



SEP

SES

TecNM

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA

**“MEJORAMIENTO DE LOGÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN PARA
REDUCCIÓN DE INVENTARIOS EN EMPRESA DE
AUTOPARTES PLASTICAS”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
INFORME TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN LOGÍSTICA**

**PRESENTA:
LUIS ÁNGEL SÁNCHEZ GUTIERREZ
No. CONTROL:
12280563**

**ASESOR:
M. ANABEL BERNAL NAVA**

METEPEC, ESTADO DE MÉXICO, OCTUBRE DE 2019



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA

RECIBIDO

HORA

Instituto Tecnológico de Toluca

Metepec, Edo. de México., 31/MAYO/2019

INGENIERÍA INDUSTRIAL

I.I.350.475.2019

ING. MIGUEL ÁNGEL TERRAZAS MAGAÑA
JEFE DE LA DIV. DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo a usted, que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Egresado	LUIS ÁNGEL SÁNCHEZ GUTIÉRREZ
Carrera	INGENIERÍA EN LOGÍSTICA
No. de control	12280563
Nombre del proyecto	MEJORAMIENTO DE LOGÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN PARA REDUCCIÓN DE INVENTARIOS EN EMPRESA DE AUTOPARTES PLÁSTICAS
Producto	INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

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

A T E N T A M E N T E

"Educación, integridad y ciencia"



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

M. EN A. LUIS TOMÁS AVALES LÓPEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

M. EN E. ANABEL BERNAL NAVA
ASESORA

M. EN C. MARCO ANTONIO ROSALES VILLEGAS
REVISOR

M. EN C. LAURA MARMOLEJO GARCÍA
REVISORA

LTAL*wgpr

Av. Tecnológico S/N, Col. Agrícola Bellavista, C.P. 52149,
Metepec, Estado de México. Tels. Dirección (01722) 208 7205, Subd. Académica 208 7207,
Subd. de Planeación 208 7206, Subd. Administrativa 208 7208, Conmut. 208 72 00
e-mail: info@toluca.tecnm.mx, www.toluca.tecnm.mx



Índice

Agradecimientos

Resumen

Introducción	4
Descripción de la empresa y del puesto del estudiante.	4
Justificación.	6
Objetivo general.	7
Objetivos específicos.	7
Problemas por resolver.	7

Capítulo I: Marco Teórico

1.1. Logística de planeación de producción.	9
1.1.1. Definición	9
1.1.2. Objetivos	9
1.1.3. Funciones del departamento.	10
1.1.4. Factores que afectan la planeación y control de la producción	10
1.1.5. Tipos de planeación	10
1.1.5.1. Por lotes	
1.1.5.2. Continuos	
1.1.5.3. Por proyecto	
1.1.6. Indicadores para monitorear producción	11
1.1.7. Análisis de la demanda para la planeación	11
1.2. Inventarios	
1.2.1. Definición	12
1.2.2. Objetivos	12
1.2.3. Clasificación de inventarios.	13
1.2.4. Los costos de los inventarios.	13
1.2.4.1. Costos por demanda insatisfecha	14
1.2.4.2. Costos por sobre inventario	14
1.2.5. Indicadores para medir inventarios	14
1.3. Indicadores claves de desempeño (KPI)	
1.3.1. Definición.	14

1.3.2. Objetivos.	15
1.3.3. Tipos de indicadores.	15
1.3.4. Indicadores logísticos.	
1.3.4.1. Indicadores de compras.	17
1.3.4.2. Indicadores producción.	17
1.3.4.3. Indicadores de almacenaje.	17
1.3.4.4. Indicadores de transporte.	17
1.4. Conceptos generales de manufactura lean	
1.4.1. Definición.	17
1.4.2. Orígenes y antecedentes	18
1.4.3. Estructura del sistema lean.	19
1.4.4. Principios del sistema lean.	20
1.4.5. Técnicas lean	20
1.4.5.1. 5's	22
1.4.5.2. SMED	23
1.4.5.3. Estandarización	24
1.4.5.4. Mantenimiento productivo total	24
1.4.5.5. Control visual.	25
1.4.5.6. Jidoka	25
1.4.6. Heijunka	
1.4.6.1. Concepto	26
1.4.6.2. Beneficios	26
1.4.6.3. Tack_time	27
1.4.7. Kanban	
1.4.7.1. Concepto	28
1.4.7.2. Objetivo.	28
1.4.7.3. Beneficios del Kanban	29
1.4.7.4. Tipos de Kanban	29
Capítulo II: Procedimiento y descripción de actividades realizadas.	31
2.1 Análisis de situación en la logística de planeación de producción.	31
2.2 Planeación y ejecución de la introducción de Heijunka en la programación de producción.	38
Resultados.	47

Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia personal profesional adquirida.	<u>52</u>
Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	<u>54</u>
Actividades sociales realizadas en la empresa u organización.	<u>55</u>
Bibliografía.	<u>58</u>
Anexos.	<u>60</u>

Agradecimientos.

Gracias a mis padres, hermanos mi familia que estuvieron siempre para escucharme, hacerme reír y apoyarme en momentos cansados y difíciles a lo largo de estos años en la escuela.

Gracias a todos los maestros de los que aprendí cosas importantes sobre la carrera, pero además sus invaluable consejos para la vida.

Gracias a los ingenieros Jesús Saldaña, Alfredo Rodríguez y Guadalupe Morales que me dieron la oportunidad de tener mi primera experiencia laboral dentro de Plastic tec, de compartir sus conocimientos sobre logística y por la paciencia para poder transmitirlos.

Resumen.

En el presente reporte final se presenta la aplicación técnica Heijunka para el mejoramiento de la logística interna para el control de la producción con el objetivo de reducir el costo de los inventarios, garantizando siempre el material disponible para el cliente en una empresa automotriz dedicada a la producción de molduras decorativas de puertas, guantera, palanca de velocidades, tapas cenicero, entre otras, para vehículos alemanes ensamblados en el Estado de Puebla. Mediante la aplicación de herramientas lean es posible mejorar el suministro de componentes, controlar la producción, aumentar confiabilidad de inventarios y reduciendo los reclamos por parte del cliente. Para mejorar el proceso de suministro en todas las líneas de producción, se fueron introduciendo gradualmente las herramientas lean, con la finalidad de que los operadores se fueran involucrando en los conceptos y actividades que se generan. De la mano de la introducción de herramientas lean se diseñaron e incorporaron indicadores de desempeño para medir los resultados, la situación antes y después de la implementación del proyecto. A partir de la aplicación de Heijunka y la implementación de indicadores se observa que existe disminución en el valor de los inventarios, garantizando que exista material en el momento indicado, disminuyendo también los costos por transportes expeditados y afectando directamente a los resultados financieros de la empresa.

Introducción.

La implementación de Heijunka dentro de Plastic tec es un proyecto que tiene como objetivo disminuir el valor del inventario de producto terminado y al mismo tiempo garantizar en tipo de material y cantidad al momento del embarque para asegurar una entera satisfacción al cliente. La razón de ser de cualquier empresa es maximizar sus ganancias y para eso es necesario evitar cualquier costo dentro de los procesos logísticos, además de disminuir el valor de los almacenes para que tenga flujo el efectivo.

Poder medir los problemas dentro de la organización nos permite monitorear los avances o retrocesos que hay dentro de cualquier actividad y operación, es muy importante realizarlo dentro de las operaciones diarias pues nos permite saber dónde se encuentra parada la operación y tener un punto de partida para mejorar cualquier actividad.

El control de la producción es un problema que para Plastic tec ha generado diferentes problemas que impactan directamente en los indicadores de costo de la planta, los envíos expeditados son el principal aportador a estos costos que pueden ser evitados con una correcta planeación de la producción, garantizando que el material en la cantidad correcta este en el momento correcto.

Maquinas paradas: En el proceso de producción, la falta de componentes (cromos, carcasas, gavetas, grapas, entre otros) genera que no se pueda seguir produciendo o ensamblando PT¹, por lo tanto, el supervisor de producción detiene las operaciones en la máquina para evitar que se acumulen piezas sin terminar, lo que genera que las operaciones se detengan en un mínimo de 15 minutos generando recurso humano sin trabajar, energía que se traduce en dinero.

Transportes expeditados: El 95% de los clientes coloca a su costo las unidades para recolectar el material fabricado, las ventanas de embarque están definidas en día y hora, normalmente el lapso es de dos horas desde su llegada a rampa, al no respetarse los horarios definidos es necesario colocar una unidad con costo a Plastic tec para poder suministrar el material, en caso de que no se haga se corre el riesgo de parar la producción del cliente.

Valor del inventario: de acuerdo con Vermorel (2013) el valor de inventario son los costos relacionados con el almacenamiento y el mantenimiento del inventario

¹ PT: Abreviatura para Producto terminado. El cual se debe entender como material que cumple todas las características para ser enviado al cliente.

durante un determinado período de tiempo, por lo que es necesario contar con el inventario óptimo para no generar costos adicionales.

Identificación incorrecta del material: dentro de la producción se utilizan etiquetas para identificar el material, cantidad, cliente y versión de la pieza, algunos materiales tienen números de parte similares lo que genera que el operador pueda confundirse al momento de etiquetar el material, generando inventarios falsos o hasta material mal enviado al cliente lo que ha llegado a ocasionar paro en líneas del cliente, cobrando todos los gastos generado por ello.

Devoluciones del cliente: al existir materiales semejantes, (donde únicamente cambia el cromo o el estampado de la pieza), se producen confusiones al momento de etiquetar, notificar y embarcar, haciéndole llegar al cliente material diferente al solicitado.

Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del estudiante.

Plastic tec empresa S.A. de C.V. desarrolla y produce piezas de plástico moldeadas por inyección para motores, cajuelas, exteriores e interiores de vehículos. Actualmente La empresa S.A. de C.V. es uno de los principales proveedores de piezas de plástico dentro del ramo automotriz, teniendo entre sus clientes a empresas como VW, Nissan, Ford, Mazda y Toyota, esto gracias a sus productos innovadores y tecnología IMD única dentro de México que le permite competir con empresas de su ramo, además de tener presencia cerca de las principales ensambladoras de México, por ejemplo, en San Luis Potosí, Saltillo, Ciudad de México, Toluca.

Como empresa, Plastic tec S.A. de C.V es capaz de ofrecer a la industria automotriz y otros sectores una sofisticada gama de productos de plástico, es tanto un socio de desarrollo como un proveedor de servicio completo capaz de producir series de productos de aluminio o plástico según requerimientos específicos. Esto la coloca entre las pocas compañías capaces de suministrar soluciones híbridas en plástico y aluminio.

Como se mencionó anteriormente, en la planta IMD de La empresa S.A. de C.V se producen diferentes molduras de plástico en diferentes colores con tecnología alemana única en el mercado mexicano, lo que le permite posicionarse como una empresa capaz de proveer molduras con un alto nivel estético para los interiores de diferentes automóviles. El proceso de fabricación de las piezas empieza desde la fundición de resina que pasa por los moldes que dan forma a cada una de las piezas que se producen y finalmente se le agrega la película plástica que le da la apariencia, color y brillo para cada una de las molduras.

Las empresas del grupo Bocar saben la importancia de las actividades logísticas como parte fundamental para el cumplimiento y satisfacción total del cliente, es por ello que todas las plantas tienen un departamento de logística que se encarga de administrar toda la cadena de suministro, desde las actividades de planeación de materiales, suministro a producción, almacenaje, embarques y servicio al cliente.

Dentro del área logística las actividades que se realizan como practicante son:

- Crear órdenes de producción para el plan secuenciado de la semana.
- Generar e imprimir ordenes de producción.

- Seguimiento a órdenes de producción
- Recibo, desconsolidación y entrada al sistema de MP² (materia prima).
- Inventario de productos sobrantes por completar.
- Eliminación de COGIS en sistema SAP.
- Dar seguimiento a problemas al crear ordenes de producción.
- Suministrar componentes y MP fuera de ruta.
- Inventarios de materiales críticos.
- Traspasos de material entre plantas.
- Movimiento de MP en sistema SAP.

² Foil: Materia prima que cubre la pieza inyectada de plástico para darle diferentes colores.

Justificación.

Actualmente, en la empresa se presentan problemas de sobre inventario en algunos productos terminados y faltantes en otros, lo que genera varios días de inventario sin movimiento y que se soliciten varias unidades expeditadas por La empresa para evitar paro de líneas por falta de suministro a su principal cliente. Además de la producción en serie, también se producen envíos de exportación que suelen ser productos terminados de bajo movimiento y poco volumen, estos productos terminados se producen siguiendo la producción tradicional dejando los lotes pequeños hasta el final creando contratiempos para la preparación física de estos envíos de exportación.

