	41	36	76	42	38	61		
	42	57	137	47	52	131	43	39	65	57	52	49	49	45	105	52	54	106		
PROM SEG	41	56	120	46	55	136	42	37.5	71	50	45	55	45	40.5	91	47	46	83.5		
PROM MIN	0.7	0.9	2.0	0.8	0.9	2.3	0.7	0.6	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	1.5	0.8	0.8	1.4		
SEG	216.0			237.0			150.0			149.5			176.0			176.5				
MIN	3.6			4.0			2.5			2.5			2.9			2.9				

TC RR	9.0	12.6
TC FR	9.4	13.3

Figura 29.-Tiempos de ciclo de las rutas de Tesla Final Door

Y su nueva utilización de cada operador materialista, siendo más eficaces y eficientes. (Véase Tabla 5)

Rear Door Trim											
No. de vueltas	Carga x contenedor (pcs)	Tiempo x vuelta (min)	Tiempo total x hora	Tiempo de augura x hora x componente	Tiempo de augura x hora	Carga por hr (pcs)	Materialistas		Utilizacion x hora		
Beltline	4	16	2.5	10	50	40	64	1	24	17%	33%
Bolster	4	16	2.5	10	50		64		24	17%	
Puerta	4	16	3.9	15.6	44.4	44.4	64	1	15.38462	26%	

Front Door Trim											
No. de vueltas	Carga x contenedor (pcs)	Tiempo x vuelta (min)	Tiempo total x hora	Tiempo de augura x hora x componente	Tiempo de augura x hora	Carga por hr (pcs)	Materialistas		Utilizacion x hora		
Beltline	4	16	2.6	10.4	49.6	35.6	64	1	23.07692	17%	41%
Bolster	4	16	3.5	14	46		64		17.14286	23%	
Puerta	4	16	4.1	16.4	43.6	43.6	64	1	14.63415	27%	

Tabla 5.-Nueva utilización del operador materialista

3.4.2.3 Tesla Glove Box

El estudio de tiempos y movimientos permite detectar operaciones que estén causando retrasos en la producción y mejorar la eficiencia de la línea. Dentro del estudio de tiempos y movimientos, también se toman en cuenta las condiciones del ambiente, ya que estas influyen en el desempeño de los operarios, por lo tanto es necesario mantener buenas condiciones ambientales para reducir la fatiga. Para el balanceo de esta línea de producción, se procedió de igual forma con la toma de tiempos a los operadores de las actividades que realizan (Véase Tabla 6) tanto repetidamente como no lo sean.

130	Tiempo de ciclo (seg). Maq soldadora	La restricción en esta area es la maquina soldadora SPM						
		320 Pcs/Dia						
Ensamble final	Estaciones							
Guantera	Muelle de montaje, trinquete en el tablero / fuera del tablero, tornillo, espuma al interior + Maq soldadora	Carga- Descarga- Limpieza de maquina soldadora	Perforado	Atornillado manual retenedor + guantera	Montaje de la carcasa y guantera / actuador y control del actuador	Prueba del actuador	Inspeccion	Empaque
Pcs 1	52.02	10.34	22.8	25.42	34.24	25.01	27.12	16.7
Pcs 2	52.62	11.85	18.91	23.83	28.24	35.08	32.85	21.29
Pcs 3	65.28	10.72	20.72	23.25	25.57	26.56	33.96	18.09
Pcs 4	52.44	8.71	23.01	20.55	29.95	24.17	32.26	13.7
Pcs 5	50.17	10.71	18.79	26.76	29.19	29.89	31.22	18.34
Pcs 6	42.93	11.32	20.15	20.13	27.35	28.68	38.17	21.33
Pcs 7	47.25	10.91	22.15	22.71	30.81	22.08	34.26	21.75
Pcs 8	53.57	11.49	21.19	19.42	29.32	21.3	28.33	16.67
Tiempo de ciclo (seg).	52.0	10.8	21.0	22.8	29.3	26.6	32.3	18.5
Max Capacidad por hr.	69.2	334.7	171.7	158.2	122.7	135.4	111.6	194.8

	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
	140.8	43.7	55.9	50.8
Pcs x Hr	24.3	78.2	61.1	67.4

Tabla 6.-Toma de tiempos a los operadores de Tesla Glove Box

Es decir, la cantidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo, mediante la técnica más apropiada de medición del trabajo, compilando el tiempo estándar de la operación previendo, en caso de estudio de tiempos con cronómetro, suplementos para breves descansos, necesidades personales, etc.; definiendo con precisión la serie de actividades y el método de operación a los que corresponde el tiempo y notificar que ese será el tiempo estándar para las actividades y métodos especificados y obviamente comprando que los datos registrados y el detalle de los elementos con sentido crítico para verificar si se utilizan los métodos y movimientos más eficaces, y separar los elementos improductivos o extraños de los productivos.

- El tiempo que es utilizado el “operador 1” es de 140 segundos por pieza (ya que durante el tiempo de ciclo de la máquina soldadora realiza las operaciones de la primera estación, lo cual tiene una duración de la primera estación de 52 segundos por pieza, es decir el tiempo de ciclo del primer operador es absorbido por nuestra máquina soldadora).
- El tiempo que es utilizado el “operador 2” es de 43 segundos por pieza.
- El tiempo que es utilizado el “operador 3” es de 55 segundos por pieza.
- El tiempo que es utilizado el “operador 4” es de 50 segundos por pieza.

El tiempo de ocio entre estaciones es significativo debido que ya viendo el análisis de tiempos, comparándolo con nuestro cuello de botella es la máquina soldadora, es decir, nuestro primer operador, se ve un gran desperdicio.

