

SEMINARIO INTERNACIONAL LEAN THINKING-2016, Equipo 7, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, Programa Ingeniería Industrial

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LA EMPRESA VELPACK S.A.S.

Alexander Ruiz Ibagué

Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, Alexander.ruizi@uecci.edu.co

Yasmid del Pilar Uribe Delgado

Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, yasmidd.urbed@eccci.edu.co

Vladimir Vargas

Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, vlacho47@gmail.com

Lady Caterine Pardo Sánchez

Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, ladyp905@gmail.com

Mónica Alejandra Rodríguez Luengas

Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, moni10rodriguez@gmail.com

Contacto Empresa objeto de estudio: Velpack S.A.S , Yasmid del Pilar Uribe Delgado, área producción, yasmid.uribe@velpack.com.com , teléfono +57-3102543685, Gerente General Sr, Alejandro Velásquez Osorio

RESUMEN

El pensamiento Lean se fundamenta en el uso de herramientas de manufactura esbelta tales como 5'S, SMED, Justo a Tiempo, Poka Yoke, seis sigma, VSM entre otras que permiten específicamente reestructurar toda aquella actividad humana que absorbe recursos innecesarios, mediante el uso de acciones dirigidas a cambiar el pensamiento, permitiendo realizar un análisis de cada uno de los errores dentro de la organización, estos componen el diseño y las premisas de mejora continua en el espacio actual y deben ser tenidos en cuenta en búsqueda de la competitividad, ya que se convierten en herramientas importantes y en aspectos de influencia que afectan la resolución de los problemas. Velpack S.A.S Soluciones Integrales en empaques flexibles presenta problemas en su sistema de almacenamiento, ya que el tipo de materiales que maneja son de gran peso y volumen, adicionalmente a esto el espacio con el cual cuenta actualmente es deficiente, lo que genera dificultad en su administración y manejo, generando complicaciones dentro del proceso. Se pretende generar una serie de soluciones mediante una propuesta de valor adoptada y funcional, esto repercutirá en el mejoramiento de las instalaciones, la seguridad, la salud y el bienestar para cada funcionario dentro de la compañía.

Palabras clave: Manufactura esbelta, Pensamiento Lean, Actividad Humana, Mejora Continua, competitividad.

ABSTRACT

The thought lean it is based on the use of such tools of slender manufacture as 5'S, SMED, I joustin in time, Poka Yoke, six sigma, VSM between others that allow to restructure specifically all that human activity that absorbs

unnecessary resources but that they do not believe value by means of the use of actions (shares) directed to changing the thought, permité to realize an analysis of each one of the mistakes inside the organization, these compose the design and the premises of improvement it (he, she) continues in the current space and they must be born in mind in search of the competitiveness, since they turn into important tools and in aspects of influence that affect the resolution of the problemas.

Velpack S.A.S Integral Solutions in flexible packings presents problems in his (her, your) system of storage Since the type of materials that he (she) handles are of great weight and volume, additional to this the space which it proses nowadays is deficient, which generates difficulty in his administration and managing, generating complications inside the process.

One tries to generate a series of solutions by means of an adopted and functional offer of value, this will reverberate in the improvement of the facilities, the safety (security), the health and the well-being for every civil servant inside the company.

Keywords: Lean manufacturing, Lean Thinking, Human Activity, Continuous Improvement, competitiveness.

1. INTRODUCCIÓN

Producir esbeltamente integra procedimientos y actividades que necesariamente deben ser manejadas por personas en búsqueda de mejorar la productividad en general. La adopción de cambios en pensamiento es necesaria para mantenerse competitivos en el mercado adoptando una filosofía que en producción elimine todos los elementos que generen desperdicios, movimientos innecesarios, Inventarios desbordados, tiempo y personas, todo lo que no presente un valor agregado.

La Industria sigue avanzando a ritmos acelerados, hoy nace una empresa y mañana ya no está, hoy surge una idea de negocio y sí se tiene el conocimiento ideal esta idea se catapultará al éxito o al fracaso. Las necesidades surgen como resultado de las exigencias de los clientes; las eternas variables que hay que mejorar: costos y tiempo.

Mediante la aplicabilidad de los principios fundamentales del Lean Manufacturing, Calidad Perfecta, Minimización del desperdicio y la mejora continua en busca de reducir costes, mejora la calidad que el cliente requiere, aumenta la productividad obteniendo registros base para continuar en los procesos, Implementación de procesos Pull donde sean solicitados por el cliente final no por la producción, Uso de la Flexibilidad donde se permita producir variedad de referencias o de productos sin sacrificar la eficiencia, la construcción del riesgo a largo plazo como factor de satisfacción del cliente y proveedores donde se compartan responsabilidades, son solo algunas variables o indicadores que se pueden usar en la construcción de la manufactura esbelta.

La reflexión académica que lleva a cabo la Universidad ECCI y la Facultad de Ingeniería Industrial frente a estos temas ha permitido llevar a cabo prácticas empresariales que buscan dar a conocer a las empresas como pueden llegar a ser más competitivas, esto es una tarea multidisciplinaria donde se aporta desde el conocimiento hasta la implementación en la Industria. Se puede decir que son muchos los paradigmas a derribar, pero la conciencia del ahorro en costos (desperdicios o mudas) son la entrada para las respectivas implementaciones de la cultura Lean.