Estos problemas pueden ser disminuidos aplicando la técnica de Heijunka dentro de la planeación logística de producción, permitiendo tener mejor control sobre la producción fabricando en lotes pequeños, disminuyendo inventarios y garantizando la existencia de producto terminado disponible para el cliente, esto para así evitar unidades expeditadas por parte de La empresa. Además de anticipar la producción de producto terminado de exportación que facilite la preparación de estos materiales. Al introducir Heijunka se podría observar un inventario equilibrado donde se tengan disponibles las unidades para satisfacer las necesidades del cliente y no tener sobreproducción, ocupando de forma eficiente el equipo vacío que se tiene para la fabricación del producto terminado.

Con la aplicación de Heijunka también se pretende garantizar el flujo correcto de información mediante el uso de las tarjetas Kanban (sistema pull), ya que actualmente el sistema Kanban cuenta con debilidades que pueden causar problemas en el suministro y control adecuado de componentes para la producción por parte del almacén de materia prima.

Objetivo general.

Optimizar la logística de la programación de la producción con el objetivo de reducir inventarios y mejorar las entregas para el cliente, con la ayuda de la técnica Heijunka y herramientas lean en empresa automotriz.

Objetivos específicos.

- Crear indicadores logísticos KPI's³ que permitan monitorear envíos expeditados, valor del inventario, satisfacción al cliente, cambios al programa de producción.
- Aplicar Kanban y herramientas lean para el suministro correcto de materiales al área de producción y mejorar la entrega a tiempo de materiales.
- Corregir la carga correcta de información (release) en sistema para programar la producción en base a lo requerido por el cliente.
- Suavizar la producción utilizando Heijunka para disminuir inventarios y garantizar el material en tiempo y forma para el cliente.

Problemas por resolver.

Las actividades logísticas dentro de la organización son importantes para el correcto funcionamiento de una empresa pues la logística realiza todos los movimientos dentro de la planta, desde suministro, de MP, recolección del producto, almacenamiento y envío al cliente, la mayoría de estos movimientos es dictado directamente por la producción quien dice en qué momento, en qué cantidad y qué material se debe de suministrar para empezar a producir y tenerlo en el momento en el que lo solicita el cliente. Todos los movimientos involucrados para poder tener el material en el momento, cantidad adecuada deben de estar coordinados para evitar problemas como movimientos en falso, material fuera de tiempo, suministro incorrecto, entre otros problemas que a continuación, se describen las características de cada aspecto identificado dentro de Plastic tec.

- Maquinas paradas: En el proceso de producción, la falta de componentes (cromos, carcasas, gavetas, grapas, entre otros) genera que no se pueda seguir produciendo o ensamblando PT⁴, por lo tanto, el supervisor de producción detiene las operaciones en la máquina para evitar que se acumulen piezas sin terminar, lo

³ KPI: siglas en inglés para Key Performance Indicators.

⁴ PT: Abreviatura para Producto terminado. El cual se debe entender como material que cumple todas las características para ser enviado al cliente.

que genera que las operaciones se detengan en un mínimo de 15 minutos generando recurso humano sin trabajar, energía que se traduce en dinero.

- Transportes expeditados: El 95% de los clientes coloca a su costo las unidades para recolectar el material fabricado, las ventanas de embarque están definidas en día y hora, normalmente el lapso es de dos horas desde su llegada a rampa, al no respetarse los horarios definidos es necesario colocar una unidad con costo a Plastic tec para poder suministrar el material, en caso de que no se haga se corre el riesgo de parar la producción del cliente.
- Valor del inventario: de acuerdo con Vermorel (2013) el valor de inventario son los costos relacionados con el almacenamiento y el mantenimiento del inventario durante un determinado período de tiempo, por lo que es necesario contar con el inventario óptimo para no generar costos adicionales.
- Identificación incorrecta del material: dentro de la producción se utilizan etiquetas para identificar el material, cantidad, cliente y versión de la pieza, algunos materiales tienen números de parte similares lo que genera que el operador pueda confundirse al momento de etiquetar el material, generando inventarios falsos o hasta material mal enviado al cliente lo que ha llegado a ocasionar paro en líneas del cliente, cobrando todos los gastos generado por ello.
- Devoluciones del cliente: al existir materiales semejantes, (donde únicamente cambia el cromo o el estampado de la pieza), se producen confusiones al momento de etiquetar, notificar y embarcar, haciéndole llegar al cliente material diferente al solicitado.
- Retrabajo en el material identificado incorrectamente: Todas las actividades involucradas para corregir el material son asumidas, principalmente, por el área de calidad y almacén, que generan nuevas órdenes de producción para que el material quede correctamente identificado.

Capítulo I: Marco Teórico

1.1 Logística de planeación de la producción.

La planeación de la producción es parte muy importante dentro de las actividades logísticas de cualquier compañía, pues del plan de producción se definen cuales serán los materiales, recurso humano, maquinaria a usar, además de que el plan de producción Rodríguez (2016). También dicta en que cantidades producir y en que momento empezar la producción; de las actividades de planeación de la producción se pueden controlar el valor de inventario y las entregas perfectas (en cantidad y tiempo).

1.1.1 Definición

La planeación de la producción consiste la coordinación, administración y distribución de recursos, eventos y procesos para crear bienes o servicios, todo esto con base a la disponibilidad de recursos, órdenes del cliente y eficiencias. Ballou (2004)

Ruiz (2012), define programación de la producción como: “la actividad en la cual todos los recursos que son usados para las actividades de producción, materia prima, capital humano, infraestructura y maquinaria son asignadas en una línea de tiempo para su ejecución. Esto permite identificar que recursos podrían ser consumidos, en qué escenario de la producción de acuerdo con las cantidades necesarias.”

1.1.2 Objetivos

Algunos de los principales objetivos que menciona Cuatrecasas (2006), son los siguientes:

- Balancear el uso de los recursos de la empresa para evitar fatiga o pereza en cualquier de los recursos disponibles por la empresa
- Asegurar el material disponible para el cliente en el momento y cantidad adecuado.
- Regular el valor de los inventarios para tener solamente el material que se embarque al cliente.
- Utilizar de forma eficiente los recursos de la empresa para evitar costos excesivos de producción.
- Optimizar el uso del recurso humano para que no exista exceso o falta de recurso durante el proceso de producción.

1.1.3 Funciones del departamento

De acuerdo con Cooke (2013) la preparación del programa de producción se basa en los requerimientos del cliente o pronósticos de ventas y tiene tres principales funciones

Planeación de requerimientos. El desglose del programa de producción y la determinación de fechas aproximadas en las cuales cada paso del ciclo debe ser ejecutada para cumplir con el requerimiento del cliente.

Carga y distribución de las horas de producción requeridas para completar cada etapa en el ciclo obteniendo los requerimientos de capacidad.

Controlar y vigilar la producción real, monitorear si existe algún retraso en la producción por daño en molde, falta de personal o error en producción.

1.1.4 Factores que afectan la planeación y control de la producción

La planeación de la producción es una actividad empresarial que esta involucrada con diferentes áreas y que al mismo tiempo depende de diferentes variables para su correcto funcionamiento Hirano (2002). Aquí se mencionan algunos de los factores que afectan a la planeación de la producción.

- Falta de correcta y actualizada información referente a tiempos de entrega, tiempo de producción y tamaño de lote
- Restricciones en los recursos, falta de capacidad, retraso en el suministro de materiales, paros de máquina
- Absentismo de personal, falta de conocimientos y habilidad por parte del personal operativo, extendiendo el tiempo para completar el trabajo.
- Diferentes tipos de producción en la planta.
- Problemas para balancear las capacidades de máquinas en la línea de producción o líneas de ensamble (cuellos de botella).

1.1.5 Tipos de planeación

Los tipos de planeación se definen de acuerdo con las características de cada empresa, de los materiales que el cliente solicita la empresa, con base a la distribución de sus instalaciones y sus restricciones en tiempo, Blacksytowsky (2011). A continuación, se detallan los tipos de planeación.

- Sistemas por lotes, se producen cantidades de un solo tipo o varios productos a intervalos. El sistema debe ser flexible para poder adaptarlo a una gran variedad de estilos, tamaños y estilos.
- Sistema continuo, son aquellos en los que las instalaciones están estandarizadas en cuanto a flujos e itinerarios; los requerimientos básicos de producción son para mantener niveles de inventario de productos estándares dependiendo de las variaciones de la demanda.
- Por proyecto, este tipo de planeación surge únicamente por orden del cliente, se produce únicamente las cantidades solicitadas por el cliente, nunca para crear inventario.

1.1.6 Indicadores para monitorear y mejorar la programación de la producción.

Para mejorar cualquier proceso es indispensable medir y analizar la situación actual para poder compararla en un futuro comparar los cambios obtenidos después del proceso.

- Cambios al programa de producción: Los cambios en el programa de producción reflejan la situación de la planta en cuanto a información en sistema por parte del cliente y al seguimiento diario sobre la llegada de empaque para la producción.
- Cumplimiento al programa de producción: Existen diferentes variables que pueden afectar el cumplimiento del plan de producción, por ello el departamento tiene que monitorear el cumplimiento del programa.
- Utilización de los recursos de producción y capital humano: el uso eficiente de los recursos de la planta es importante para poder obtener el máximo provecho de cada recurso, por eso la importancia de monitorear el uso del recurso.

1.1.7 Análisis de la demanda para la planeación.

El análisis de la demanda es definido por Greif (2002) como: “una actividad clave en la planeación de la producción, pues permite tener una visión del cómo se podría comportar el mercado; esta visión permite planear los materiales, el uso de los equipos de trabajo, así como pronosticar la venta y el presupuesto de una organización”.

Los pronósticos se usan como base para planear y controlar los subsistemas de producción, el punto de partida es el análisis de los datos históricos de la demanda. La

demanda del mercado por un producto es el volumen total que comprarían los clientes en un periodo de tiempo, de esta manera lo define Gómez (2004).

En la planeación de la producción estos permiten determinar la cantidad de recursos necesarios para la ejecución de las actividades logísticas y a su vez, satisfacer completamente los requerimientos de los clientes; para el pensamiento lean los inventarios se pueden evitar, produciendo únicamente lo que necesita el cliente en el momento y cantidades adecuados.

1.2 Inventarios.

Los inventarios son muy comunes dentro de las empresas, algunos los consideran necesarios y como un gasto necesario para protegerse en caso de falta de material y garantizar siempre la disponibilidad del material. El inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comerciar con aquellos, permitiendo la compra y venta o la fabricación primero antes de venderlos, en un periodo económico determinados. (Monsalvo, 2004).

Generalmente el inventario de una empresa es de los activos mas grandes de la empresa por lo que se debe de tener el manejo adecuado para evitar tener mas material de lo necesario.

1.2.1 Definición

Los inventarios son el almacén de bienes y productos propiedad de una empresa y retenidos para su venta o para un proceso antes de ser vendido, se tienen inventarios para asegurar la existencia de material cuando el cliente lo solicite. Los inventarios son aspecto importante en la logística pues representan valor financiero, funcionan como seguridad para enfrentar las fluctuaciones de la demanda, como lo menciona Waters, 2003 “el inventario funciona como amortiguador para hacer frente a las fluctuaciones del mercado” (Ballou, 2004).

1.2.2 Objetivos.

El principal objetivo de los inventarios es mantener la cantidad adecuada de material para evitar el exceso o escasez, por que en ambos casos esto no es deseable para cualquier compañía.

Mantener el inventario suficiente para para asegurar los materiales que van a ser utilizados en producción o vendidos al cliente.

Minimizar el inventario para disminuir su valor y permitir la rentabilidad de la empresa

1.2.3 Clasificación de los inventarios.

Dentro de cualquier organización existen diferentes de inventarios y que se diferencian de acuerdo con sus características y usos que reciben los materiales dentro de la planta, a continuación, se detalla la clasificación:

- **Materia prima:** estos son los materiales comprados para ser manufacturados. El proceso de manufactura es aplicado a la materia prima para obtener producto terminado. La importancia de tener inventario de materia prima es para proteger cualquier interrupción en la planeación de la producción. Otras ventajas son los descuentos al comprar en volúmenes grandes y proteger a la empresa contra la escasez del material.
- **WIP⁵:** Blinder (1986) define los materiales WIP como los productos que están parcialmente procesados, estos pueden ser vendibles o no. También son llamados bienes semi terminados. Estos inventarios deben de mantenerse tan bajos como sea posible pues representa dinero atorado que puede ser utilizado en otras actividades.
- **Producto terminado:** estos son los productos finales después de que la materia prima ya paso por el proceso de manufactura, estos materiales ya pueden ser vendidos y enviados al cliente. Este inventario se produce dependiendo del tipo de manufactura, uno donde el producto es manufacturado y después vendido o la segunda, cuando el cliente manda la orden de compra y la empresa lo produce de acuerdo con sus especificaciones, para el primero es inevitable mantener inventario.
- **Empaques:** al igual que cualquier materia prima que es usado para la producción de un material, es necesario tener el empaque para evitar algún paro de maquina por la falta de este y además garantizar que el material llegue al cliente en perfectas condiciones.