Por lo tanto se re balancearon las cargas de trabajo en cada estación y para cada operador según el balanceo calculado propuesto. Sin embargo al momento de implementar el nuevo balanceo y la reasignación de carga de trabajo nueva, no llegaban al *rate* esperado por hora, debido a que el balanceo estaba correcto, sí, pero al momento de que la segunda operadora realizara toda su carga de trabajo, se le acumulaban piezas. Así que nos vimos en la necesidad de modificar el método de seguimiento al proceso de manufactura del producto, es decir, en lugar de seguir todas las estaciones desde el principio hasta el final, se optó por un método que siempre tendría que tener una pieza en flujo en cada estación y así no acumulársele piezas al operador.

De igual manera que en Tesla *Final Door*, se usaron formulas básicas, como el *Takt Time* y número o cantidad de operadores necesarios. Y el cálculo del *Takt Time* propuesto, dándonos como resultado:

- *Takt Time* de 317.6 segundos por pieza al 100% de eficiencia.

- *Takt Time* diseñado al 90% de 285.8 segundos por pieza. Véase ANEXO 5 para mejor comprensión.

Por lo tanto el nuevo *rate* se mantendría en 23 piezas por hora. Sin embargo, aun comprobándose que la línea tenía mayor capacidad, solo la tiene para optimizar operadores por turno, y no optimizar turnos, debido al tiempo de ciclo de nuestro cuello de botella que es la SPM, es decir, la SPM no tiene la capacidad de producir nuestro volumen diario en un turno, solamente en dos.

Y las actividades se re balancearon de la siguiente manera (Tabla 7):

Operador		
	1	2
Actividades	Montaje del muelle	Montaje de la carcasa, la guantera y el control del actuador
	Atornillado del trinquete en el tablero y fuera del tablero	Prueba del actuador
	Máquina soldadora	Inspección
	Carga, descarga y limpieza de máquina soldadora	Empaque
	Perforado con broca	
	Atornillado manual del retenedor más la guantera	

Tabla 7.-Re balanceo de actividades de Tesla Glove Box

Quedando el *Layout* de la siguiente manera (Véase Figura 31):

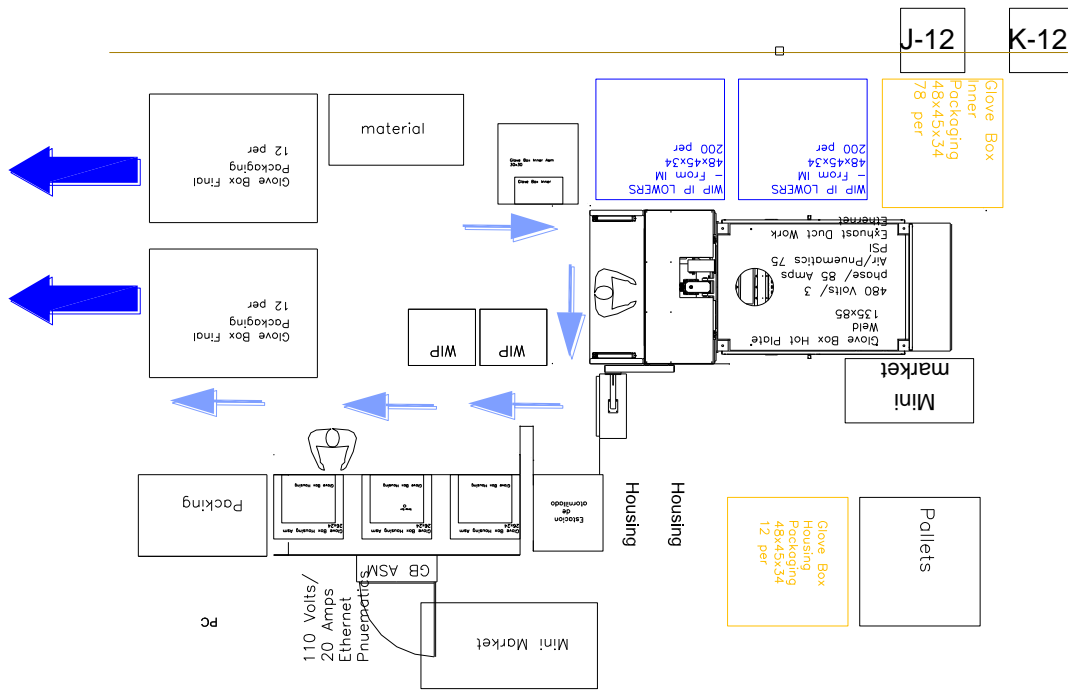


Figura 30.-Layout de Tesla Glove Box

Cabe recalcar que también se logró romper una barrera en la empresa, para poder entenderlo mejor, expliquemos lo siguiente; todos sabemos que en toda empresa, en todo flujo o línea existen sus estaciones de trabajo y dentro de ellas al final del flujo o proceso existen una inspección y un *GP12*, que básicamente se encargan de cerciorarse que toda la pieza este en perfecto estado para el cliente y por ende como de igual manera toda empresa no queremos quejas de cliente.

Por lo tanto, en la empresa que se elaboró este proyecto no podía romper su paradigma con respecto a que el trabajador que realizara el trabajo de una inspección podía realizar otra actividad extra o ajena a la inspección, justificando el departamento de calidad que no podía calificar su propio trabajo y así podría llegar a no ver algo y ocasionar una queja de cliente.