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Mediante la metodología de observación se evidenció en las instalaciones de la empresa Velpack S.A.S problemas en la distribución de máquinas y almacenamiento de materia prima, presentando seis desperdicios más relevantes (altos costes de compras, altos costes de producción, área utilizada, altos inventarios de materia prima), pérdidas por calidad y un Lead Time deterioro de las relaciones con los clientes por la devolución de pedidos. En los diferentes espacios de la planta de producción se encuentra materia prima almacenada junto con producto en proceso y PT (producto terminado), generando un sin número de desperdicios que afectan los procesos de producción y a su vez solicitudes de los clientes, lo que lleva a verificar los diferentes pasos involucrados por los que debe pasar la MP, iniciando por el área de almacenamiento siendo este uno de las problemáticas más innegables dentro del análisis.

La materia prima se encuentra almacenada en diferentes cantidades medidas, calibres no controladas y se localiza por diferentes áreas de la planta, inclusive invadiendo espacios de máquinas y de tránsito de personas, sin duda uno de los principales procesos a evaluar para proponer un modelo de gestión enfocado a la eliminación de los desperdicios que permita entregar el máximo valor para los clientes y disminución es los costos de producción, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios; es decir ajustados.¹⁾ Se evidencian inconvenientes desde el inicio del proceso productivo arrancando con la "Impresión" que se ve afectado ya que se debe hacer un chequeo adicional generando pérdidas en tiempo y donde se presentan situaciones como que se debe parar la máquina para retirar el material porque no corresponde a lo que se está solicitando en la orden de producción por estar mal rotulado, ósea que no corresponde al calibre con el que se debe producir, este tipo de situaciones se encuentran en los diferentes procesos consiguientes de fabricación, "laminación, corte y sellado".

En este análisis se encuentra que lo proveedores de las diferentes resinas de polipropileno son extranjeros, y el principal proveedor que la distribuye la importa de Ecuador (país de origen por ser más barata y fácil de importar) generando otra problemática, que para este caso es la compra de material que está sujeta a la fluctuación del dólar por lo que se compra en cantidades altas cuando la TRM se encuentra en un pico bajo por lo que es aprovechado por la empresa para adquirir grandes cantidades de material y así abastecerse siendo una práctica que es difícil de controlar por la variación de la moneda.

Durante el año 2016 el dólar ha tenido su pico más alto en el mes de febrero alcanzando un valor máximo de \$ 3.434,89 y un valor mínimo en el mes de mayo \$2.833,78 dando esto un promedio durante el 2016 de \$3.078,57

Fuente: <http://dolar.wilkinsonpc.com.co/divisas/dolar.html>



¹⁾ <http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>

Dentro de la información que se pudo obtener se reviso cual era el nivel de desperdicio, para ello se uso los datos de los meses de Junio, Julio y Agosto.

Para el problema de desperdicios se pudo obtener lo siguiente:

TOTAL

MES	KILOS PROCESADOS	KILOS DESPERDICIO	INDICADOR DESPERDICIO	META DESPERDICIO
JUNIO	36.954	1.785	5%	2%
JULIO	28.260	1.587	6%	2%
AGOSTO	59.321	2.510	4%	2%

POR MAQUINA

IMPRESORA

MES	KILOS PROCESADOS	KILOS DESPERDICIO	INDICADOR DESPERDICIO	META DESPERDICIO
JUNIO	13.927	989	7%	2%
JULIO	11.289	1.020	9%	2%
AGOSTO	14.320	1.352	9%	2%

LAMINADORA

MES	KILOS PROCESADOS	KILOS DESPERDICIO	INDICADOR DESPERDICIO	META DESPERDICIO
JUNIO	11.365	780	7%	2%
JULIO	6.725	558	8%	2%
AGOSTO	19.300	1.136	6%	2%

REFILADORAS

MES	KILOS PROCESADOS	KILOS DESPERDICIO	INDICADOR DESPERDICIO	META DESPERDICIO
JUNIO	11.662	16	0%	0.2%
JULIO	10.246	9	0%	0.2%
AGOSTO	25.701	22	0%	0.2%

0			
---	--	--	--

En cuanto a las paradas por maquina se obtuvo la siguiente información:

IMPRESORA

MES	HORAS TRABAJAS	HORAS PARADAS	INDICADOR TIEMPO PARADAS	META PARADAS
JUNIO	672	48	7%	1%
JULIO	696	72	10%	1%
AGOSTO	696	36	5%	1%

LAMINADORA

MES	HORAS TRABAJAS	HORAS PARADAS	INDICADOR TIEMPO PARADAS	META PARADAS
JUNIO	336	96	29%	1%
JULIO	276	34	12%	1%
AGOSTO	292	12	4%	1%

REFILADORAS

MES	HORAS TRABAJAS	HORAS PARADAS	INDICADOR TIEMPO PARADAS	META PARADAS
JUNIO	1.344	102	8%	1%
JULIO	1.392	78	6%	1%
AGOSTO	1.392	59	4%	1%

De acuerdo con esta variación la compañía se ha visto en la necesidad de ajustarse con lo que cuenta en inventario para la producción y para ello debe realizar reprocesos de cortes que cumplan con lo requerido en la orden de producción, teniendo como consecuencia perdidas de material entre un 3 al 6%, que si se traduce esto en dinero un kilo de Bopp puede llegar a costar \$9,000 antes de impuestos y el desperdicio de material transparente se vende a \$1.200, dando una pérdida del 87% por kilo desperdiciado.