1.2.4 Costos de los inventarios.

García (2001), menciona que la administración de los inventarios es parte fundamental en la logística pues este te puede ayudar a garantizar el material para la línea de producción y para envío al cliente, pero los materiales en exceso pueden generar costos que afecten la utilidad de la empresa. Los costos se reflejan de dos maneras, los costos por tener de mas o los costos por no tener la cantidad adecuada.

⁵ WIP: siglas en inglés para trabajo en proceso

1.2.4.1 Costos por la demanda insatisfecha.

Los costos por no tener el material a tiempo se traducen inmediatamente en transportes expeditados, ya sea en caso de no tener la materia prima se coordina el envío del material con el proveedor para evitar paro de líneas de producción. En el caso de que no se tenga el material terminado para enviar al cliente cuando lo solicita, es necesario colocar alguna unidad para que el material llegue al cliente.

1.2.4.2 Costos por sobre inventario.

EL inventario en exceso puede tapar muchos problemas en el sistema de producción de la planta, además de que genera costos por tener el material almacenado y que se traduce en dinero que no tiene movimiento, además de que se tienen probabilidades altas de que el material se quede como obsoleto.

1.2.5 Indicadores para medir inventarios.

- Indicador de rotación de mercancías: Proporción entre las ventas y las existencias promedio. Indica el número de veces que el capital invertido se recupera a través de las ventas.
- Indicador de duración de mercancías: Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último periodo. Indica cuantas veces dura el inventario que se tiene.
- Exactitud del inventario: Se determina midiendo el costo de las referencias que en promedio presentan irregularidades con respecto al inventario lógico valorizado cuando se realiza el inventario físico

1.3 Indicadores claves de desempeño (KPI).

Para poder mejorar es importante medir y una herramienta importante para poder medir y mejorar son los KPIs⁶ cualquier empresa que desee mejorar sus procesos es necesario medirlos, esta herramienta es aplicada por cualquier empresa que desea ser competitiva y mejorar día a día.

1.3.1 Definición

Gómez (2008) afirma que los KPIs son métricas que nos ayudan a identificar el rendimiento de una determinada acción o estrategia. Estas unidades de medida nos

⁶ KPI: siglas en ingles para indicadores clavo de desempeño.

indican nuestro nivel de desempeño en base a los objetivos que hemos fijado con anterioridad. Un indicador clave de desempeño es un valor medible, expresado con porcentaje, que demuestra la efectividad de una organización para lograr sus objetivos clave.

Springer (2014) define KPIs es una medida cuantificable que las organizaciones usan para monitorear y evaluar el desempeño de un proceso específico del negocio. Cada área del negocio debe tener métricas que le permitan mejorar su desempeño dentro de la organización.

Son relaciones de datos numéricos y cuantitativos aplicados a la gestión logística que permite evaluar el desempeño y el resultado en cada proceso, incluyen los procesos de recepción, almacenamiento, inventarios, despachos, distribución y flujos de información. “Es indispensable que toda empresa desarrolle habilidades alrededor del manejo de los indicadores de gestión logística con el fin de poder utilizar la información resultante de manera oportuna, es decir, tomar decisiones”. Morales (2002).

1.3.2 Objetivos

Los KPIs son usados para evaluar el desempeño pasado de una compañía: haciéndolo posible para comparar el desempeño con periodos previos de medida o con estándares de la industria incluso con la competencia, así lo define Tamayo (2014). Consecuentemente, cualquier sistema logístico debería intentar optimizar sus decisiones con las métricas que después puede evaluar. Una clara visión de los factores que conducen las operaciones logísticas nos provee con objetivos claro de planeación.

- Identificar y tomar decisiones sobre los problemas operativos
- Medir el grado de competitividad de la empresa frente a sus competidores
- Satisfacer las expectativas del cliente mediante la reducción del tiempo de entrega y optimización del servicio.
- Reducir gastos y aumentar la eficiencia operativa.
- Compararse con las empresas del sector en el ámbito local.

1.3.3 Tipos de indicadores.

Springer India (2014), define en su libro Materials management diferentes indicadores para poder medir el desempeño de la organización.

- Indicadores de tiempo: a través de estos indicadores se conoce y se controla la duración de la ejecución de los procesos logísticos de la empresa, es decir, el

tiempo que toma llevar a cabo una determinada actividad o proceso, por ejemplo, el tiempo que toma descargar o cargar un camión, el tiempo que toma la recepción de mercancía.

- Indicadores de calidad: muestran la eficiencia con la cual se realizan las actividades inherentes al proceso logístico, es decir, al nivel de perfección del proceso en lo que tiene que ver a la gestión de pedidos, la manipulación de mercancías, los procesos de picking, el transporte, etc. Estos reflejan las deficiencias en los procedimientos de ejecución del proceso logístico, por lo cual es importante para la empresa pues la eficiencia en sus procesos determina la eficiencia en costos y nivel de servicio.
- Indicadores de productividad: Reflejan la capacidad de la función logística de utilizar eficientemente los recursos asignados, es decir, mano de obra, vehículos, sistemas de información y comunicaciones, espacios de almacenamiento.
- Indicadores de la entrega perfecta: Es la máxima efectividad en las entregas de los productos a los clientes finales y se conocer como el momento de la verdad con el cliente y donde se verifican todas las variables logísticas que integran la calidad total en la entrega del consumidor final y no solo se incorporan variables de tiempo, calidad y documentos sino la presentación de la tripulación de entrega y sus respectivos equipos de transporte.

1.3.4 Indicadores logísticos.

Ronces (2003), menciona que “Actualmente, nuestras empresas tienen grandes vacíos en la medición del desempeño de las actividades logísticas de abastecimiento y distribución a nivel interno (procesos) y externo (satisfacción del cliente final). Sin duda, lo anterior constituye una barrera para la alta gerencia, en la identificación de los principales problemas y cuellos de botella que se presentan en la cadena logística, y que perjudican ostensiblemente la competitividad de las empresas en los mercados y la pérdida paulatina de sus clientes. Todo se puede medir y por tanto todo se puede controlar, allí radica el éxito de cualquier operación, no podemos olvidar: "lo que no se mide, no se puede administrar". El adecuado uso y aplicación de estos indicadores y los programas de productividad y mejoramiento continuo en los procesos logísticos de las empresas serán una base de generación de ventajas competitivas sostenibles y por ende de su posicionamiento frente a la competencia nacional e internacional.”

1.3.4.1 Indicadores de compras

Estos indicadores están diseñados en función de evaluar y mejorar continuamente la gestión de compras y abastecimiento como factor clave en el éxito de la gestión de la cadena de suministro de la compañía, dónde se pueden controlar aspectos del proceso de compras como las negociaciones y alianzas estratégicas con los proveedores.

1.3.4.2 Indicadores inventarios

Los movimientos de materiales y productos a lo largo de la cadena de suministro son un aspecto clave en la gestión logística, ya que de ello depende el reabastecimiento óptimo de productos en función de los niveles de servicio y costos asociados a la operación comercial y logística de la empresa.

1.3.4.3 Indicadores de almacenaje

La gestión de almacenamiento debe ser totalmente alineada con la gestión de aprovisionamiento y distribución, por lo tanto, el control sobre los procesos generados en el almacén es determinante en cuanto al impacto de los costos sobre la operación logística.

1.3.4.4 Indicadores de transporte

La distribución es una función logística vital para el desempeño exitoso de la compañía, por lo tanto, es fundamental poder controlar los costos y productividad asociados a la gestión de esta, particularmente de la gestión del transporte la cual es la actividad que consume mas recursos y esfuerzos dentro de la gestión logística por su fuerte impacto en inversiones de activos fijos y respuesta al cliente final.

1.4 Conceptos generales de manufactura lean

1.4.1 Definición

Susaki (1989) menciona dentro de su libro *logísticos management* que Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro.

1.4.2 Orígenes y antecedentes

Dentro del libro de Fujikoshi (2001) se explica que las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y modifican los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX y que encuentran sus ejemplos más relevantes en la fabricación de fusiles (EEUU) o turbinas de barco (Europa). Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. Posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación-secuenciación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. En ambos casos se trata conjuntos de acciones y técnicas que buscan una nueva forma de organización y que surgen y evolucionan en una época en donde era posible la producción rígida en masa de grandes cantidades de producto. La ruptura con estas técnicas se produce en Japón, en donde se encuentra el primer germen recocado con el pensamiento Lean. Ya en 1902, Sakichi Toyoda, el que más tarde fuera fundador con su hijo Kiichiro de la Corporación Toyota Motor Company, inventó un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía el hilo e indicaba con una señal visual al operador que la maquina necesitaba atención. Este sistema de “automatización con un toque humano” permitió separar al hombre la máquina. Con esta

simple y efectiva medida un único operario podía controlar varias máquinas, lo que supuso una tremenda mejora de la productividad que dio paso a una preocupación permanente por mejorar los métodos de trabajo. Por sus contribuciones al desarrollo industrial del Japón, Sakiichi Toyoda es conocido como el “Rey de los inventores japoneses”. En 1929, Toyoda vende los derechos de sus patentes de telares a la empresa Británica Platt Brothers y encarga a su hijo Kiichiro que invierta en la industria automotriz naciendo, de este modo, la compañía Toyota. Esta firma, al igual que el resto de las empresas japonesas, se enfrentó, después de la segunda guerra mundial, al reto de reconstruir una industria competitiva en un escenario de post-guerra. Los japoneses se concienciaron de la precariedad de su posición en el escenario económico mundial, pues, desprovistos de materias primas, sólo podían contar con ellos mismos para sobrevivir y desarrollarse.

1.4.3 Estructura del sistema lean

Lean es un sistema con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de las técnicas que se irán describiendo en esta publicación. Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo. Nakajuma (1991)

De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” Grafico I. para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema.

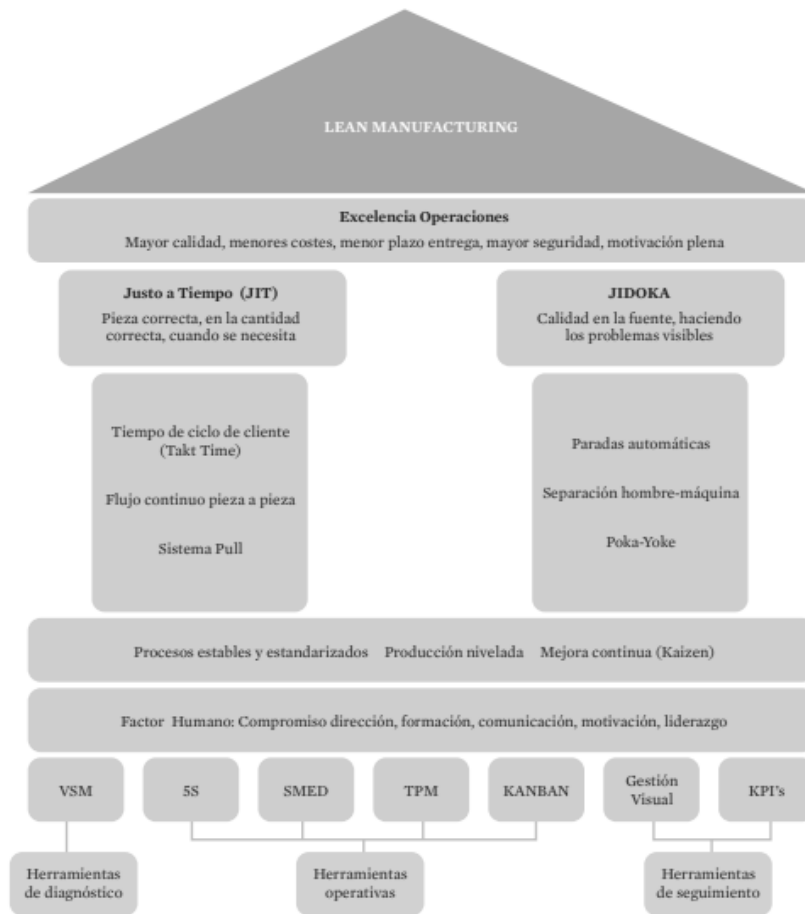


Gráfico I: Casa lean

Fuente: Lean manufacturing; EOI (2013).

1.4.4 Principios del sistema lean

Además de la casa Toyota Lucker (2011) explica el sistema identificando los principios sobre los que se fundamenta el Lean Manufacturing. Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, son:

- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinarios.
- Descentralizar la toma de decisiones.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

- Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.
- Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.
- Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.
- Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
- Utilizar el control visual para la detección de problemas.
- Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
- Reducir los ciclos de fabricación y diseño.
- Conseguir la eliminación de defectos.

1.4.5 Técnicas lean

El Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños.

Lo verdaderamente importante es tener los conceptos claros y la firme voluntad de cambiar las cosas a mejor. La mejor forma de obtener una visión simplificada, ordenada y coherente de las técnicas más importantes es agruparlas en tres grupos distintos Sugiyama (1989). Un primer grupo estaría formado por aquellas cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier casuística de empresa/ producto/sector. Su enfoque práctico y en muchas ocasiones, el sentido común, permite sugerir que deberían ser de “obligado cumplimiento” en cualquier empresa que pretenda competir en el mercado actual, independientemente de si tiene formalizada la aplicación sistemática del Lean. Tsuchiya (1995), explica que la visión pragmática del contenido de estas técnicas podría llevarnos a pensar que no se entiende que haya tenido que pasar tanto tiempo para que estas técnicas tan coherentes, nacidas de la observación de la realidad en las plantas de producción, a pie de máquina, a la vista, no hayan sido tomadas en consideración por muchos técnicos, directivos y académicos:

- Las 5S. Técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- SMED. Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación.