Así que durante todo este proyecto se trabajó como habíamos mencionado anteriormente, el mejoramiento de redistribución de actividades y su proceso para así facilitarle al trabajador su parte tanto como de inspección como de operación de su ensamble, para poder realizar pruebas de optimizar lo que comentamos, fue necesario por protocolo durante toda la evaluación llenar el formato de desviaciones de proceso (Véase ANEXO 6)

3.4.3 Paso 3: Kaizen de Flujo y Procesos.

¿Es posible mejorar el flujo del material y los procesos?

Una de las etapas de menor coste, pero gran impacto es entender y analizar en donde se puede encontrar una oportunidad de mejora en como fluye la información a través de nuestras operaciones, es de suma importancia entender como es el flujo de nuestro proceso, cada una de las etapas, el flujo de los materiales, desde el inventario en materia prima hasta el inventario de productos terminados. Para así poder determinar los tiempos que añaden valor al producto durante estos flujos y eliminar o reducir los que no.

El gran impacto en nuestro proyecto se ve en esta etapa, ya que nos encargamos de mejorar el flujo en el que los materiales son distribuidos. Se realizó el estudio de la cantidad de piezas por parte que eran necesarias para la elaboración de los diferentes modelos de parte en las líneas y con esto determinamos lo que era necesario dejar en la línea para trabajar por cierta cantidad de tiempo y posteriormente rellenar los estantes o bins antes de que se terminara el material para no afectar el flujo de piezas ensambladas pero tampoco saturar la línea de material ni al operador materialista de trabajo o dejar tiempos de holgura elevada durante su turno de trabajo (tiempo de ocio).

Durante nuestro análisis se llevó a cabo la tarea de ordenar las actividades de relleno en un horario, así no era necesario que el materialista vigilara constantemente las líneas de las que se encargaba de rellenar, solo cuando era necesario ya que por la duración de los componentes que se determinó en el análisis los materiales iban a durar en la línea cierta cantidad de tiempo así es como el proceso de relleno se ve estandarizado. Vea Tabla 5.

3.4.4 Paso 4: *Kaizen* de Equipos.

¿Podemos mejorar los equipos que tenemos dispuestos?, El cuarto paso del *kaizen* consiste en visualizar las mejoras en nuestros equipos, esto implica analizar la forma en cómo se hacen las cosas para encontrar la posibilidad de aplicar cambios de modelos más rápidos, implementar mejoras en las máquinas para reducir sus ciclos e incrementar su calidad, eliminar esperas forzadas por maquina o herramientas, automatizar las herramientas que los operarios utilizan para sus labores simplificando así su trabajo. Se pidió al taller de *kaizen* de la empresa (usando el formato de ANEXO 7) la modificación de presentaciones de parte para operación 1 de Tesla *Glove Box*, que recordemos también maneja la *SPM*, así ayudando al trabajador a realizar todas las actividades de su operación como de la carga y descarga a tiempo de la *SPM*. (Figura 31)



Figura 31.-Presentaciones de partes (3) modificadas para mejor facilidad de manejo para el operador

3.4.5 Paso 5: Kaizen de Layout

¿Una modificación en la posición de las máquinas y/o material incrementaría la productividad? Al finalizar los pasos anteriores de *kaizen* es hora de analizar mejoras en diseño, esta fase es la que implica un mayor costo a la hora de implementarlo, sin embargo, hay que tomar en cuenta la relación de costo- beneficio y si a largo plazo es mayor el beneficio que obtendremos de esta implementación.

Organizando los datos que hemos tomado sobre los flujos que forman parte del proceso podemos decidir si es necesario un rediseño del área de trabajo que nos permita aumentar la productividad, tal vez reduciendo tiempos o eliminando espacios ocupados de una manera innecesaria para hacer espacio a nuevos productos, tal vez solo recorrer las estaciones para dar la oportunidad de herramientas que simplifiquen el trabajo, eliminar cuellos de botella, etc. Es óptimo implementar diseños que trabajen con todos los principios de manufactura esbelta, diseños que reduzcan desperdicios, que mejoren la labor del trabajador.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

CAPÍTULO IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Implementando el análisis para aumentar la utilización del operador, se logró optimizar lo siguiente:

Tesla *Final Door*

En esta área se redujo las horas hombre trabajadas, es decir, de correr a 2 turnos, ahora actualmente corremos todo el volumen en el primer turno; que por ende se optimizaron personal operativo, de tener en total entre los dos turnos 33 operadores, actualmente solo se tienen 23, logrando con esto un ahorro monetario que se aprecia en la tabla 8:

Linea	Situacion anterior (Operadores)	Situacion propuesta (Operadores)	Porcentaje de mejora	Ahorro anual / Dolares
Tesla Final Door	33	23	30.3%	\$ 72,000

Tabla 8.-Relación de mejora

Materialistas Tesla *Final Door*

Estandarizando las rutas de material nos permite balancear la carga de trabajo y aumentar la utilización del operador de una manera significativa, con lo que obtenemos que el trabajo que antes era realizado por 7 operadores materialistas ahora lo pueden realizar solo 7, optimizando que 1 operador materialista llevara ambas rutas (*Bolster / Beltline*) para la línea *Rear* y otro para la línea *Front*; en el caso de la ruta de *Carrier* seria de la misma manera, un operador materialista para la línea *Rear* y otro para la línea *Front*.