Pero todo este alto impacto se puede mitigar en parte si se tiene un adecuado sistema de almacenamiento, que permita un mayor control de las medidas de material existente y así poder usar la que más se aproxime a la requerida evitando el mínimo desperdicio cuando se requiera hacer cortes por medidas.

El alto inventario adicionalmente genera grandes costos financieros ya que la cartera que se maneja con el principal proveedor es muy costosa y hace que se deban hacer pagos semanales por material que no tiene una alta rotación en un determinado momento.

2.2. HIPÓTESIS

¿Cómo parte del proceso de mejora continua, la aplicación de un sistema de herramientas en la eliminación de todos los desperdicios que se denominará Lean Manufacturing aporta soluciones que permiten eliminar los desperdicios generados en los procesos de la empresa Velpack S.A.S?

2.2. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de gestión que permita mejorar la eficiencia de la organización Velpack S.A.S. a través de la disminución de los desperdicios generados en el proceso productivo dentro del sistema de almacenamiento de Materia Prima (MP) con el fin de disminuir los altos costos en los Inventarios.

2.2. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Identificar y Analizar dentro del proceso productivo de Velpack S.A.S el mayor índice de impacto en el manejo de material almacenado y en proceso.
- Generar ideas de mejora continua dentro el manejo de los desperdicios ocasionados durante el proceso productivo de la compañía Velpack S.A.S.
- Plantear un sistema de gestión que permita clasificar los desperdicios generados en el proceso productivo, implementando las diversas herramientas de lean manufacturing.
- Documentar la propuesta realizada para el sistema de gestión que permita mejorar la eficiencia de la organización Velpack S.A.S.

3. MARCO TEÓRICO

Velpack S.A.S es una empresa fundada el 4 de Noviembre del año 2004, cuya sede principal se ubica en la Cra 69 # 24-65 sur barrio villa claudia en la ciudad de Bogotá Colombia, América del Sur. Cuenta con un equipo técnico y humano que atiende los procesos productivos y administrativos requeridos para ofrecer a sus clientes todas las líneas de empaques flexibles, en bolsa y rollo con o sin impresión. Fabrica empaques en diferentes resinas como lo son BOPP, MOPP, PEBD, PEAD, FOIL, ALUMINIO, NYLON BIORENTADO y NYLON COEXTRUIDO, PET entre otros. Fabrica laminaciones Bi y Tri capa con policromías hasta de 150 líneas, bolsas Doy pack y Zipper realizadas con tecnologías en preprensa de Cyreles, Digital, HD y Lux, permitiéndose obtener mayores estándares de calidad de impresión ya que cuentan con equipos de impresión Flexo gráfica de 1 a 8 tintas.

Empaques Flexibles: La Flexografía como proceso de impresión fue inventado en Francia por Houleg en 1905. Es un sistema de impresión en altorelieve, es decir, las zonas de la plancha (cliché) que se imprimen están más altas que las que no se imprimen (Houleg, 1905)²⁾. Son aquellos que se desarrollan a partir del procesamiento de resinas plásticas de polipropileno y polietileno para convertirlas en películas con las cuales se fabrican empaques de bolsas o láminas de empaques.

La planta de Velpack S.A.S. cuenta con los siguientes procesos:

Extrusión Es un proceso continuo en el cual la resina se funde por acción de las altas temperaturas para formar las películas plásticas de acuerdo a las especificaciones técnicas indispensables: para un buen empaque. La empresa cuenta con 1 extrusora china, para polipropilenos y polietilenos de baja y de alta densidad.

²⁾ <http://redgrafica.com/La-flexografia-principios-basicos>

Impresión: Sistema de impresión denominado rollo a rollo para las películas flexibles con tintas especialmente formuladas para cumplir con las especificaciones requeridas por los sustratos y los productos empacados. El equipo europeo (1) es de tambor central y está capacitado para impresiones planas y policromías desde 1 hasta 8 colores.

Laminación: Proceso donde se realiza la unión de 2 o más sustratos mediante adhesivos sin que se presenten trazas de elementos que puedan afectar el producto empacado. Mediante este sistema se complementa las propiedades químicas y físicas de los sustratos para optimizar las barreras exigidas para el empaque.