- Estandarización. Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas.
- TPM. Conjunto de múltiples acciones de mantenimiento productivo total que persigue eliminar las pérdidas por tiempos de parada de las máquinas.
- Control visual. Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.

Un segundo grupo estaría formado por aquellas técnicas que, aunque aplicables a cualquier situación, exigen un mayor compromiso y cambio cultural de todas las personas, tanto directivos, mandos intermedios y operarios:

- Jidoka. Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las máquinas la capacidad de detectar que se están produciendo errores.
- Técnicas de calidad. Conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de garantía de calidad que persiguen la disminución y eliminación de defectos.
- Sistemas de participación del personal (SPP). Sistemas organizados de grupos de trabajo de personal que canalizan eficientemente la supervisión y mejora del sistema Lean.

En un último grupo se encuadrarían técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística. Precisamente son aquellas que se han asociado al éxito de las técnicas JIT en la industria del automóvil y que, poco a poco, dependiendo de la tipología de producto y sistema productivo, van aplicándose a otros sectores. En comparación con las técnicas anteriores son técnicas más avanzadas, en tanto en cuanto exigen de recursos especializados para llevarlas a cabo y suponen la máxima aplicación del paradigma JIT:

- Heijunka. Conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de clientes, en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo y que permiten a la evolución hacia la producción en flujo continuo, pieza a pieza.
- Kanban. Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas.

1.4.5.1 5's

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los

medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito. Hirano (2000)

Eliminar (Seiri) La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc.

Ordenar (Seiton) Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial.

Limpieza e inspección (Seiso) Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.

Estandarizar (Seiketsu) La fase de seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales.

Disciplina (Shitsuke) Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y más difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación.

1.4.5.2 SMED

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente y el autor lo define así “el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación” Toyadashi (1997). Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales.

Es una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, generalmente con poca inversión, aunque requiere método y constancia en el propósito.

La reducción en los tiempos de preparación merece especial consideración y es importante por varios motivos. Cuando el tiempo de cambio es alto los lotes de producción son grandes y, por tanto, la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es insignificante se puede producir diariamente la cantidad necesaria eliminando casi totalmente la necesidad de invertir en inventarios. Kobayashi (2010).

1.4.5.3 Estandarización

La “estandarización” junto con las 5S y SMED supone unos de los cimientos principales del Lean Manufacturing. Una definición precisa de lo que significa la estandarización, que contemple todos los aspectos de la filosofía lean, y de acuerdo Nisitaka (2018): “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.

La estandarización en el entorno de fabricación japonés se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta del éxito de su sistema. Partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas; a continuación, se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: “Un estándar se crea para mejorarlo”.

Este concepto de “estándar” es diametralmente opuesto a los sistemas rígidos de aquellas empresas en donde la estandarización se traduce en documentos muertos que reposan en estantes o paneles, desfasados y poco o nada utilizados; incluso suelen tener errores en las descripciones de los métodos y en otras usan enfoques inapropiados para el usuario o situación particular. Hoshin (2001)

1.4.5.4 Mantenimiento productivo total

El Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados Takaroto (1993). La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo que se inicie en el mismo momento de diseño de la máquina (diseño libre de mantenimiento) y que incluirá a lo largo de toda su vida acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

1.4.5.5 Control visual

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión. Blinder (1986).

En este sentido, el control visual se convierte en la herramienta Lean que convierte la dirección por especialistas en una dirección simple y transparente con la participación de

todos de forma que puede afirmarse que es la forma con la que Lean Manufacturing “estandariza” la gestión.

Bajo la perspectiva Lean, estas técnicas persiguen mantener informado al personal sobre cómo sus esfuerzos afectan a los resultados y darles el poder y responsabilidad de alcanzar sus metas. Estas técnicas tienen relación con la importancia que en la metodología Lean tiene la motivación de los empleados a través de la información.

1.4.5.6 Jidoka

Jidoka es un término japonés, que significa automatización con un toque humano o autonomación. Esta palabra muchas veces se confunde con automatización, define el sistema de control autónomo propuesto por el Lean Manufacturing. Bajo la perspectiva Lean Jondikawa (1999) menciona que el objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso.

La técnica Jidoka se puede aplicar de distintas maneras; en casi todos los casos depende de la creatividad aplicada para evitar que una pieza defectuosa siga avanzando en su proceso. Normalmente se identifican las técnicas Jidoka con sistemas de autonomación de las máquinas o con la capacidad (y autoridad) del operario de parar la línea. Womack (2004)

1.4.6 Heijunka

El método Heijunka muchas veces se traduce como nivelación de acuerdo a la literatura japonesa, en palabras de Kunamoto (1992) Heijunka busca comprender de manera inteligente la demanda del cliente y adaptar los procesos para poder cumplir con ella evitando excesos de inventario de materia prima, de producto en proceso y producto terminado.

1.4.6.1 Concepto

Heijunka es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo Suzuki (1989). Evidentemente, esta herramienta no es aplicable si hay nula o poca variación de tipos de producto. La gestión práctica del Heijunka requiere un buen conocimiento de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos y, a su vez, exige una estricta atención a los principios de estandarización y

estabilización. Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran en promedio dentro de un período suficientemente grande de tiempo, pero son impredecibles si se analizan con un rango de tiempo pequeño y fuera de un programa pactado Fukijoshi (2001). En el primer caso, las variaciones de la producción se deben al propio proceso (planificación, tamaño de los lotes, incidentes, oportunidades de negocio, etc.). En el segundo caso, es la aplicación extrema del tamaño unitario del lote lo que lleva a las empresas a intentar el ajuste instantáneo de la demanda, soportando todas las variaciones de los pedidos. A través de una producción continua nivelada, suavizada y en pequeños lotes, se logra producir con el mínimo nivel de despilfarro posible. Shingo (2007)

1.4.6.2 Beneficios.

Heijunka minimiza la sobreproducción en los procesos, esto es debido que el proceso está nivelado y cada estación produce en base a la necesidad que tiene la siguiente, es muy diferente a que cada una produzca por su cuenta y mientras una está ociosa, la otra esté sobrecargada de trabajo, por eso es importante y útil esta metodología porque ayuda a eliminar esos problemas y la empresa produce solo lo que necesita en el momento que lo necesita.

Otra de las ventajas de esta herramienta es que permite la implementación completa del sistema pull, como ya vimos en publicaciones pasadas de Kanban, cuando nos referimos a pull es que la estación siguiente hala la producción, por lo tanto, la estación que va antes que esa, no produce sino hasta que la siguiente le da la orden porque necesita material. Por ende, para tener una producción nivelada como lo requiere Heijunka, es necesario implementar la filosofía Kanban en su totalidad.

La filosofía de Heijunka minimiza también los inventarios de producto en proceso y terminado, esto es por lo mismo que hemos estado hablando, si la producción está nivelada, no hay necesidad de producir demás, pues la empresa producirá solo lo necesario cuando lo requiera, muy parecido al justo a tiempo y a la filosofía Kanban, por lo tanto, se producirá solo cuando el cliente lo requiera o cuando la estación subsiguiente lo solicite. Chambers (2002).

La metodología ayuda también a minimizar los costos de oportunidad, un costo de oportunidad es definido como el costo que se deja de recibir por otra decisión, por ejemplo, si la empresa tiene una máquina que no utiliza, pero tomó la opción de guardarla, hay un costo de oportunidad que está dejando de percibir, debido a que esa

máquina se puede utilizar para otra cosa en lugar de no estar haciendo nada o simplemente se puede vender. Por lo tanto, esta metodología ayuda a eliminar esos problemas.

Por último, esta filosofía ayuda a sincronizar el uso de capital de trabajo y la tasa de facturación que tiene la empresa al momento de la implementación de la metodología.

1.4.6.3 Tack time

El takt, “compás” en idioma alemán, se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas, convirtiéndose en un número de referencia que da una sensación del ritmo al que hay que producir Blender (2011). Se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción por la demanda del cliente, todo ello en un periodo dado. Así pues, el takt time se puede describir mediante la siguiente fórmula:

$$Tack\ time = \frac{tiempo\ operativo\ por\ periodo\ en\ segundos}{demanda\ de\ cliente\ por\ periodo\ en\ unidades}$$

Si el turno de trabajo es de ocho horas diarias (480 minutos), 22 días laborables al mes y los clientes compran 79.200 unidades por mes, deberían fabricarse 3.600 unidades al día o una unidad cada 8 segundos. En un proceso de flujo pieza a pieza, cada proceso debería estar diseñado y preparado para producir una unidad cada 8 segundos. Si va más rápido, se producirá en exceso y si va más lento, se creará un departamento cuello de botella. El takt se utiliza para sincronizar el ritmo de la producción con el de las ventas y además permite alertar a los operarios cuando están adelantados (sobreproducción) o retrasados.

1.4.7 Kanban

Kanju (2015) denomina Kanban a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (en japonés, Kanban), aunque pueden ser otro tipo de señales.

1.4.8 Concepto

Se denomina Kanban a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (en japonés, Kanban), aunque pueden ser otro tipo de señales. Utiliza una idea sencilla basada en un sistema de tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de

tarjetas. Kanban se ha constituido en la principal herramienta para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado.

El sistema consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe tener el envase o contenedor.

1.4.9 Objetivo.

Tres son los objetivos básicos del sistema de tarjetas Kanban.

El primero de ellos se refiere a la limitación de los materiales utilizados entre proceso. El segundo guarda relación con el orden de la producción, implementando modificaciones para que ésta sea más sencilla y fácil.

El tercero de los principales objetivos del sistema Kanban es la utilización de una tarjeta de indicación clara. En otras palabras, las tarjetas Kanban deben encontrarse siempre junto a los contenedores de materiales, indicando, claramente, su contenido, nombre, código y destino.

1.4.9.1 Beneficios del Kanban

Procesos innecesarios; Debida a la comunicación y las facilidades de las diferentes herramientas Kanban, evitamos procesos que reducen la eficiencia o maximizan el tiempo de trabajo. Por ejemplo, el no tener que usar papeles, facilitarnos la comunicación interna, resolver dudas de forma inmediata o asignar tareas para su revisión. Sohal (1999)

Conciencia sobre el desarrollo; Gracias a la comunicación y al control que se tiene en todo momento sobre el estado del producto, es mucho más sencillo mantener al equipo actualizado y con conocimiento del proceso que les envuelve.

Equipo motivado; Debido a las características de Kanban y su metodología de trabajo, el equipo se ve más único, y con una mayor facilidad para plantear y resolver dudas al mismo tiempo que van saliendo. Se crea un vínculo mayor que con otros procedimientos y sirve como incentivos para los miembros del equipo.

Flexibilidad; Ya que vivimos tiempos rápidos, tenemos que saber cómo enfrentarnos a los cambios, y con Kanban, podemos hacer variaciones al producto tan pronto como se detecte un error o un giro en el mercado. Estos errores se localizan en breves periodos de tiempo debido a la corta duración de las tareas asignadas. Esto permite ofrecer productos que puedan competir con mercados emergentes y ofrecen una flexibilidad de adaptación mucho mayor. Susaki (2003)

Más eficaces; Como ya hemos comentado, Kanban nos permite optimizar los tiempos, lo cual se traduce en eficiencia. Mayor calidad en menor tiempo. Además de las múltiples actualizaciones que podemos hacer durante el proceso evolutivo de un proyecto, es otros de los factores que nos permiten no tener que volver a empezar prácticamente desde cero al detectar errores o querer implementar mejoras.

1.4.9.2 Tipos de Kanban

Un Kanban o tarjeta de retiro especifica la referencia y la cantidad de producto que un proceso debe retirar del proceso inmediatamente anterior, o de su contenedor de producto (pequeños almacenes reguladores entre procesos). Mosha(2001)

<i>Proceso anterior:</i>	Pulido de rebaba
<i>Proceso posterior:</i>	Ensamble de suela y capellada
<i>Contenedor:</i>	Almacén proceso 2
<i>Referencia:</i>	F-026-39
<i>Nombre de la pieza:</i>	Suelas de EVA
<i>Tipo de calzado:</i>	Sandalia talla 39 color azul Ref: 26
<i>Capacidad del contenedor</i>	<i>Tipo de contenedor</i>
40 unidades	A

Gráfico 2: Ejemplo de tarjeta Kanban

Fuente: Kanban para manufactura, Monsalvo 2015

Un Kanban o tarjeta de producción especifica la referencia y la cantidad de producto que un proceso debe producir.