Reduciendo la cantidad de operadores en un 30%, y esto nos permite trasladar a este personal a otras áreas de la empresa en la cual son necesarios. De igual manera que en Tesla *Final Door* se logró un ahorro monetario de (Tabla 9):

Linea	Situacion anterior (Operadores)	Situacion propuesta (Operadores)	Porcentaje de mejora	Ahorro anual / Dolares
Materialistas Tesla Final Door	10	7	30%	\$ 21,600

Tabla 9.-Relación de mejora

Tesla Glove Box

En el caso particular de esta línea, hubo una reducción de gastos orientados a personal operativo de (Tabla 10):

Linea	Situacion anterior (Operadores)	Situacion propuesta (Operadores)	Porcentaje de mejora	Ahorro anual / Dolares
Tesla Glove Box	8	4	50%	\$ 28,800

Tabla 10.-Relación de mejora

Debido a que se optimizo un 50% de personal operativo (no incluye personal materialista), re balanceando la carga de trabajo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

La implementación de manufactura esbelta en las líneas de producción que este trabajo en este proyecto, trajo consigo una reducción de tiempo de ocio, horas hombre trabajadas, mejoramiento del flujo del material y de las operaciones, así como el incremento de la productividad, y con productividad nos referimos principalmente al demostrar en el proyecto de optimización de operadores en Tesla *Final Door* que el primer turno tenía la capacidad para poder producir el volumen completo.

Desde luego se consiguió un ahorro monetario por parte del personal operativo de \$122,400 dólares anuales, superando nuestra hipótesis general del comienzo de optimizar un 20% del personal, ya que se consiguió un 36.7% de mejora entre los tres proyectos.

Al haber realizado esta implementación se puede concluir que no porque se tengan más operadores en una línea significa que generará mayor volumen de piezas, sino al contrario, los operadores se acostumbran a una carga de trabajo mínima, por lo que los operadores harán el trabajo de manera lenta e irán perdiendo consistencia y habilidad. Por lo tanto, lo que realmente importa es que los operadores estén cargados con un ritmo de trabajo uniforme basado en el tiempo del *Takt time*, para que se produzcan solo las piezas necesarias.

Fuentes de información

(s.f.).

Aguilar, D. (14 de Marzo de 2014). *Gestiopolis*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/el-crecimiento-de-las-pymes-en-mexico/>

Akao, y. (1997). *QFD: Past, Present, and Future*".

Alberto, V. C. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Mexico: Limusa.

Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J., & Aldavert, X. (2009). *5S para la Mejora Continua*. Cims.

Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J., & Aldavert, X. (2019). *5S para la Mejora Continua*. Cims.

Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J., & Aldavert, X. (2019). *5S para la Mejora Continua*. Cims.

Alvarado, M. T. (2002). Metodología para elaborar un plan estratégico y rediseño organizacional. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 283-292.

Aranibar Gamarra, M. A. (2016). *Aplicacion del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*. Lima-Peru.

Arndt, P. (2005). *Just in Time: El sistema de produccion Justo a Tiempo*. GRIN Verlag.

Arndt, P. (2005). *Just in Time: El sistema de produccion Justo a Tiempo*. GRIN Verlag.

Arndt, P. (2005). *Just in Time: El sistema de produccion Justo a Tiempo*. GRIN Verlag.

Asmat Vidarte, K. C. (s.f.). *Grandes Maestros de la Calidad: Similitudes entre sus modelos, Filosofías y Aportes a la Gestion de la Calidad*.

Barragán, F. R. (2013). *UVEG*. Obtenido de El Layout de planta: <http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/234/EILayoutdelaplanta.pdf>

- Bautista Arroyo, J. M., Bautista Campillo, A., & Rosas Campillo, S. (2010). *Metodología para la implementación de la Manufactura Esbelta en los procesos productivos para la Mejora Continua*. Mexico, D.F.
- Benjamin Niebel, A. F. (2018). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*.
- Benjamin Niebel, A. F. (2018). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. Alfaomega grupo editor.
- Béranger, P. (1988). *En busca de la excelencia industrial: Just-in-time y nuevas reglas de producción*. Ciencias de la Dirección.
- Bicheno. (2000).
- Blanco, I. L. (2007). *Aplicación de la Metodología Seis Sigma y Lean Manufacturing para la reducción de costos, en la producción de jeringas hipodérmicas desechables*. Mexico, D.F.
- Casanovas, A. I. (2012). *Logística integral*.
- Castrejon Gallegos, A. (2016). *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de empaque de un Laboratorio Farmacéutico*. Mexico, D.F.
- Chase, R. B., & Jacobs, R. F. (2010). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. McGraw Hill Mexico.
- Chase, R. B., & Jacobs, R. F. (2010). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. McGraw Hill Mexico.
- Chiavenato, I. (2014). *Introducción a la teoría general de la administración*. México.: McGraw-Hill Interamericana.
- Definición.de. (2015). *Definición.de*. Obtenido de Definición.de: <http://definicion.de/productividad/>
- Dignora, A., & Ulloa, E. (2012). *Eumed.net*. Obtenido de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/aaup.pdf>
- Española, R. A. (2016). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?w=error>

- Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., & Meyer-Stamer, J. (1995). Competitividad Sistemática. *Revista de la CEPAL*, 43.44.
- GestioPolis. (26 de Febrero de 2001). *¿Qué es Justo a Tiempo?* Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/que-es-justo-a-tiempo/>
- GestioPolis. (2011). *Métodos y tiempos. El estudio del trabajo para la productividad.*
- Gitman, J., & Zutter J. (2012). *Principios de administración financiera.* Distrito federal, Mexico.: Pearson.
- Gómez, S. D. (2010). *El compromiso y clima organizacional en la empresa familiar de Rioverde y del Refugio Ciudad Fernández.* Recuperado el 29 de 09 de 2014, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/ejemplar?codigo=287249>
- González, A., & Ramírez, V. (Enero de 2010). *Universidad Nacional Autónoma de México.*
- González, R. M. (2006). *Gestión de la producción: Cómo planificar y controlar la producción industrial.* España: Ideaspropias Editorial.
- Gutiérrez, R. (1999). *Ventas y mercadotecnia para la pequeña y mediana empresa.* México: Universidad Iberoamericana.
- Hellriegel, D., Jackson, S., & Slocum, J. (2009). *Administración Un enfoque basado en competencias.* Mexico: CENGAGE Learning.
- IFC. (2012). *Documents.mx.* Obtenido de <http://documents.mx/documents/modelo-nacional-para-la-competitividad-2012-mipymes.html>
- IMAI, M. (1998). *Kaizen: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa.* Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V.
- INEGI. (2014). *Censos económicos 2014.* Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825077952.pdf
- INGENIERIAINDUSTRIALONLINE.COM.* (s.f.).
- Inteva México S. De R L De C.V. (s.f.).
- Inteva México S. De R L De C.V. (s.f.).
- iso.org.* (s.f.).

- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2006). *Dirección estratégica*. Madrid, España.: Pearson.
- Koontz, H., & Weihrich, H. (1998). *ADMINISTRACION una perspectiva global*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Koontz, H., & Weihrich, H. (2007). *Elementos de la administración un enfoque internacional y de innovación*. Mexico: Mcgraw-hill interamericana.
- Koontz, H., & Weihrich, H. (2013). *Elementos de la administracion un enfoque internacional y de innovacion*.
- Liker, J. K. (2004). *Las claves del exito de Toyota*.
- López Mortarotti, I. E.-V. (s.f.). *Implementacion del metodo Antierros: Poka Yoke*.
- López, B. A. (5 de 11 de 2014). *Ingenieriaindustrialonline.com*. Recuperado el 5 de 12 de 2017, de Ingenieriaindustrialonline.com: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/>
- López, B. S. (2016). *Ingenieria Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>
- López, P. M. (11 de 2013). Importancia de la calidad en servicio al cliente. *El buzón de Pacioli*, 7. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de <http://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no82/Pacioli-82.pdf>
- Mandujano, K. P. (10 de Febrero de 2004). *Gestiopolis*. Obtenido de *Manufactura esbelta Manual y herramientas de aplicación*.: <https://www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manual-y-herramientas-de-aplicacion/>
- Manufacturing Terms.com*. (s.f.). Obtenido de Manufacturing Terms.com
- Martichenko, R., & Grabe, K. v. (April 2010). *Building a Lean Fulfillment Stream*. Lean Enterprise Institute Cambridge, MA, USA.
- Martichenko, R., & Grabe, K. v. (April 2010). *Building a Lean Fulfillment Stream*. Lean Enterprise Institute Cambridge, MA, USA.
- Martinez , D; Milla , A. (2012). *Análisis del entorno*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.

- Martinez Peris, J. (2018). La mejora es una actitud: Kaizen. *Lean Magazine*.
- Mendoza, J. (18 de Diciembre de 2008). *Revista forum empresarial*. Obtenido de <https://revistas.upr.edu/index.php/forumempresarial/article/view/3401/2905>
- Mercado, S. (2004). *Mercadotecnia programada*. Mexico: LIMUSA S.A DE C.V.
- Münch Galindo, L. (1997). *Fundamentos de administración: casos y prácticas*. México: Trillas.
- Munch, L. (2005). *Evaluación y control de la gestión*. México. D.F.: Trillas.
- OCEANO. (2003). Enciclopedia práctica de la pequeña y mediana empresa PYME. En C. Gisper. Barcelona España: Oceano.
- Ocegueda, C. (2015). *Metodología de la Investigación, Métodos, Técnicas y Estructuración de Trabajos Académicos*. México: Albos editores.
- Ocegueda, M. C. (2007). *Metodología de la Investigación, Métodos, Técnicas y Estructuración de Trabajos Académicos*. México: Anaya.
- Ocegueda, M. C. (2015). *Metodología de la Investigación, Métodos, Técnicas y Estructuración de Trabajos Académicos*. México: Albox.
- O'Grady, P. (1993). *Just-in-time: una estrategia fundamental para los jefes de produccion*. McGraw-Hill.
- Ohno, T. (1990). *The Machine that Changed the World*.
- Ortega, C. A. (2008). *Introducción a las finanzas* (2a ed.). México: MGH /Interamericana.
- osha.gov. (s.f.). Obtenido de osha.gov
- Padilla, I. L. (2010). LEAN MANUFACTURING. *Ingeniería Primero*.
- Palomino, D. M. (2011). *Perspectiva de la gestion de la innovacion desde los mecanismos a prueba de falla Poka Yoke*. Barramquilla.
- Parra, C. (2009). La estructura Organizacional y el rediseño organizacional una revision biblioGráfica. *Gestion & Sociedad*, 100-106.
- Perez, C. J. (2012).