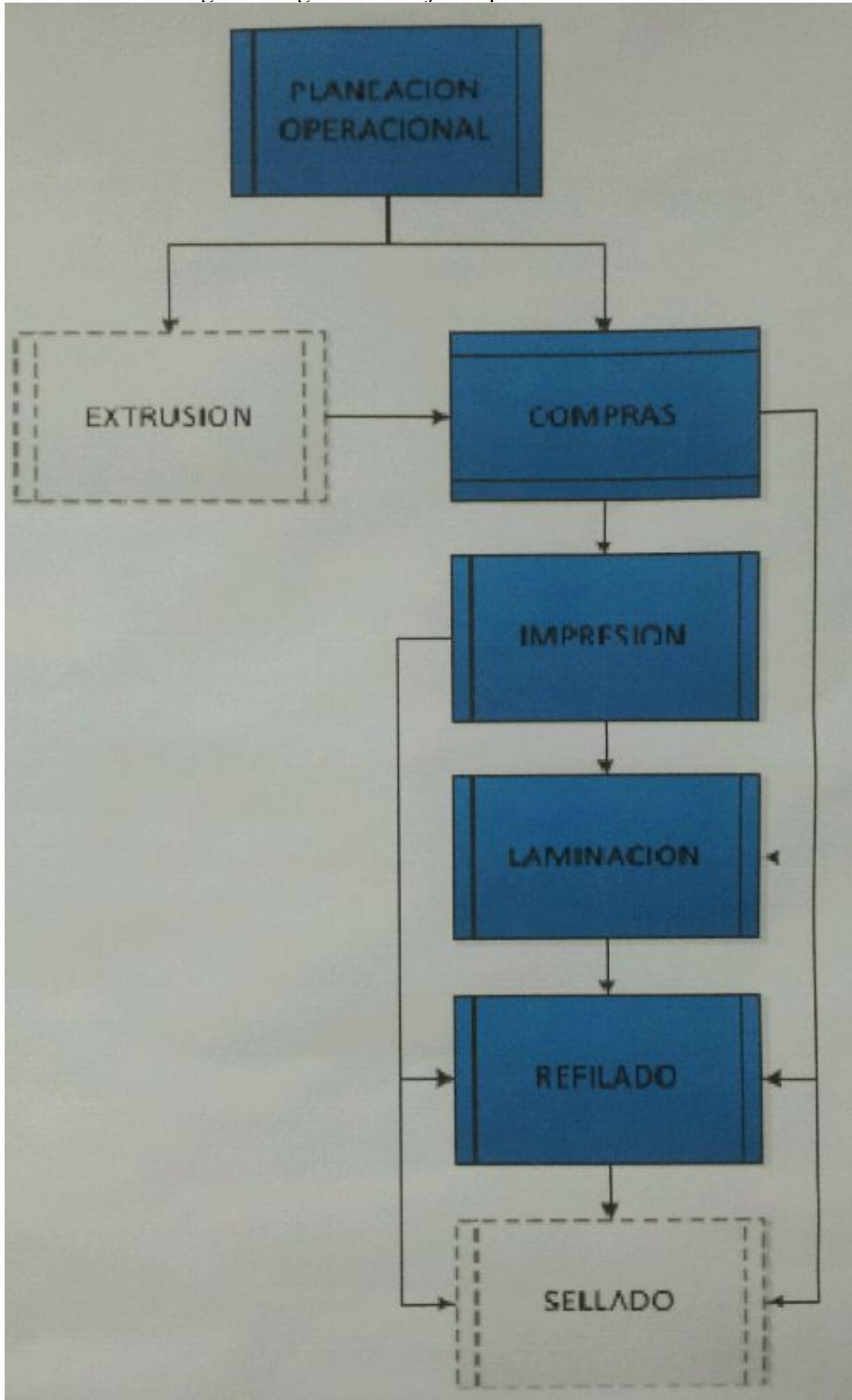
Corte y Sellado

Corte: Por medio del equipo llamado cortadora rebobinadora se garantiza las medidas finales de las películas para la empacadora automática y las bolsas para el empaque manual. Se cuenta con 2 equipos europeo.

Sellado: Proceso mediante el cual el equipos llamado selladora automática confeccionan las bolsas de acuerdo a las especificaciones exigidas. Cuentan con un equipo de fabricación nacional.

A continuación citamos el diagrama de flujo que maneja la compañía actualmente.

Fotografía diagrama de flujo Velpack - Fuente Autores



El sistema productivo de Velpack S.A.S es por producción intermitente³⁾, este proceso productivo es el habitual en este sector de los empaques debido a que se trabaja por pedido o por lote vendido. La empresa no cuenta con un sistema que integre los procesos de negocios y logísticos tipo ERP, su recepción de solicitudes de producción es por pedido.



Foto Maquina Microflex- Impresora Microflex:
Fuente Autores.

El área productiva de Velpack S.A.S es de 256 metros en una sola planta, la cual se encuentra distribuida en dos pisos, en el primer piso se encuentran las máquinas de extrusión, impresión Sellado, laminado y cortes, Oficina de Producción, Almacenamiento de MP e Insumos, Bodega de traslados de PT (Producto terminado) el departamento administrativo y gerencial está ubicado en el segundo piso en un área de 100 Mts².



Fotos Distribución Planta Velpack S.A.S

³⁾ http://ual.dyndns.org/Biblioteca/Admon_de_la_Produccion/Pdf/Unidad_04.pdf

Fuente Autores.

El análisis que se realiza frente a sus competidores más cercanos como Empaflexa, Darplas, Proempaques, Inemplex,⁴⁾ empresas del sector con similitud en sus procesos productivos evidencia una desactualización de Velpack S.A.S frente al uso de herramientas de gestión (Cambio de pensamiento). Es por esta razón que mediante la colaboración del personal de planta y producción se identificaron algunas mudas o desperdicios que están afectando su desarrollo y avance productivo y que buscan darles a conocer las buenas prácticas Lean enfocadas a una manufactura esbelta.

Empresas como Proempaques e Inemflex preocupadas por el desarrollo y la sostenibilidad están llevando a cabo la certificación de la Calidad ISO 9001/2008 código 1723-1 para la Producción y comercialización de empaques flexibles y actualmente trabajan de la mano de la Secretaria de medio ambiente en sistemas de recuperación de agua y tratamiento del aire asegurando la eliminación al medio ambiente de cualquier tipo de contaminación por medio de equipos y sistemas especializados para el tratamiento del mismo, pero esto es solo un pequeño avance producto de la normatividad Colombiana frente al desarrollo sostenible y de sancionalidades.