<i>Proceso:</i>	Ensamble de suela y capellada
<i>Depositar piezas en:</i>	Almacén proceso 2 (AI-2)
<i>Referencia:</i>	F-026-39
<i>Nombre de la pieza:</i>	Sandalia talla 39 color azul Ref: 26
<i>Cantidad a producir</i>	
40 unidades	

Gráfico 3: Kanban de producción
Fuente: Kanban para manufactura, Monsalvo 2015

Capítulo II: Desarrollo.

En el presente capítulo se describe de manera detallada los pasos que se siguieron para poder alcanzar cada uno de los objetivos mencionados al inicio del trabajo; se detalla cada actividad de manera que pueda entenderse cada actividad que dio paso al alcance de los objetivos. Desde la creación de indicadores para establecer el punto de comparación entre la situación actual vs la situación después de implementar Heijunka. También se describen y analiza los resultados generados al final del trabajo.

Para la implementación de estas actividades fue necesario el trabajo en equipo junto con otras áreas relacionadas como lo son producción, calidad, ingeniería y moldes, como se detalla abajo el trabajo en equipo generó mejores resultados y asegurando procesos robustos que garantizan su continuidad a través del tiempo.

2.1 Análisis de situación actual y creación de KPIs en la planeación de la producción.

Inicialmente, se realizó el análisis de la situación para establecer métricas que nos permitieran comparar el antes y después de la aplicación del proyecto, se usaron indicadores claves para la logística de la planeación de la producción, por ejemplo, embarques expeditados, valor del inventario, cambios al programa de producción y el tiempo por cada cambio de molde y color de material.

Las primeras actividades para la realización de este proyecto fueron definir bien el problema, el cómo impacta dentro del almacén, qué recursos serían necesarios para resolverlo, quienes serían los involucrados para trabajar en la solución, se convocó a una reunión donde se estableció el equipo para poder trabajar juntos, dentro de la reunión se convocó a integrantes de cada área involucrada, ahí mismo se establecieron los objetivos a alcanzar, también se comunicaron los beneficios que se tendrían al aplicar estas herramientas al gerente así como también se solicitó el apoyo frente al gerente para realizar estas actividades.

Se programó una visita a una empresa donde la ejecución de Kanban es mejor aplicada y se convocó a una junta con los jefes de cada área involucrada para discutir, aportar y plantear las principales ideas que se vieron involucradas en sus respectivas áreas para después poder realizar el plan de introducción que evite la interrupción de sus tareas cotidianas.

El indicador más importante para la implementación de este proyecto es el valor del inventario, este indicador nos permite controlar el valor de la mercancía que se

encuentra almacenada con respecto a las mercancías que están programadas para su venta, usualmente este indicador se toma cada mes para tener un parámetro que nos permita conocer nuestras mejoras a través del tiempo, se considero el calculo 8 meses previos al proyecto.

Entre la semana 21 y 28 el valor del inventario de producto terminado promedio fue de \$3,377,734.55 mxn, inventario que es considerado alto por la cantidad de materiales que se manejan dentro de Plastic tec, además de que este inventario no cubre el 100% de los materiales, en estas fechas se tuvieron diferentes envíos expeditados por no tener el material correcto en cantidad adecuada. Se estableció el objetivo de reducir en un 40% el valor del inventario al final de la implementación del proyecto.



Gráfico 4: Valor de inventario en pesos por semana.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

El mismo valor del inventario se segmentó en los diferentes clientes para poder observar cual era el aporte de cada cliente al inventario total de PT, Como principal aportador al indicador esta VW. En la tabla que se muestra en los anexos se pueden observar a detalle las fluctuaciones que se presentan dentro del periodo analizado.

También se observa que el mas bajo es Chattanooga, dentro de este periodo de analisis se tuvo la necesidad de expeditar material por la falta del mismo, estos 4 expeditados tuvieron un costo de \$252,000 mxn, para este cliente se tomó la decisión de incrementar el inventario para garantizar el material para su embarque.



Gráfico 5: Valor de inventario por cliente en pesos.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

Otro indicador que se desarrollo fue el de unidades expeditados, se analizaron los datos de 8 semanas previas a la implementación de Heijunka para poder observar donde estaba parada la empresa y así tener un punto de referencia. Cabe mencionar que durante este periodo se hizo uso de tres tipos de unidades, camionetas 3 ½, thorton y cajas de 53'; para este análisis se considera el valor promedio para de estos tres tipos de unidades.

El resultado de este análisis nos indica que la empresa tenia en promedio un gasto de 184,000.00 mxn por concepto de expeditados y que el cliente con mas envíos expeditados era VW.



Gráfico 6: Valor de expeditados en pesos por semana

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa



Gráfico 7: Valor de expeditados en pesos por cliente

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

La implementación de Heijunka entre alguno de sus varios beneficios es tener bien claro que se va a producir a lo largo de la semana, dando un panorama claro a las áreas de que intervienen dentro de la producción, dándoles tiempo para poder atender las diferentes problemáticas que se pudieran presentar en el momento.

Este indicador ya estaba dentro del seguimiento de logística central de Plastic tec donde compara el cambio en las ordenes de producción entre todas las plantas. Dentro del grupo Bocar las plantas son identificadas mediante centro, la planta en estudio es el centro 2004, para el análisis del mes de abril que se muestra como ejemplo, se observa que la planta tiene un porcentaje total del 25.86 % en cambios de orden de producción, estos cambios representan movimientos no planeados para el suministro de componentes, descontrol en todas las áreas involucradas.

Dentro del mes de abril se observa que la planta IMD (centro 2004), es la planta con mayor cambio al programa de producción, comparadas con las diferentes plantas del grupo.

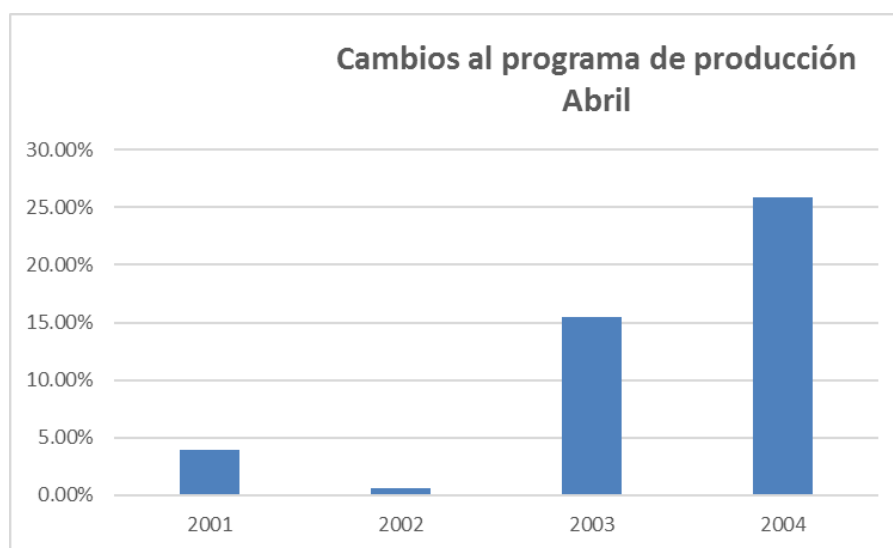


Gráfico 8: Cambios al programa durante el mes de abril por centro de trabajo⁷.

Fuente: elaboración propia con datos de la empresa

El indicador de SMED no es un cambio netamente logístico, pero es muy importante para la introducción de Heijunka, pues al ser menores los tiempos en los cambios de molde permite mayor flexibilidad para hacer los cambios y más variedad en la producción para hacer diferentes productos, este indicador se realizó junto con el área de ingeniería, moldes y ajustes.

⁷ La denominación centro 2001, 2002, 2003 y 2004 corresponde a los centros de trabajo de la unidad de plásticos del grupo Bocar.

El tiempo promedio que se requería para hacer el cambio desde la ultima pieza del molde anterior hasta la primera pieza del siguiente material era de entre 90 y 150 minutos en el caso de algunos materiales.



Gráfico 9: tiempo necesario para cambiar molde.

Fuente: elaboración propia con datos de la empresa.

Los datos muestran que por semana se tienen hasta 565 minutos por semana para la realización de los cambios de molde, estos representan más de un turno para realizar los cambios en una sola máquina.

El indicador de reclamos de logística (KPI) se elaboró como parte de los objetivos específicos y donde se contemplaron como reclamos las diferentes actividades que impactan el porcentaje de este: cantidades incorrectas entre factura y físico, datos incorrectos al envío del ASN⁸, material mal etiquetado y tarimas mal estibadas.

⁸ ASN: siglas en ingles advanced shipping notification, documento electrónico donde se notifica al cliente sobre el embarque donde se detalla, fecha, material, cantidad y datos del transportista del embarque.

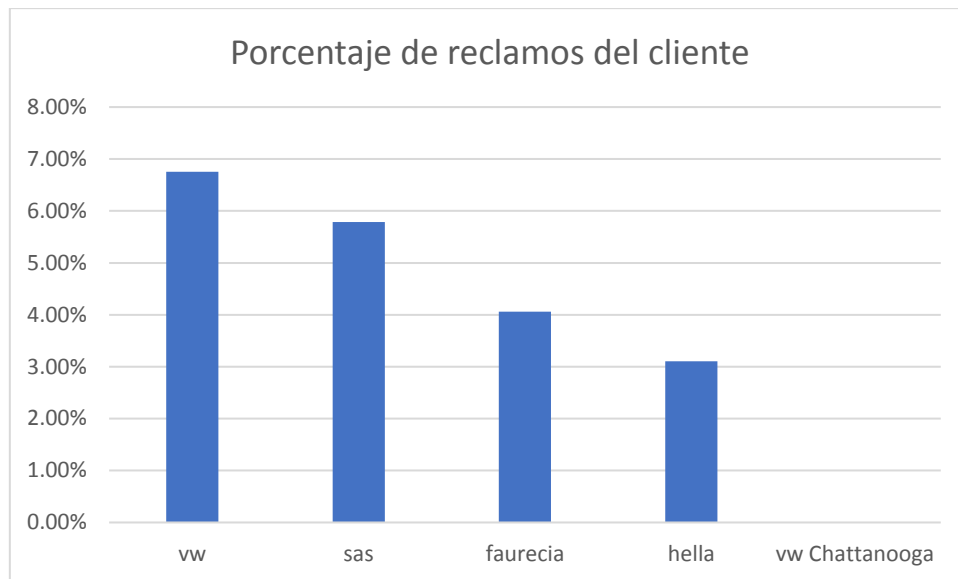


Gráfico 10: Porcentaje de reclamos por cliente
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

2.2 Carga de la demanda del cliente (releases) en sistema de la empresa.

La información que está cargada dentro del sistema de la empresa es muy importante para la toma de decisiones del día a día, por ello una de las actividades principales para la implementación del proyecto fue la carga correcta de la demanda del cliente en sistema, esto nos permite conocer que es lo que se estaría requiriendo el cliente. La información varía dependiendo del cliente, en algunos clientes la variabilidad de su información es muy grande y no permite definir con exactitud las materias primas y la cantidad de producto terminado a producir. Al tener materiales que van directamente a la planta ensambladora se puede estimar la cantidad de materiales que estarían requiriendo.

Existen clientes donde la información que comparten es tan precisa que hace que la implementación de Heijunka sea más fácil de ejecutar; para la carga en automático de la información fue necesario acudir a un curso a la planta hermana de Plastic tec donde estos procesos ya están implementados, se realizó un manual para la carga de releases únicamente adaptando de acuerdo con el cliente del cual se quiere cargar la información.

Se estableció contacto con los clientes para realizar diferentes pruebas y garantizar que cada semana se estuviera recibiendo la información correcta y poder hacer la planeación de materiales y de producción, esta información es muy importante también para ventas pues permite pronosticar las ventas, así como también al equipo de

ingeniería y producción para definir los recursos necesarios para poder cumplir con la demanda del cliente.

Después de revisar los datos necesarios para la carga de información se logro observar la carga en automático de los requerimientos de cada uno de los materiales del cliente Faurecia que era el que presentaba mayores errores al observar la información, abajo se puede observar el como se recibe la información correctamente y se aprecian los requerimientos de forma ordenada, por día y cantidad lo que permite una mejor planeación tanto de materiales como de producción

Lista necesidades/stocks: Totales período de 20:47 horas

Árbol de materiales on

Material: 1A000-5GM8674491AE MOLD 4 PTA BAS TRAS IZQ 1AE LINEARUS MAT

Área pl.nec.: 2004 Plastic Tec Lerma IMD

Centro: 2004 CarPlanNec M0 Tipo material: FERT Unidad: PZA

Días Seman. Meses

F...	Periodo/Sección	Nec.preplanif.	Necesidad	Entradas	Ctd.disponible	Cantidad ATP	Cobertura...
W	38/2018	0	50-	0	0	0	28.0
W	39/2018	0	50-	50	0	0	28.0
W	40/2018	0	50-	50	0	0	28.0
W	41/2018	0	50-	50	0	0	27.5
W	42/2018	0	50-	50	0	0	21.0
W	43/2018	0	50-	50	0	0	20.5
W	44/2018	0	50-	50	0	0	14.0
W	45/2018	0	100-	100	0	0	21.0
W	46/2018	0	100-	100	0	0	999.9
W	47/2018	0	50-	50	0	0	999.9

Gráfico 11: Carga automática de requerimientos del cliente.