- Pérez, L. J. (2014). *Fundamentos de dirección de empresas*. Madrid: Ediciones RIALP.
- Porter, M. (2003). *Ser competitivo*. Harvard Bussines Press.
- Remanufacturing, i. c. (2 de Junio de 2014). *remancouncil.org*. Recuperado el 5 de 12 de 2017, de remancouncil.org: <http://www.remancouncil.org/>
- Robbins, S., & Coulter, M. (2005). *Administracion*. Mexico: PEARSON Educacion.
- Rodriguez, V. J. (2002). *Administracion de Pequeñas Y Medianas Empresas*. Mexico: Cengage Leraning.
- Ron. (4 de Abril de 2007). Recuperado el 13 de 12 de 2017, de Gemba academy.
- Russell, L. (1997). ADMINISTRACION ESTRATEGICA. En ZACARIAS, ADMINISTRACION ESTRATEGICA.
- Secretaría de economía. (2015). *INADEM*. Obtenido de http://www.pnc.org.mx/wp-content/uploads/download-manager-files/1397579585wpdm_MNC-Medianas-y-Grandes-Empresas.pdf
- Sepulveda, E., Morales , M., & Peach, J. (2010). *Secretaria de economia*. Obtenido de Sepulveda, E.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Tovota Production System*.
- Socconini, L. (2018). *Lean Company. Más allá de la manufactura*. Guadalajara, México: Pandora Impresores.
- sqas.org*. (s.f.).
- Suñe, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. MADRID: Diaz de Santos, S. A.
- Suñe, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. MADRID: Diaz de Santos, S. A.
- Suñe, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2014). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. MADRID: Diaz de Santos, S. A.
- Tapping. (2003).
- Tejeda, A. S. (2011). *MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS*. Universidad Autonoma del Estado de Mexico.

- Tejeda, A. S. (2011). *MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS*. Universidad Autonoma del Estado de Mexico.
- Tejeda, A. S. (2011). *MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS*. Universidad Autonoma del Estado de Mexico.
- Thompson, A., & Stricland, J. (1999). ADMINISTRACION ESTRATEGICA. En Z. T. Hernandez.
- Tinajero Trejo, P. (2008). *Aplicacion de una metodologia para diagnosticas y mejorar un Sistema de suministro de materiales, basada en los principios de Manufactura Esbelta, Logistica Esbelta y Aministracion de Cadenas de Valor*. Monterrey, N.L.
- Tinoco, M. A. (2010). *Aprendizajes de manufactura esbelta para futuros ingenieros industriales*.
- Torres, H. Z. (2014). *Administración estratégica*. Grupo editorial patria.
- Toyota. (2010).
- TOYOTA, S. (18 de Abril de 2017). *Toyota México 2018*. Obtenido de Sistema de producción Toyota: la filosofía empresarial más admirada: <https://www.toyota.mx/nota/sistema-de-produccion-toyota-la-filosofia-empresarial-mas-admirada>
- Villalva, P. G. (2008). *HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD*. Mineral de la Reforma Hidalgo: Universidad Autonoma del estado de Hidalgo.
- Villalva, P. G. (2008). *HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD*. Mineral de la Reforma Hidalgo: Universidad Autonoma del estado de Hidalgo.
- Villalva, P. G. (2008). *HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD*. Mineral de la Reforma Hidalgo: Universidad Autonoma del estado de Hidalgo.
- Villaseñor Alberto, G. E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Mexico: Limusa.
- Womack. (200).
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.

Womack, J., Jones, D., & D., R. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.

Anexo 1.- Formato de Hoja de Observación de Tiempos

Mexico S. de R.L. de C. V. - Operaciones Matamoros															
INT- 3026															
Hoja de Observacion de Tiempos															
Autor:					Referencia:					Fecha EF/ REV: 05/05/2014					
Nombre de la Linea/Nombre del proceso:															
Fecha:															
Takt Time:															
													El mas bajo repetible del Analisis de 4 Standart pack		
													A		
No.	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Fluctuacion (Alta-Baja)	Mas bajo repetible	Ajuste**	Tiempo Ajustado
													Totales:	B	
No.	Elementos No Ciclicos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Fluctuacion (Alta - Baja)	Mas bajo repetible		
													A - B		

Anexo 2.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Actual Tesla Final Door

<u>Operational Availability</u>		Customer demand / day	800	pieces
Working shifts / day	1	shifts		
Hours / shift	17.9	hours		(Include lunch, if not paid lunch)
Available time / shift	1,076	minutes		
Break time / shift	20	minutes		(Contractual break time)
Lunch time / shift	30	minutes		
Contractual downtime / shift		minutes		(other contractual obligations)
Net working time / shift	1,026	minutes		
Net working time / shift	61,584	seconds		
Net available time / day	61,584	seconds		
			Takt Time = 77.0 seconds / piece	
			23	
			(2 lineas)	
<u>Design Cycle</u>				
Working shifts / day	1	shifts		
Hours / shift	17.9	hours		(Include lunch, if not paid lunch)
Available time / shift	1,076	minutes		
Break time / shift	20	minutes		(Contractual break time)
Lunch time / shift	30	minutes		
Contractual downtime / shift	-	minutes		(other contractual obligations)
Planned downtime / shift	5	minutes		(Include other planned downtime: C/O's, equipment down, etc...)
Net working time / shift	1,021	minutes		
Net working time / shift	61,284	seconds		
Net available time / day	61,284	seconds		
			Design Cycle Time = 68.9 seconds / piece	
			26	
			(2 lineas)	

Anexo 3.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Actual Tesla Glove Box