En Entrevista con don Alejandro Velasquez Osorio Gerente de Velpack el manifiesta que lamentablemente la industria flexografica es una industria que se encuentra demasiado permeada por la alta competencia, y aunque Él quisiera llevarla a ser más productiva y competitiva mediante el uso de herramientas de gestión, la cultura organizacional no le ha permitido realizar cambios que generen valor a sus procesos. - "él manifiesta que la empresa ha crecido a un ritmo acelerado, lo que lo ha obligado a tener una alta inversión en compra de Materiales, gente, turnos y lo que eso conlleva para el cumplimiento y sostenibilidad de la empresa; por ahora trabajamos como ya lo conocemos, y sin duda buscaremos espacios para las implementaciones de una mejora continua, quisiera que mi empresa tuviese todas estas cosas y que se implementaran, mi deseo es apuntarle a expandirme a otras ciudades y porque no a otros países, pero ante todo que la gente disfrute lo que hace, se capacite y que esto les facilite las tareas."

Pero esta investigación busca hacer conciencia sobre el cambio del pensamiento mediante la cultura Lean en Velpack S.A.S. Colombia ya está avanzando en este tema implementando cambios de pensamiento en la pequeña industria y aunque está por debajo de países como México a nivel de latino América sin duda encontramos algunos referentes de éxito en nuestro país, (Empresas de más de 200 empleados lo están llevando a cabo, caso Femsa, Grupo Amcor Holding, Grupo Corona, Fanalca, entre otros). Aunque no es un tema desconocido para la industria del plástico y sus derivados incluyendo el sector flexografico, no se encuentran grandes avances en este sector de la economía. El interés por el Lean Manufacturing está creciendo en los últimos años aunque todavía existe un gran desconocimiento, especialmente entre las pequeñas y medianas empresas. Los responsables de algunas organizaciones se muestran escépticos y consideran difícil poder generar ventajas duraderas a partir de la implantación Lean⁵⁾ como lo manifiesta don Alejandro Velásquez gerente de Velpack, a quien se menciona con anterioridad.

Carvajal Medios empresa dedicada a difundir información en el sector de la industria del plástico, lleva a cabo seminarios, ferias y eventos que integran a las empresas del sector actualizándolos en nuevas prácticas. En publicación en su revista Catalogo del Empaque⁶⁾ GENERO UN ARTÍCULO HACIENDO CONCIENCIA SOBRE ESTE TEMA, RESCATANDO LA SIGUIENTE FRASE DEL AUTOR "ES HORA DE CONSIDERAR A SU NEGOCIO COMO UN ORGANISMO VIVO Y NO COMO UNA SERIE DE DEPARTAMENTOS INDEPENDIENTES QUE POR CASUALIDAD FUNCIONAN BAJO EL MISMO TECHO. PARA LOS IMPRESORES DE HOY EL ÉXITO RADICA EN OFRECER A SUS CLIENTES EL MEJOR VALOR POSIBLE POR SU DINERO Y, AL MISMO TIEMPO, OBTENER GANANCIAS AL FINAL DEL PERÍODO"(WRIGHT , S.F).⁷⁾

3.3. INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING

⁴⁾ <http://www.catalogodelempaque.com/>

⁵⁾ *Ibídem*, 10

⁶⁾ Control del desperdicio de materiales, tiempo, espacio y potencial en una empresa de Flexografía, Junio de 2006, <http://www.elempaque.com/temas/Control-del-desperdicio-de-materiales,-tiempo,-espacio-y-potencial-en-una-empresa-de-flexografia+5048096?pagina=1>

⁷⁾ David Wright. Los desechos son cualquier elemento que contribuya al costo de producción sin agregar ningún valor. Aprenda a controlar el desperdicio y aumentar sus ganancias.

Los Inicios de la manufactura esbelta y sus herramientas después de la II Guerra Mundial los fabricantes japoneses se enfrentaron con gran escasez de materiales, financieros y de recursos humanos. Esas condiciones dieron lugar al nacimiento del concepto de fabricación (Womack et al., 1990).

Kiichiro Toyoda, Presidente de Toyota Motor Company en el momento, reconoció que los fabricantes de autos estadounidenses de esa época estaban produciendo sus contrapartes japonesas por un factor de diez. Pronto los dirigentes industriales japoneses como Toyoda, Shigeo Shingo y Taiichi Ohno respondió ideando una nueva, disciplinada, orientada al proceso, sistema, que hoy se conoce como el "Sistema de Producción Toyota, el sistema centrado en identificar las principales fuentes de residuos y, a continuación, utilizando herramientas tales como producción JIT, suavizado, reducción de instalación y otros para eliminar los residuos. Una breve descripción de las herramientas de lean más común es que se indican a continuación" (Monden, 1998; Feld, 2000; Nahmias, 2001) fueron la fabricación celular o por células de trabajo: organiza el proceso para un determinado producto o productos similares en un grupo llamado células de trabajo, incluyendo todas las máquinas, equipos y operadores. Los recursos dentro de las células están dispuestas a facilitar todas las operaciones fácilmente Just-in-time (JIT): Un sistema en el que un cliente inicia la demanda, y la demanda se transmite entonces hacia atrás desde el ensamblado final toda la manera a la materia prima, por lo tanto, "tirar" todos los requisitos sólo cuando son necesarios.

Kanbans: un sistema de señalización para la implementación de producción JIT (Sanchez , s.f.).

Mantenimiento preventivo Total (TPM): Los trabajadores realizar periódicamente el mantenimiento de equipos para detectar cualquier anomalía. El foco cambia de desgloses de fijación para prevenirlos. Ya que los operadores están más cercanos a las máquinas, están incluidos en el mantenimiento y las actividades de vigilancia a fin de prevenir y dar aviso de averías.