Fuente: Imagen obtenida del sistema de la planta.

2.3 Planeación y ejecución de la introducción de Heijunka y Kanban para la programación de producción.

Una vez que se formó el equipo que estaría involucrado dentro de las actividades de Heijunka se establecieron las fechas para ir trabajando y monitoreando los avances en cada una de las etapas del proyecto, para esto se consideraron diferentes aspectos como el cambio de turno del personal para tener en cuenta la participación de cada uno

de los integrantes del equipo y se tuvieron diferentes ideas dentro del trabajo. La interrupción de las actividades para realizar estas actividades fue nula, para evitar impactar en la eficiencia de la producción, utilizando al comodín que se encuentra en producción para poder cubrir las actividades del personal que se ocupaba de las actividades Heijunka.

Para la elaboración del tablero Heijunka, las tarjetas Kanban y el buzón de las tarjetas Kanban se aportaron ideas sobre el material con el que se iba a trabajar para evitar la adquisición de nuevo material. Se buscaron materiales que se tuvieran disponibles utilizando material que se maneja dentro de las operaciones y solo adaptándolas a las necesidades requeridas.

Se aplicó Kanban conforme a las primeras ideas plasmadas en el plan iniciando solo con una máquina para evitar el cambio brusco dentro de las operaciones, dándole seguimiento en los siguientes días esto para asegurar que se aplicó conforme al plan generado; posteriormente se procedió a la aplicación en otras máquinas. La introducción de Kanban en una máquina nos permitió monitorear el progreso de las actividades nuevas para los operadores, preguntándoles sobre la complicidad que estaban teniendo o algunos problemas que pudieran presentarse en otras máquinas. Los problemas mencionados por el personal de logística fueron que no localizaban rápidamente la tarjeta Kanban a utilizar entre tantas tarjetas, el problema se solucionó separando las tarjetas por máquina, por componentes y por materia prima.

La capacitación sobre los diferentes materiales que son parecidos en código de material fue muy importante realizarla desde un principio para tener los conocimientos bases y hacerles saber a los operadores cual era el objetivo de la implementación de la capacitación, las explicaciones se concentraron en el personal de producción con la finalidad de que fueran el primer filtro en detectar material mal identificado, además de brindar la información al personal de calidad para que fueran ellos quienes detectaran material sospechoso en caso de que ya fuera notificado. Como ejemplo, para explicar la capacitación que se realizó en los diferentes números de parte similares, se usó el número de parte 1A00-5GM857351AJP9 Y 1A000-5GM857351JP9 los cuales en alguna ocasión llegó a ser problema por estar a en riesgo de parar la producción en VW, los números de parte únicamente difieren en la colocación de la letra "A" dentro del etiquetado y la pequeña descripción que aparece en letras pequeñas debajo del código principal, en estos números de parte es complicado detectarlo ya que físicamente son similares. Se establecieron pequeñas actividades que permitieran diferenciar y asegurar que se etiquetara de manera correcta como la impresión en distintos colores de

etiquetas (azul para el numero con letra “A” y en blanco sin la letra “A”), esto para facilitar el reconocimiento de los distintos materiales.

Para evitar mal etiquetado en el material del cliente, se propuso que exista al menos un turno de diferencia entre los materiales que son similares para despejar totalmente los componentes de un material anterior y suministrar los materiales correctos para producir el siguiente producto final.

Además de esta actividad, el departamento de planeación logística se tiene como responsabilidad evitar que se produzcan al mismo tiempo o inmediatamente uno después del otro, para evitar confusión en el área de trabajo.



Gráfico 12: Material con índice “A” que indica cromo especial.

Fuente: Fotografía propia



Gráfica 13: Material sin índice que indica cromo normal.

Fuente: Fotografía propia

La elaboración del itinerario del milk run se realizó con apoyo del Ingeniero BPS⁹, que es el encargado de las mejoras que involucran tiempos y movimientos, como primer acción se monitoreó cada uno de los movimientos que realizaba el operador con el fin de conocer la situación, después se agruparon las actividades que involucran el mismo proceso y que permitiera hacer en menor tiempo las mismas actividades, las actividades quedaron agrupadas en recolectar PT, recolecta de scrap, entrega de materiales, entrega de equipo vacío y notificación de material de retrabajo. Se tomaron tiempos que se necesitaban para realizar las actividades calculando el espacio necesario para realizar las actividades sin dejar de suministra material y tener exceso de material en líneas de producción.

Un problema a resolver que se presentó dentro de la aplicación del itinerario del milk run fue el de respetar los tiempos establecidos dentro del itinerario por parte de producción, donde solicitaban los materiales, componente o recolección de scrap en el momento de la necesidad sin anticiparse al recorrido de cada actividad, para resolver esto fue necesario colocar el itinerario en cada una de las máquinas para que el personal supiera en qué momento solicitar sus materiales, para respetar los horarios establecidos por el milk run se solicitó al supervisor de producción que fuera el quien fuera por el material solicitado fuera de horarios, esto como medida para evitar que se solicitara en cualquier momento.

⁹ BPS: Siglas en ingles para Bocar production system

ITINERARIO 1ER TURNO PRODUCTO TERMINADO		
06:00-06:15	Realizar Check List de Equipos Móviles	
06:15-06:30	Recolectar y acomodar equipo vacío en su lugar	30 minutos
06:30-06:40		
06:40-06:50		
06:50-07:00	Realizar inventario de equipo vacío	20 minutos
07:00-07:10		
07:10-07:20	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
07:20-07:30	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar basura general y plástico	
07:30-07:40		
07:40-07:50	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
07:50-08:00	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar scrap	
08:00-08:10		
08:10-08:20	Notificación de scrap	10 min.
08:20-08:30	Realizar inventario de producto terminado	30 minutos
08:30-08:40		
08:40-08:50		
08:50-09:00	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
09:00-09:10	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar basura general y plástico	
09:10-09:20		
09:20-09:30	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
09:30-09:40	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar scrap	
09:40-09:50		
09:50-10:00	Notificación de scrap	10 min.
10:00-10:10	Preparar embarque de SAS (11 am)	30 minutos
10:10-10:20		
10:20-10:30		
10:30-10:40	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
10:40-10:50	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar basura general y plástico	
10:50-11:00		
11:00-11:10	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
11:10-11:20	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar scrap	
11:20-11:30		
11:30-11:40		
11:40-11:50		
11:50-12:00		
12:00-12:10	Notificación de scrap	10 min.
12:10-12:20	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
12:20-12:30	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar basura general y plástico	
12:30-12:40		
12:40-12:50	Preparación y limpieza de equipo vacío	30 minutos
12:50-13:00	Entregar equipo vacío, notificar PT y recolectar basura general y plástico	
13:00-13:10		
13:10-13:20	Preparar embarques	40 minutos
13:20-13:30		
13:30-13:40		
13:40-13:50		
13:50-14:00		
5's en los almacenes		

Gráfica 14: Itinerario milk run propuesto.

Fuente: Tabla propia.

Las órdenes de producción eran generadas por cada operador de milk run al momento de que los operadores de producción se las solicitaban al momento en que se cambiaba el molde, el color o la versión. Los operadores de producción las solicitaban al momento en que se realizaba el cambio sin dar margen de tiempo para que el milk runner para imprimir las etiquetas, teniendo material sin etiquetar en líneas, acumulando y corriendo el riesgo de ser etiquetado mal después de la producción. Al tener una persona dedicada para la impresión de etiquetas se reduce el margen de error para la elaboración de las etiquetas de producción, la persona designada para ejecutar estas actividades se especializó en estas funciones, teniendo el programa de producción se le dio la

posibilidad de anticiparse a los pedidos de los operadores de producción, se le dio instrucciones para dejar ordenes de producción para las siguientes 10 horas de producción en caso de que fuese necesario y evitar que el milk runner tuviera que hacer ordenes adicionales de producción.



Gráfico 15: Tablero Heijunka para control de producción.

Fuente: Fotografía propia.

Se capacitó a los operarios de la utilización de los tableros Kanban y Heijunka, indicándoles que la utilización del tablero seria de la siguiente forma:

- Cada columna representara una maquina
- En cada espacio de la columna se indican las 24 hrs del día, teniendo un intervalo de dos horas por cada espacio dentro de la columna.
- Los indicadores verdes permiten conocer al operador el momento en el que cambia un molde, color o versión de la pieza.
- El quinto buzón del tablero permite depositar las etiquetas no utilizadas en la producción, por daño de molde, falta de empaque o inexistencia de cualquier componente.
- La tabla colocada en la parte inferior se coloca el programa de producción para que cualquiera pueda tener acceso a él.

Se asignaron los roles para cada una de las actividades, la elaboración de las ordenes de producción estarían a cargo de logística, dejándolas dentro del tablero respetando la secuencia de horarios y cambios de moldes, la recolección al momento de la utilización de las tarjetas estaría a cargo del supervisor de producción, entregándolas al operador de máquina indicado para su uso. El retorno de las etiquetas en caso de que sucediera sería del operador de máquina a su supervisor en turno para que el supervisor las depositara en el buzón correspondiente.

En caso de necesitar una orden de producción adicional se solicitaría por medio del auditor de calidad, que al ser una persona entrenada para diferenciar cada uno de los materiales se disminuirían los problemas de material identificado incorrectamente, Además de diferenciar los diferentes procesos de mejora, el cómo mejoraría sus actividades y los beneficios hacia la planta.

La ubicación de las tarjetas Kanban estaban a un costado de la maquina en buzones como se muestran en la imagen, en donde los operadores de producción seleccionaban sus tarjetas de acuerdo con los materiales que iban a utilizar, situación que es incorrecta al no seguir el flujo correcto de información dentro del sistema pull. Este flujo lo había definido producción donde eran ellos los primeros en recibir la información del planeador de producción, la utilización de este flujo de información ocasionaba falta a de visibilidad por parte del personal de logística donde no podía anticiparse o preparar los materiales que fueran a utilizar durante el turno, generando que se estuviera corriendo por el material, utilizando personal adicional para la preparación de los componentes. Además de que en ocasiones se acumulaban el pedido de materiales en un mismo turno, desequilibrando la carga de trabajo entre turnos, ocasionando también que el material estuviera sin uso, ocupando espacio dentro del área de trabajo.



Gráfico 16: Tablero Kanban en máquinas de producción.

Fuente: Fotografía propia capturada dentro de Plastic tec.

La nueva ubicación de las tarjetas Kanban se realizó a un costado de los componentes y afuera del almacén de materia prima para facilitar la preparación de los materiales a suministrar por parte de logística, con ayuda del tablero Heijunka donde se tiene el plan de producción se seleccionan más fácilmente teniendo todas las tarjetas en un solo lugar, además de poder anticiparse a los materiales requeridos en el plan de producción. Esto generó un gran cambio en las actividades logísticas dentro del almacén comunicando entre los miembros del equipo las cantidades y horarios en que se utilizarán los materiales evitando contratiempos o falta de suministro a las líneas de producción.



Gráfico 17: Tablero Kanban después de la reconfiguración.

Fuente: Fotografía propia capturada dentro de Plastic tec.



Gráfico 18: Tablero Kanban de componentes y materia prima.

Fuente: Fotografía propia capturada dentro de Plastic tec.

Resultados

La implementación de Heijunka y Kanban dentro de las operaciones logísticas de Plastic tec fueron benéficas y se alcanzaron en su mayoría los objetivos mencionados al inicio del proyecto, como se puede ver en el desarrollo de este capítulo los resultados obtenidos fueron positivos disminuyendo el valor del inventario, los envíos expeditados indicadores que impactan directamente en las finanzas de la planta, indicadores como el porcentaje de cambios al programa de producción y SMED son indicadores internos que mejoran las operaciones y que como planta se observan mejoras ante el grupo. El indicador de reclamos al cliente, aunque no impacta directamente a las finanzas de la planta, ante el cliente se ven mejoras y en las evaluaciones trimestrales y/o semestrales, según sea el caso se obtienen mejores calificaciones que le permiten a la planta obtener más proyectos.

Disminuir el valor del inventario es el principal objetivo del trabajo, revisando los resultados y comparándolos contra el valor inicial antes del proyecto, podemos observar que si se logró una disminución del valor. Como principal aportador al valor del inventario están los materiales del cliente VW, el valor antes de implementar Heijunka era de \$3,377,734.55 usd promedio para el periodo comprendido entre semana 10 y semana 18, al final del proyecto y después de la aplicación de Heijunka se tuvo un promedio de \$2,827,503.63 para el periodo de semana 20 a semana 28. Esto representa un % 16.2 de reducción en el valor del inventario, considerando que este resultado es producto de 2 meses de trabajo y que aun falta tiempo para la maduración de los procesos implementados es considerado bueno pues se esperaba un resultado parecido.