<u>Disponibilidad operacional</u>		Demanda de cliente / Dia	320	Piezas
Turnos trabajados / Dia	1	Turnos		
Horas / Turno	14.5	Horas		(Include el almuerzo, si no se paga el almuerzo)
Tiempo Disponible / Turno	870	Minutos		
Tiempo Descanso / Turno	20	Minutos		(Tiempo de interrupcion contractual)
Tiempo Descanso / Turno	30	Minutos		
Tiempo de inactividad contractual / Turno	5	Minutos		(Otras obligaciones contractuales)
Tiempo de trabajo neto / Turno	815	Minutos		
Tiempo de trabajo neto / Turno	48,900	Segundos		
Tiempo neto disponible / Dia	48,900	Segundos		
			Takt Time = 152.8 segundos / pieza	
<u>Ciclo diseñado</u>				
Turnos trabajados / Dia	1	Turnos		
Horas / Turno	14.5	Horas		(Include el almuerzo, si no se paga el almuerzo)
Tiempo Disponible / Turno	870	Minutos		
Tiempo Descanso / Turno	20	Minutos		(Tiempo de interrupcion contractual)
Tiempo Descanso / Turno	30	Minutos		
Tiempo de inactividad contractual / Turno	5	Minutos		(Otras obligaciones contractuales)
Tiempo de inactividad planificado / Turno	-	Minutos		(Include otros tiempos de inactividad planificados: C / O, equipo inactivo, etc.)
Tiempo de trabajo neto / Turno	815	Minutos		
Tiempo de trabajo neto / Turno	48,900	Segundos		
Tiempo neto disponible / Dia	48,900	Segundos		
			Tiempo de ciclo diseñado = 137.5 segundos / pieza	

Anexo 4.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Propuesto Tesla Final Door

Operational Availability		Customer demand / day	886	pieces
Working shifts / day	1	shifts		
Hours / shift	10.1	hours		(Include lunch, if not paid lunch)
Available time / shift	606	minutes		
Break time / shift	20	minutes		(Contractual break time)
Lunch time / shift	30	minutes		
Contractual downtime / shift		minutes		(other contractual obligations)
Net working time / shift	556	minutes		
Net working time / shift	33,360	seconds		
Net available time / day	33,360	seconds	Takt Time = 37.7 seconds / piece	
			48	(2 líneas)
Design Cycle				
Working shifts / day	1	shifts		
Hours / shift	10.1	hours		(Include lunch, if not paid lunch)
Available time / shift	606	minutes		
Break time / shift	20	minutes		(Contractual break time)
Lunch time / shift	30	minutes		
Contractual downtime / shift	-	minutes		(other contractual obligations)
Planned downtime / shift	5	minutes		(Include other planned downtime: C/O's, equipment down, etc...)
Net working time / shift	551	minutes		
Net working time / shift	33,060	seconds		
Net available time / day	33,060	seconds	Design Cycle Time = 33.6 seconds / piece	
			54	(2 líneas)

Anexo 5.- Cálculo de Takt Time y Takt Time Diseñado Propuesto Tesla Glove Box

PROGRAMA: GUANTERA	1,920	pz per week		
PLANTA 1	384	pz per day		
FECHA	5 días/ 2 turnos			
Disponibilidad operacional		Demanda de cliente / Dia	386	Piezas
Turnos trabajados / Dia	1	shifts		
Horas / Turno	17.94	hours		(Incluye el almuerzo, si no se paga el almuerzo)
Tiempo Disponible / Turno	1,076	minutes		
Tiempo Descanso / Turno	20	minutes		(Tiempo de interrupcion contractual)
Tiempo Descanso / Turno	30	minutes		
Tiempo de inactividad contractual / Turno	5	minutes		(Otras obligaciones contractuales)
Tiempo de trabajo neto / Turno	1,021	minutes		
Tiempo de trabajo neto / Turno	61,284	seconds		
Tiempo neto disponible / Dia	61,284	seconds	Takt Time = 158.8 segundos / pieza	
Ciclo diseñado				
Turnos trabajados / Dia	1	Turnos		
Horas / Turno	17.94	Horas		(Incluye el almuerzo, si no se paga el almuerzo)
Tiempo Disponible / Turno	1,076	Minutos		
Tiempo Descanso / Turno	20	Minutos		(Tiempo de interrupcion contractual)
Tiempo Descanso / Turno	30	Minutos		
Tiempo de inactividad contractual / Turno	5	Minutos		(Otras obligaciones contractuales)
Tiempo de inactividad planificado / Turno	-	Minutos		(Incluye otros tiempos de inactividad planificados: C / O, equipo inactivo, etc.)
Tiempo de trabajo neto / Turno	1,021	Minutos		
Tiempo de trabajo neto / Turno	61,284	Segundos		
Tiempo neto disponible / Dia	61,284	Segundos	Tiempo de ciclo diseñado = 142.9 segundos / pieza	