Reducción del tiempo de configuración: intenta continuamente reducir el tiempo de instalación en una máquina.

Gestión de la calidad total (TQM): Un sistema de mejora continua empleando la gestión participativa que está centrada en las necesidades de los clientes. Los componentes clave son empleado en la participación y la capacitación, equipos de solución de problemas, los métodos estadísticos, las metas a largo plazo, y reconocimiento de las ineficiencias son producidos por el sistema, y no por las personas. Las 5S: se centra en la eficacia de la organización en el lugar de trabajo y procedimientos de trabajo estandarizados.

Con la extensión del sistema a otros sectores y países se ha ido configurando un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial. De forma resumida puede decirse que Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de "desperdicios", definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. La clave del modelo está en generar una nueva cultura tendente a encontrar la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para lo cual se considera fundamental la colaboración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios.⁸⁾

Para lograr esto se implementan técnicas donde se logre disminuir o eliminar en lo que sea posible los desperdicios.

Teniendo lo anterior en cuenta, Lean Manufacturing es una filosofía que apoya la mejora continua de la productividad de las empresas, con base en herramientas que nos ayudan a:

- Facilita la eliminación de todas aquellas operaciones que no agregan valor al producto o servicio ofrecido.
- Aumentar el valor de las actividades necesarias en un proceso.
- Reducción de desperdicios
- Obtener mejoras continuas en cada eslabón de la cadena de valor.

⁸⁾ http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

Por lo cual Lean Manufacturing considera que en las empresas se tenga en cuenta el respeto por los trabajadores, la eliminación planeada de cualquier tipo de desperdicio, así como la mejora constante de la calidad en sus productos y servicios.⁹⁾

3.3. TRABAJO DE CAMPO- AYUDANDO A CREAR CONCIENCIA LEAN.

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 eliminarlo¹⁰⁾.

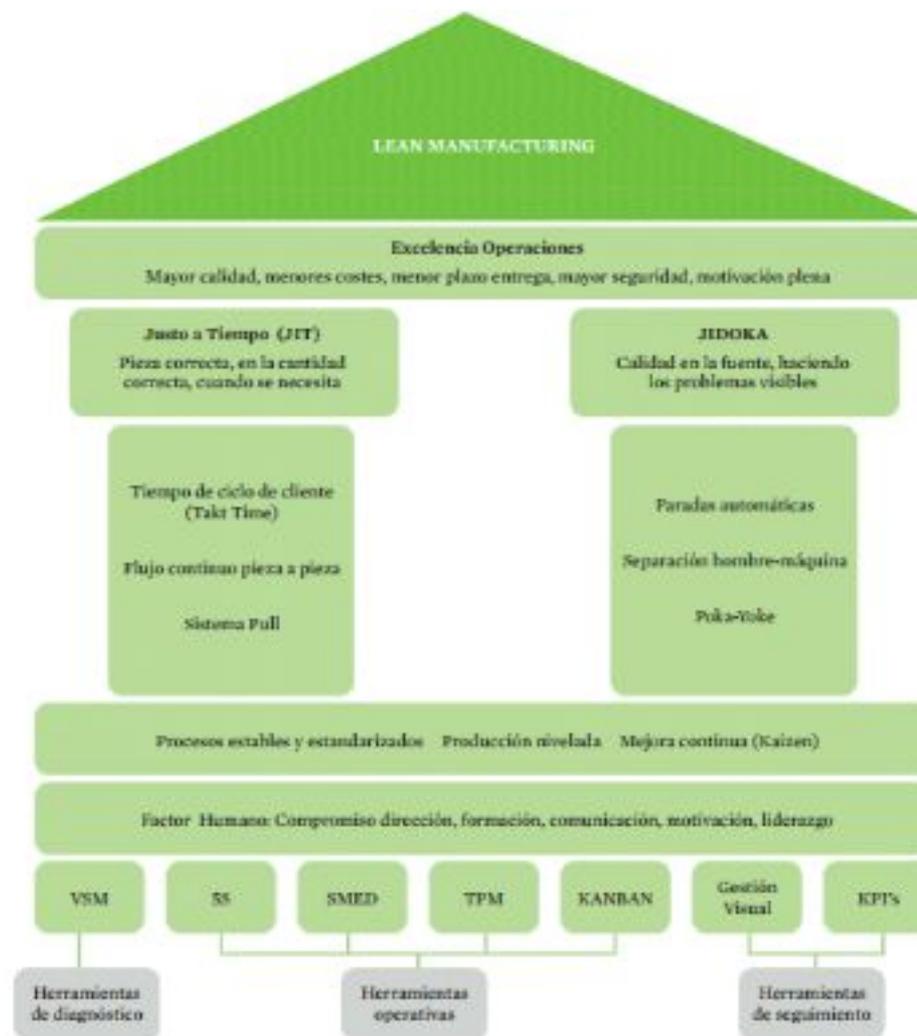
Inicialmente se empezó con el diseño y programación de un cronograma de capacitaciones con cada una de las áreas con el fin de involucrarlos en el proceso de investigación y posterior implementación, este paso es fundamental ya que se debe vencer la resistencia al cambio, suele suceder que los colaboradores de una empresa son reactivos a los remesones y a las mejoras y Velpack no fue la excepción, suelen confundirlas con despido de personas, pero el conocimiento de estas herramientas los involucraba directamente con sus problemas diarios como punto de partida para el éxito de la implementación.