Gráfico 19: Valor del inventario por cliente antes de la implementación de Heijunka.

Fuente: Datos de la empresa



Gráfico 20: Valor del inventario por cliente después de la implementación de Heijunka.

Fuente: Datos de la empresa

El indicador de costos de expeditados también se observa mejora contra los datos iniciales antes de Heijunka, como podemos ver en la gráfica X el valor promedio en la semana 10 a la semana 18 fue de \$184,190.00 mxn mientras que en el periodo de semana 20 a la semana 28 fue de \$78,891.00 mxn, esto represento una disminución del 57.1% en dinero esto representa un ahorro del \$105,299.00 para el periodo de semana 20 a semana 28.



Gráfico 21: Costos de expeditar antes de implementar Heijunka.

Fuente: Datos de la empresa



Gráfico 22: Costos de expedir después de implementar Heijunka.

Fuente: Datos de la empresa

El porcentaje a los cambios de producción fue disminuyendo como se observa en las gráficas mostradas abajo, durante el proceso de seguimiento a este indicador no se contemplo que se hacen ordenes de producción para cumplir con otras actividades que no están directamente contempladas en la planeación de producción, por ejemplo, la creación de ordenes para los proyectos; durante la etapa de proyectos de un material existen diferentes errores que son propios de un material prototipo y de no contar con toda la información en el momento, se tienen que generar diferentes ordenes que hagan posible el envío del material al cliente.

Se espera que el porcentaje siga bajando hasta alcanzar el 1% de cambios de producción; durante este periodo la planta tuvo un buen desempeño comparada con otras plantas del grupo.

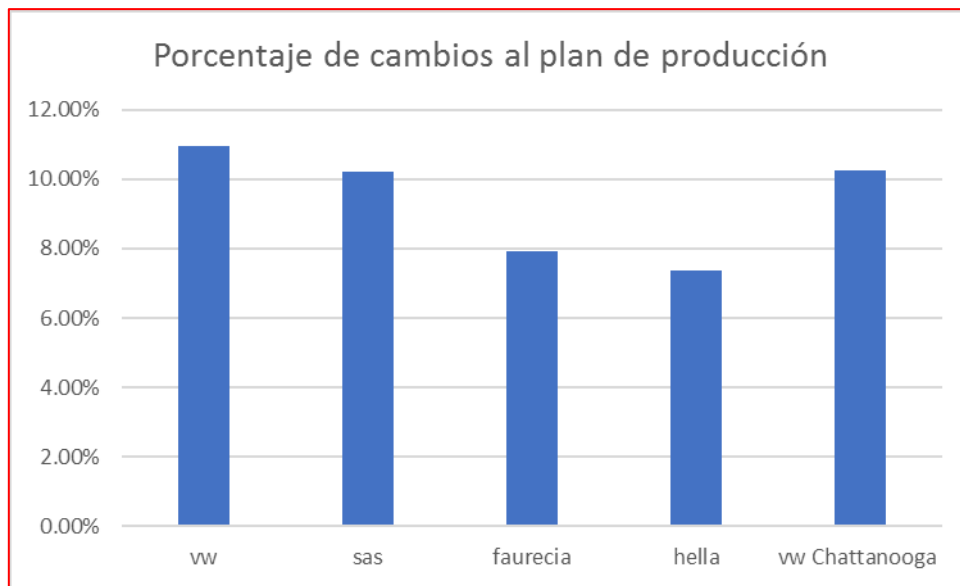


Gráfico 23: Porcentaje de cambios antes implementar Heijunka.
Fuente: Datos de la empresa

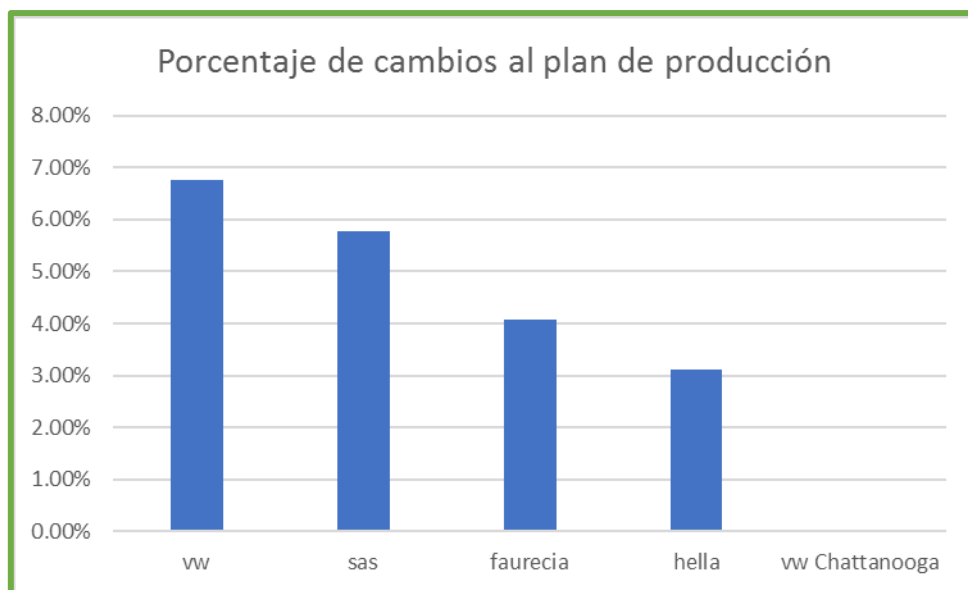


Gráfico 24: Porcentaje de cambios después de implementar Heijunka.
Fuente: Datos de la empresa

Los reclamos del cliente por mala identificación de material eran muy frecuentes dentro de la planta y algunos llegaban a poner la situación muy delicada; la mala identificación

del material llevo a poner en riesgo la línea de producción del cliente, pues al ser el material de bajo movimiento se tuvo que recurrir a envíos expeditados para evitar el paro de línea.

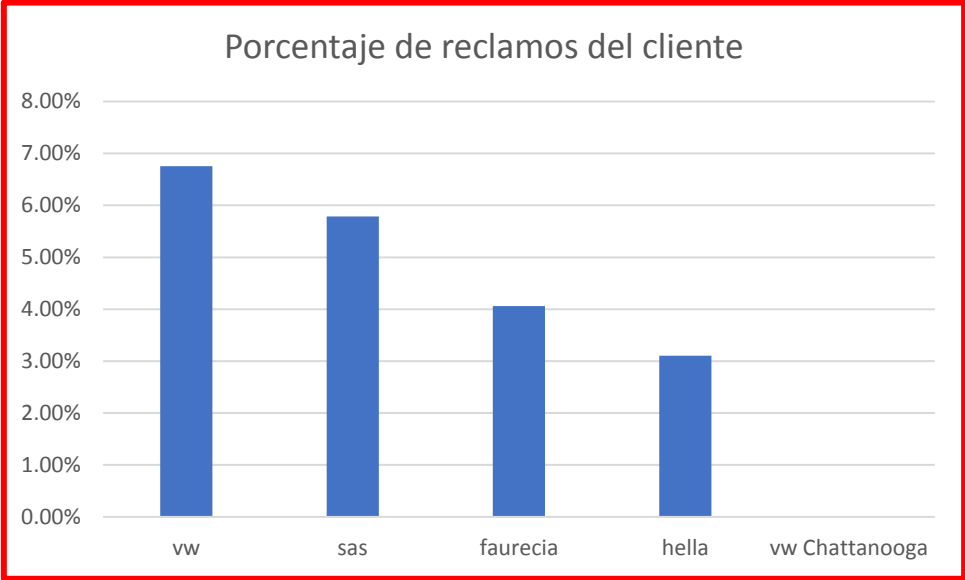


Gráfico 25: Porcentaje de reclamos al cliente antes de implementar Heijunka.
Fuente: Datos de la empresa

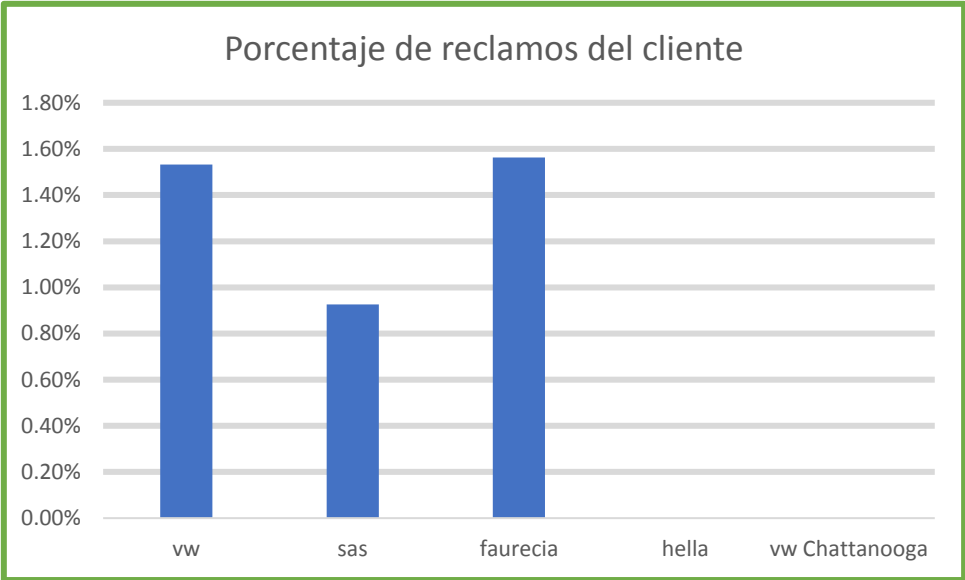


Gráfico 26: Porcentaje de reclamos al cliente antes de implementar Heijunka.
Fuente: Datos de la empresa

Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia personal profesional adquirida.

Las actividades lean a pesar de tener demasiada literatura sobre el que es, como funciona, que beneficios aporta y como aplicarla aún existe una gran área de oportunidad dentro de las empresas automotrices, no solamente en La empresa S.A. de C.V. Mi primera impresión al llegar a una gran empresa automotriz con presencia mundial fue el que ya todos los procesos logísticos estaban estandarizados, controlados y que difícilmente se podía mejorar algo, pero al empezar a conocer las actividades que realizaban me di cuenta de que existen diferentes áreas de mejora. Eso es uno de los grandes aprendizajes que me deja como experiencia el haber trabajado “Siempre existe algo que mejorar” aun tan pequeño parezca siempre es bueno para poder competir.

La planta presenta diferentes obstáculos para llegar a ser completamente una planta lean, uno de ellos son los tiempos en los cuales se realizan los cambios y ajustes de moldes, por lo que recomendaría capacitar al equipo de moldes en temas del SMED, para disminuir los tiempos en los que se cambia, ajusta y alinea los moldes, con el objetivo de disminuir tiempos y agilizar el cambio entre molde y molde teniendo más tiempo disponible para la producción de material y reduciendo el scrap.

Todo este tiempo realizando actividades de mejora, aprendiendo sobre el sistema logístico y cómo funciona la logística dentro de una planta productiva y además automotriz que sabemos es de los giros más competitivos, aportó mucho a mi carrera profesional que está comenzando. Al realizar actividades en piso me hizo darme cuenta de lo importante que es la gente operadora, ellos son quienes pueden aportar demasiadas ideas de mejora porque son ellos quienes meten las manos en todo el proceso. La importancia de la gente de piso dentro del almacén y la opinión de la gente de producción fue muy importante para la elaboración de este proyecto.

Además de aportarme conocimientos logísticos, también tuve la oportunidad de desarrollar mis habilidades de líder, al tener estas actividades importantes a mi cargo me exigió aprender a delegar tareas, a ordenar, coordinar y controlarlas, esto fue muy importante para mí porque fue mi primera experiencia con gente a mi cargo, además de ser una habilidad muy importante para cualquier área de trabajo y que muchas veces en la escuela no se aprende. Al estar trabajando con gente me pude dar cuenta del tipo de líder que soy y que a diferencia de las viejas generaciones considero que son un líder humano capaz de ser empático en cada una de las actividades que realiza la gente y

fue gracias a las actividades que realizaba día a día en piso, desde traspaleo de componentes hasta la des consolidación e ingreso de materia prima al almacén.

En conclusión, fue una gran experiencia trabajar con gente que domina sus actividades y que además piensan en mejorar su lugar de trabajo, fue un año de aprendizaje continuo, aprendiendo de todos y cada uno de la gente que integra la planta no solo en lo técnico sino también sobre la importancia de aspectos importantes como el trabajo en equipo, comunicación y respeto.

Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Conocimientos básicos de la carrera: la estancia como practicante dentro de las instalaciones de La empresa fue muy importante para aplicar y conocer los diferentes conceptos que se vieron a lo largo de la carrera, aportándome una visión más amplia sobre las actividades logísticas dentro de una empresa, desde en recibo de materiales, planeación de producción, almacenaje y embarques, además de saber cuál es la interacción del área logística con otras áreas como calidad, producción, trafico, servicio al cliente, entre otras.