Anexo 6.- Requisición para Desviación de Proceso

Mexico S. de R.L. de C. V. - Operaciones Matamoros																																				
INT - 1236																																				
Requisición para Desviación																																				
Autor: Marlene	Referencia: 7.1.4	Fecha EF/ REV. 03/12/2019																																		
TIPO DE REQUISICIÓN																																				
(1) PERMISO DE : DISEÑO <input type="checkbox"/> PRODUCTO <input type="checkbox"/> MATERIAL(Nuevo) <input type="checkbox"/> EQUIPO(Nuev) <input type="checkbox"/> 1a EXT <input type="checkbox"/> 2da EXT <input type="checkbox"/>		(19) No. REQUISICIÓN: _____ (3) AREA / LINEA _____ (4) HOJA _____ DE _____																																		
(2) BYPASS : 1a EXT <input type="checkbox"/> 2da EXT <input type="checkbox"/>		(5) FECHA _____ (7) NUMERO (S) DE PARTE _____																																		
(6) NUMERO DE ECR: _____ (8) NOMBRE DE PROGRAMA Y DE LA PARTE / PRODUCTO (S) _____																																				
(9) DESCRIPCIÓN DE LA (S) DESVIACION (ES) SOLICITADA (S) 		(10) REQUERIDO POR: <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 60%;">NOMBRE</th> <th style="width: 20%;">FIRMA</th> <th style="width: 20%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">APROBACIONES</td> </tr> <tr> <td>GERENTE DE PRODUCCION*</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. CALIDAD MANUFACTURA*</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. INDUSTRIAL*</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. PROCESOS/EQUIPO*</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. MATERIALES</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. DE EMPAQUE</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. LÍDER DE OPERACIONES (LOE)</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. DE MANUFACTURA (PFMEA) *</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>ING. IT</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>		NOMBRE	FIRMA	FECHA	APROBACIONES			GERENTE DE PRODUCCION*	_____	_____	ING. CALIDAD MANUFACTURA*	_____	_____	ING. INDUSTRIAL*	_____	_____	ING. PROCESOS/EQUIPO*	_____	_____	ING. MATERIALES	_____	_____	ING. DE EMPAQUE	_____	_____	ING. LÍDER DE OPERACIONES (LOE)	_____	_____	ING. DE MANUFACTURA (PFMEA) *	_____	_____	ING. IT	_____	_____
		NOMBRE	FIRMA	FECHA																																
		APROBACIONES																																		
		GERENTE DE PRODUCCION*	_____	_____																																
		ING. CALIDAD MANUFACTURA*	_____	_____																																
		ING. INDUSTRIAL*	_____	_____																																
		ING. PROCESOS/EQUIPO*	_____	_____																																
		ING. MATERIALES	_____	_____																																
		ING. DE EMPAQUE	_____	_____																																
		ING. LÍDER DE OPERACIONES (LOE)	_____	_____																																
ING. DE MANUFACTURA (PFMEA) *	_____	_____																																		
ING. IT	_____	_____																																		
(11) INFORMACIÓN DE SOPORTE / CONTENCIÓN: (Esta sección debe ser respondida por el Ing. de Calidad)		ALMACEN/BODEGA _____ SEGURIDAD E HIGIENE _____																																		
(12) IMPACTO EN ERGONOMIA (Esta sección debe ser respondida por el Ing. Industrial): La desviación solicitada procederá a un cambio permanente (INT- 1237)? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> La desviación solicitada requiere que se realice una reevaluación ergonómica o evaluación ergonómica nueva? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NOTA: En caso de ser requerida una evaluación o reevaluación ergonómica esta deberá resultar fuera de riesgo ergonómico (menor de 30 RPS, color verde o amarillo) para que pueda proceder a una INT-1237.																																				
(13) EVALUACION (Responsable Ing. de Calidad) <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">PCP Afectado:</th> <th style="width: 40%;">Requiere Actualizar PCP?</th> <th style="width: 20%;">Fecha de Sumision de PCP en Sharepoint:</th> <th style="width: 15%;">Revision:</th> </tr> <tr> <td>Op. Afectada:</td> <td>Si (Firma): _____ No (Firma): _____</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				PCP Afectado:	Requiere Actualizar PCP?	Fecha de Sumision de PCP en Sharepoint:	Revision:	Op. Afectada:	Si (Firma): _____ No (Firma): _____																											
PCP Afectado:	Requiere Actualizar PCP?	Fecha de Sumision de PCP en Sharepoint:	Revision:																																	
Op. Afectada:	Si (Firma): _____ No (Firma): _____																																			
(15) IMPACTO AL CLIENTE (Esta sección debe ser respondida por el Ing. de Calidad): La Desviación Solicitada, Impacta al Cliente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> El Cliente fue Notificado de la Desviación? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Explique que medio utilizó para notificar al Cliente (Adjunte Evidencia): Requiere Aprobación del Cliente? SI <input type="checkbox"/> No Evidencia de Aprobación del Cliente) NO <input type="checkbox"/>		(14) Validacion (Esta sección debe ser respondida por el Ing. de Calidad, anexas evidencia):																																		
(16) APROBACION DE : Evaluado por Ing. Calidad: _____ Fecha: _____ APROBADO <input type="checkbox"/> _____ Firma _____ RECHAZADO <input type="checkbox"/> Supervisor Gral de Calidad: _____ Fecha: _____ APROBADO <input type="checkbox"/> _____ Firma _____ RECHAZADO <input type="checkbox"/>																																				
(17) APROBACION DE : Gerente de Unidad de Negocios: _____ Fecha: _____ APROBADO <input type="checkbox"/> _____ Firma _____ RECHAZADO <input type="checkbox"/> Director y/o Gerente de Ingenieria: _____ Fecha: _____ APROBADO <input type="checkbox"/> _____ Firma _____ RECHAZADO <input type="checkbox"/> Gerente de Calidad: _____ Fecha: _____ APROBADO <input type="checkbox"/> _____ Firma _____ RECHAZADO <input type="checkbox"/>																																				
(18) FECHA DE VENCIMIENTO (15 Dias Calendario Maximo a partir de la última fecha de aprobación): _____																																				
(20) COPIAS ORIGINAL (Archivo de Calidad) COPIAS: (Para Referencia Solamente en el area afectada)																																				

Anexo 7.- Formato para requisición de trabajo programado para el taller de Kaizen

FORMATO PARA TRABAJOS DEL TALLER DE KAIZEN		
MEDIDAS REQUERIDAS INTERNAS		
Descripcion del trabajo: Crear rack para inner en Tesla Glove Box.		