En estas charlas informativas se hablaría sobre la forma tradicional como se entendería el concepto Lean según el esquema de la "Casa del Sistema de Producción Toyota" para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación en Velpack explicándoles que es un sistema estructural, fuerte siempre en los cimientos y las columnas como lo muestra el gráfico 1.

Grafico 1. Modelo actualizado adaptación Toyota.

⁹⁾ ALLEN John; ROBINSON Charles; STEWART David. Lean Manufacturing: A plant floor guide. Society Of Manufacturing Engineers 2001

¹⁰⁾ Hernández, Juan Carlos ISBN 978-84-15061-40-3- Lean Manufacturing, conceptos técnicas e implementación.



Fuente: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

A las dos sesiones informativas cada departamento envió su representante, sin antes haberles indicado que en lo posible llevaran información de su proceso, como lo hacían, que problemas evidenciaban, etc. Es así como el departamento de producción dividido en 4 áreas (Impresión, Laminado, Refilado y Sellado), presentaron sus inquietudes. Con los datos registrados en la tabla 2 se determinó un plan de acción inmediato el cual abarcaría las mudas (desperdicios) mencionadas anteriormente: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos, esto sin antes explicarles en que consistían y en común acuerdo con la gerencia para su posible implementación.

- 3.3.3. Sobreproducción: El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio crítico porque no incita a la mejora ya que parece que todo funciona correctamente.
- a) Características: - Gran cantidad de stock. - Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad. - Equipos sobredimensionados. - Tamaño grande de lotes de fabricación. - Falta de equilibrio en la producción. - Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad. - Equipamiento obsoleto. - Necesidad de mucho espacio para almacenaje.
- b) Causas posibles: - Procesos no capaces y poco fiables. - Reducida aplicación de la automatización. - Tiempos de cambio y de preparación elevados - Respuesta a las previsiones, no a las demandas. - Falta de comunicación.
- c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro - Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción). - Implementación del sistema pull mediante kanban.-Acciones de reducción de tiempos de preparación SMED. - Nivelación de la producción. - Estandarización de las operaciones.¹¹⁾

¹¹⁾ Ibídem 10

3.3.3. Tiempos de espera: El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Por ello, es preciso estudiar concienzudamente cómo reducir o eliminar el tiempo perdido durante el proceso de fabricación.

a) Características: - El operario espera a que la máquina termine. - Exceso de colas de material dentro del proceso. - Paradas no planificadas. - Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas. - Tiempo para ejecutar reproceso. - La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente. - Un operario espera a otro operario.

b) Causas posibles: - Métodos de trabajo no estandarizados. - Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos. - Desequilibrios de capacidad. - Falta de maquinaria apropiada. - Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas. - Producción en grandes lotes. - Baja coordinación entre operarios - Tiempos de preparación de máquina /cambios de utillaje elevados.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro: - Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea. - Layout específico de producto. Fabricación en células en U. - Automatización con un toque humano (Jidoka). - Cambio rápido de técnicas y utillaje (SMED). - Adiestramiento polivalente de operarios. - Sistema de entregas de proveedores. - Mejorar en manutención de la línea de acuerdo a secuencia de montaje.¹²⁾

3.3.3. Transporte y movimientos innecesarios: El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro mayores son las probabilidades de que resulten dañados.

a) Características - Los contenedores son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular. - Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales. - Los equipos de manutención circulan vacíos por la planta.

b) Causas posibles: - Layout obsoleto. - Gran tamaño de los lotes. - Procesos deficientes y poco flexibles. - Programas de producción no uniformes. - Tiempos de preparación elevados. - Excesivos almacenes intermedios. - Baja eficiencia de los operarios y las máquinas. - Reprocesos frecuentes.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro: - Layout del equipo basado en células de fabricación flexibles. - Cambio gradual a la producción en flujo según tiempo de ciclo fijado. - Trabajadores polivalentes o multifuncionales. - Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

3.3.3. Defectos, rechazos y reprocesos: El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. También debería haber un control de calidad en tiempo real, de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajos.

a) Características: - Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero. - Planificación inconsistente. - Calidad cuestionable. - Flujo de proceso complejo. - Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos - Espacio y técnicas extra para el reproceso. - Maquinaria poco fiable. - Baja motivación de los operarios.

¹²⁾ Ibidem 10

b) Causas posibles: - Movimientos innecesarios. - Proveedores o procesos no capaces. - Errores de los operarios. - Formación o experiencia de los operarios inadecuada. - Técnicas o utillajes inapropiados. - Proceso productivo deficiente o mal diseñado.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro: - Automatización con toque humano (Jidoka). - Estandarización de las operaciones. - Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (andon). - Mecanismos o sistemas anti-error (Poka-Yoke). - Incremento de la fiabilidad de las máquinas. - Implantación mantenimiento preventivo. - Aseguramiento de la calidad en puesto. - Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo. - Control visual: Kanban, 5S y andon. - Mejora del entorno de proceso.¹³⁾

3.3. Herramienta adoptada para la aplicación Lean Manufacturing en Velpack.

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. Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso.

La mejor forma de obtener una visión simplificada, ordenada y coherente de las técnicas más importantes es agruparlas en tres grupos distintos. Un primer grupo estaría formado por aquellas cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier empresa/ producto/sector, esta son:¹⁴⁾

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.

- 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.