Conocimiento de una segunda lengua: el dominio del idioma ingles no es necesario para realizar las actividades logísticas, pero si es importante para poder comprender diferentes conceptos que se manejan dentro del campo logística, como, por ejemplo, WIP, lead time, realize, invoice, ERP, tack time, warehouse management.

Trabajo en equipo: esta competencia es muy importante dentro de un almacén, ya que el almacén es un área donde siempre hay movimiento de materiales y es importante estar comunicados para poder facilitar el movimiento de estos, en ocasiones se presenta mayor carga en algunas actividades y es necesario saber apoyar a los demás para que las actividades logísticas fluyan correctamente, para realizar las actividades como becario es necesario estar en constante comunicación con el operador del milk run para evitar el paro de máquinas.

Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas: el área logística está en constante comunicación con otras áreas, con el área de calidad, por ejemplo, es necesario estar en sincronía para poder bloquear material sospechoso dentro del área almacenada, bloquearlo antes de ser embarcado y enviar material al cliente sin los requerimientos exigidos.

Capacidad de aprender: la planta IMD se caracteriza por hacer aprender a los practicantes integrándolos desde el inicio a actividades donde se les hace responsables de sus acciones y actividades que aun que no son claves dentro de la empresa son actividades necesarias y que involucran al practicante dentro de todas las actividades de la planta.

Liderazgo: al trabajar con gente dentro del almacén es necesario dar instrucciones para que se realicen diferentes actividades, en algunas ocasiones el supervisor de almacén tenía que atender a otras tareas fuera del almacén, como practicante tomé el control mientras se ausentaba, en esos días aprendí a desarrollar mi liderazgo siguiendo el ejemplo del supervisor que se involucra dentro de las actividades de su gente para

mostrar con el ejemplo como se realiza y motivar a su gente, además de detectar áreas de oportunidad y mejorar las actividades logísticas.

Habilidad para trabajar en forma autónoma: el tiempo como practicante me sirvió mucho para aprender diferentes actividades incluso actividades que no eran de mi quehacer diario, esto siempre con el objetivo de llevarme todo el conocimiento que pudiera dentro de la planta y aprovechar a la gente que estaba alrededor de mí, gente experimentada y con diferentes ideas que aportaban a mí un valor muy importante en mi adquisición de conocimientos.

Actividades

sociales realizadas en la empresa u organización.

Dentro de la estancia en la empresa me dieron la oportunidad de formar parte del equipo de brigadas durante un día en las instalaciones del INCAP en el Estado de Hidalgo. En el cual fue una experiencia muy importante para mí ya que aprendí cosas muy importantes que a pesar de no ser de la carrera son importantes en caso de cualquier emergencia dentro del área de trabajo y conocer cuales, con los riesgos, como actuar en caso de presentarse alguno.

En el almacén existen diferentes materiales que pueden causar algún incendio y por ello es necesario tener los conocimientos para saber cómo actuar ante ellos, el manejo del fuego es una actividad que involucra peligro y el no saber cómo actuar ante él puede ser fatal para cualquier miembro del equipo logístico dentro de un almacén.



Gráfico 27: Foto tomada fuera de las instalaciones de INCAP.

Fuente: Propia.



Gráfico 28: Foto tomada en las instalaciones del INCAP con el EPP¹⁰ para el combate de incendios.
Fuente: Propia.



Gráfico 28: Foto realizando actividades dentro del INCAP.
Fuente: Propia.

¹⁰ EPP: Equipo de protección personal.

ANEXOS

Expeditados

		Costo por semana								
cliente	costo mxn	w21	w22	w23	w24	w25	w26	w27	w28	
vw	\$9,562	\$38,248	\$47,810	\$47,810	\$105,182	\$95,620	\$114,744	\$86,058	\$114,744	\$650,216
sas	\$9,189	\$18,378	\$27,567	\$0	\$45,945	\$64,323	\$45,945	\$36,756	\$36,756	\$275,670
faurecia	\$8,489	\$8,489	\$8,489	\$33,956	\$16,978	\$8,489	\$8,489	\$16,978	\$16,978	\$118,846
hella	\$11,786	\$23,572	\$11,786	\$35,358	\$11,786	\$35,358	\$35,358	\$11,786	\$11,786	\$176,790
vw Chattanooga	\$63,000	\$0	\$0	\$63,000	\$0	\$0	\$189,000	\$0	\$0	\$252,000
		\$88,687	\$95,652	\$180,124	\$179,891	\$203,790	\$393,536	\$151,578	\$180,264	

Tabla 1: Costos de expeditar por semana y cliente antes de la implementación de Heijunka.

		Costo por semana								
cliente	costo mxn	w30	w31	w32	w33	w34	w35	w36	w37	
vw	\$9,562	\$19,124	\$28,686	\$28,686	\$57,372	\$57,372	\$57,372	\$38,248	\$76,496	\$363,356
sas	\$9,189	\$18,378	\$9,189	\$0	\$18,378	\$18,378	\$27,567	\$9,189	\$9,189	\$110,268
faurecia	\$8,489	\$16,978	\$8,489	\$25,467	\$8,489	\$25,467	\$8,489	\$8,489	\$8,489	\$110,357
hella	\$11,786	\$11,786	\$11,786	\$11,786	\$0	\$11,786	\$0	\$0	\$0	\$47,144
vw Chattanooga	\$63,000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
		\$66,266	\$58,150	\$65,939	\$84,239	\$113,003	\$93,428	\$55,926	\$94,174	

Tabla 2: Costos de expeditar por semana y cliente después de la implementación de Heijunka.

Inventarios

cliente	w21	w22	w23	w24	w25	w26	w27	w28	
vw	\$1,789,437.00	\$1,349,801.00	\$1,807,340.00	\$1,674,337.00	\$1,237,048.00	\$1,206,470.00	\$1,983,234.00	\$1,765,234.00	\$1,601,612.63
sas	\$872,380.00	\$982,404.00	\$867,354.00	\$997,634.00	\$790,834.00	\$763,431.00	\$876,344.00	\$886,643.00	\$879,628.00
faurecia	\$584,834.60	\$562,760.70	\$664,092.20	\$662,097.45	\$621,349.87	\$622,762.00	\$567,230.00	\$622,980.00	\$613,513.35
hella	\$99,123.00	\$79,237.00	\$76,231.00	\$87,098.00	\$85,231.00	\$86,233.00	\$120,874.00	\$98,345.00	\$91,546.50
vw Chattanooga	\$188,826.55	\$219,672.67	\$167,129.12	\$189,023.45	\$196,922.33	\$201,673.33	\$187,012.12	\$181,212.98	\$191,434.07
	\$3,534,601.15	\$3,193,875.37	\$3,582,146.32	\$3,610,189.90	\$2,931,385.20	\$2,880,569.33	\$3,734,694.12	\$3,554,414.98	

Tabla 3: Valor de inventarios por semana y por cliente antes de Heijunka.

	valor inventario por semana								
cliente	w30	w31	w32	w33	w34	w35	w36	w37	
vw	\$1,209,347.00	\$1,070,837.00	\$1,563,928.00	\$1,398,234.00	\$892,741.00	\$876,302.00	\$967,231.00	\$965,239.00	\$1,117,982.38
sas	\$672,093.00	\$645,083.00	\$623,894.00	\$629,384.00	\$723,870.00	\$624,804.00	\$856,253.00	\$862,344.00	\$704,715.63
faurecia	\$572,390.00	\$523,983.00	\$589,231.00	\$682,938.00	\$598,293.00	\$582,398.00	\$518,237.00	\$565,561.00	\$579,128.88
hella	\$99,123.00	\$79,237.00	\$76,231.00	\$87,098.00	\$85,231.00	\$86,233.00	\$120,874.00	\$98,345.00	\$91,546.50
vw Chattanooga	\$167,238.00	\$189,237.00	\$140,823.00	\$160,982.00	\$170,293.00	\$180,823.00	\$160,237.00	\$1,503,409.00	\$334,130.25
	\$2,720,191.00	\$2,508,377.00	\$2,994,107.00	\$2,958,636.00	\$2,470,428.00	\$2,350,560.00	\$2,622,832.00	\$3,994,898.00	

Tabla 4: Valor de inventarios por semana y por cliente después de Heijunka.

Reclamos del cliente

		vw	sas	faurecia	hella	vw Chattanooga
Enero	Embarques realizados	51	23	13	34	6
	Reclamos	4	1	0	1	0
	%	8%	4%	0%	3%	0%
Febrero	Embarques realizados	48	27	16	32	7
	Reclamos	3	2	1	1	0
	%	6%	7%	6%	3%	0%
Marzo	Embarques realizados	45	27	10	31	7
	Reclamos	3	1	1	1	0
	%	7%	4%	10%	3%	0%
Abril	Embarques realizados	48	26	12	32	7
	Reclamos	3	2	0	1	0
	%	6%	8%	0%	3%	0%

Tabla 5: Reclamos del cliente en el periodo de enero -abril antes de usar Kanban.

		vw	sas	faurecia	hella	vw Chattanooga
Mayo	Embarques realizados	51	23	13	34	6
	Reclamos	1	0	0	0	0
	%	2%	0%	0%	0%	0%
Junio	Embarques realizados	48	27	16	32	7
	Reclamos	2	0	1	0	0
	%	4%	0%	6%	0%	0%
Julio	Embarques realizados	45	27	10	31	7
	Reclamos	0	1	0	0	0
	%	0%	4%	0%	0%	0%
Agosto	Embarques realizados	48	26	12	32	7
	Reclamos	0	0	0	0	0
	%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla 6: Reclamos del cliente en el periodo de mayo-agosto después de usar Kanban.

Bibliografía.

Schary, Philip y Tage Skjott-Larsen. Managing the Global Supply Chain, 2a. ed. Copenhagen: Copenhagen Business School Press, 2001.

Bounine J, Suzaki K. Producir Just in Time. Las Fuentes de la productividad japonesa. Barcelona. Masson, S.A. 1989.

Tersine, Richard J. Principles of Inventory and Materials Management, 4a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1994

Cruelles Ruiz, José. Despilfarro cero. Marcombo 2012.

Cuatrecasas Lluís. Claves de Lean Manufacturing. Un enfoque para la alta competitividad en un mundo globalizado. Barcelona. Gestión 2000. 2006

Zipkin, Paul H. Foundations of Inventory Management. Nueva York: McGraw-Hill, 2000.

Equipo de Desarrollo de Productivity Press. 5S para todos. 5 pilares de la fábrica visual. TGP Hoshin. 2001

Fachi Fujikoshi. Despliegue del TPM. Madrid. TGP Hoshin. 2001.

Hernandez Matías, JC. Metodología para el análisis y planificación de acciones de mejora continua en fabricación. Tesis doctoral UPM. 2001

Monczka, Robert, Robert Trent y Robert Handfield. Purchasing and Supply Chain Management, 2a. ed. Mason, OH: South-Western College Publishing, 2002.

Morreale, Dick y Bob Elliott. Logistics Rules of Thumb, Facts & Definitions V. Sin publicar, 2001.

Hirano H. Manual para la implantación del JIT. Volúmenes I, II y III. Productivity Press. 2002.

Hirano H. El JIT. Revolución en las fábricas. Productivity Press. 1990.

Kobayashi I. 20 claves para mejorar la fábrica. Madrid. TGP Hoshin. 2002.

Manuel Rajadell y José Luis Sánchez. Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos. 2010.

Michalsky W. 40 Técnicas para equipos de mejoras de fábricas y servicios. Madrid TGP Hoshin. 2004.

Greene, James H. Production and Inventory Control Handbook, 3a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, 1997.

Michel Greif. La fábrica visual. Productivity Press. 1991.

Monden Y. El sistema de producción de Toyota. Madrid. Editorial CDN Ciencias de la Dirección. 1988.

Schonberger RJ. Técnicas japonesas de fabricación. México. Limusa Noriega Editores. 1999.

Seichi Nakajima. TPM Programa de desarrollo. Productivity Press. 1991.

Shigeo Shingo. Una revolución en la producción. Sistema SMED. Productivity Press. 1990.

Shigeo Shingo. Producción sin stocks: el sistema Shingo para la mejora continua. Productivity Press. 1988.

Shigeo Nakamura. La nueva estandarización. Productivity Press. 1997.

Shirose K. TPM para mandos intermedios de fábrica. Madrid. TGP Hoshin. 1994.

Sugiyama T. El libro de las mejoras. Productivity Press. 1989.

Tsuchiya S. Mantenimiento de Calidad. Madrid. TGP Hoshin. 1995.

Womack JP, Jones DT. Roos D. The machine that changed the world. New York. Rawson Associates. 1990.

Ackerman, Kenneth B. Practical Handbook of Warehousing, 4a. ed. Nueva York: Kluwer Academic Publishers, 1997.

Chase, Richard B. y Nicholas J. Aquilano. Production & Operations Management, 6a.ed. Homewood, IL: Irwin, 1992.