Estas herramientas basadas en la casa Lean Toyota fueron compartidas a los equipos de trabajo de cada una de las áreas de la empresa Velpack, las cuales al agruparlas facilitaron la ponderación de preferencia para la implementación

¹³⁾ Ibidem 10

¹⁴⁾ Ibidem 10

y sugiere la premisa o ruta de trabajo para llevar a cabo el aseguramiento de la calidad, es así como la gráfica 2 muestra la aceptación y la comprensión del equipo de trabajo en la adopción de una técnica que los familiarice con la cultura Lean.

De acuerdo con esto se propone iniciar con una de estas herramientas con el fin de que los empleados y directivos empiecen a adoptar la cultura Lean y vean la importancia de que todos se involucren en ello para que tenga un resultado positivo.

Para ello se propone iniciar con la herramienta de las 5S que tendrá unos pasos y cronograma que se sugerirá al Gerente de la compañía para su implementación, los cuales se indican a continuación:

Romper Paradigmas

Si bien es cierto que toda nueva propuesta o estrategia que se presente o se proponga debe tener gran impacto en las directivas, porque de ellos parte la promulgación de nuevas culturas que ayudaran a que la empresa tenga un crecimiento y mejora desde la adopción de la mismas, debido a esto se debe iniciar con la capacitación de ellos para que tengan manejo de esta filosofía y la adopten para luego iniciar con el resto del personal.

Capacitación a los colaboradores

Se hará recolección de fotografías del estado actual de las áreas de trabajo, luego se hará una entrevista por cada área, donde se indagará con cada colaborador como desde su conocimiento y perspectiva, cree que puede aportar para la organización de su área y materias primas que es una de las grandes falencias que se pretende atacar.

Después de esto se hará una serie de capacitaciones sobre la filosofía de las 5S para que ellos entiendan lo que se pretende lograr con la adopción de esta en la compañía, en qué estado se encuentra la empresa actualmente y como se puede mejorar con esta herramienta, para ello se usara las fotografías tomadas y se propondrá las opiniones que ellos aportaron en la entrevista, así de esta forma ellos se sentirán mas involucrados y con un alto sentido de pertenencia puesto que se tendrán en cuenta sus aportes.

Reuniones de grupos

Se iniciará con una serie de reuniones que estará encabezado con los encargados de cada área, para los casos donde haya varias personas en las áreas se nombrará un representante, el objetivo de estas reuniones será definir las zonas específicas para cada cosa y así poder demarcarlas inicialmente con un material que sea de fácil de remover, ya que si no funciona como se plantea en un inicio se pueda modificar.

Luego de definir como se hará el control y en el caso de que se pierda el orden como se corregirá, las acciones de mejora que se tomaran con el fin de que no se pierda lo que se ha avanzado.

Para el área de materias primas que es donde se pretende tener el mayor impacto, se hará una revisión del movimiento del inventario desde las referencias que más tiene rotación hasta las que son usadas con menor frecuencia y así poder definir el orden que se establecerá, para poder socializarlo con los colaboradores y así cuando se haga devolución de material se ubique en la zona asignada o en caso de que se necesite usar una referencia, sea de fácil ubicación. Para esto se hará una reunión con el almacenista y la coordinadora de compras y planeación.

Inicio de la adopción de las 5S

Con la información recolectada se procederá a definir el día de la gran limpieza y se llevará a cabo, en ella debe participar desde el Gerente hasta la persona encargada de servicios generales.

Muy seguramente habrá materiales, herramientas, etc. que se encontraran y que no se tenían contempladas en las reuniones de grupo, así que se clasificaran y rotularan, para luego definir si se dejan en área, se desechan, se reubican etc.

La idea es que el día de la gran limpieza se acerque lo que más se pueda al óptimo de organización y limpieza en que se pretende tener la compañía, de esta forma tomar los registros fotográficos que se dejaran en cada área y con los cuales diariamente se pretende guiar a los involucrados de cómo se debe mantener el área.

Estandarización

Con las fotografías tomadas el día de la gran limpieza, se ubicarán en un lugar visible acompañado de una fotografía del responsable del área, para cuando haya varias personas en un área se hará una rotación quincenal con el fin de que todos se involucren y no se tome como que es responsabilidad solo de una persona mantener el área en óptimas condiciones, también se tendrá un formato donde se registrara la aparición de nuevas herramientas, objetos o materiales, que no se les tiene asignado una ubicación para que en las reuniones que se tengan del mantenimiento de la herramienta de 5S, se pueda definir que se hará con ella. El fin de estas fotografías es que ellos puedan visualizar el objetivo a realizar diariamente con el orden y limpieza del lugar.

Se debe hacer diariamente una inspección por parte del Jefe de Planta y Coordinadora de Calidad, para que no se pierda el control de la implementación de esta herramienta.

Disciplina

Es importante que todos los pasos anteriores se mantengan a diario así los trabajadores lo adoptaran como parte del día a día y no como una cosa ocasional, la disciplina se puede mantener con las inspecciones que se tengan a diario y así monitorear todas las áreas, con esto se puede hacer un programa de incentivos donde se premiara al área que menos observaciones presente en las inspecciones y se castigara a la que más tenga, así no solo será algo que permitirá mantener el área organizada sino que también tendrá una recompensa por ello.

Mejora continua

La mejora continua es de gran importancia para la sostenibilidad de la filosofía de las 5S, puesto que permite ir en una dinámica de cambio hacia lo positivo, haciendo que los colaboradores tengan un progreso en sus áreas y estén preparados para nuevos retos de organización que se presenten y sepan cómo manejarlo sin perder nunca el objetivo de organización y limpieza.

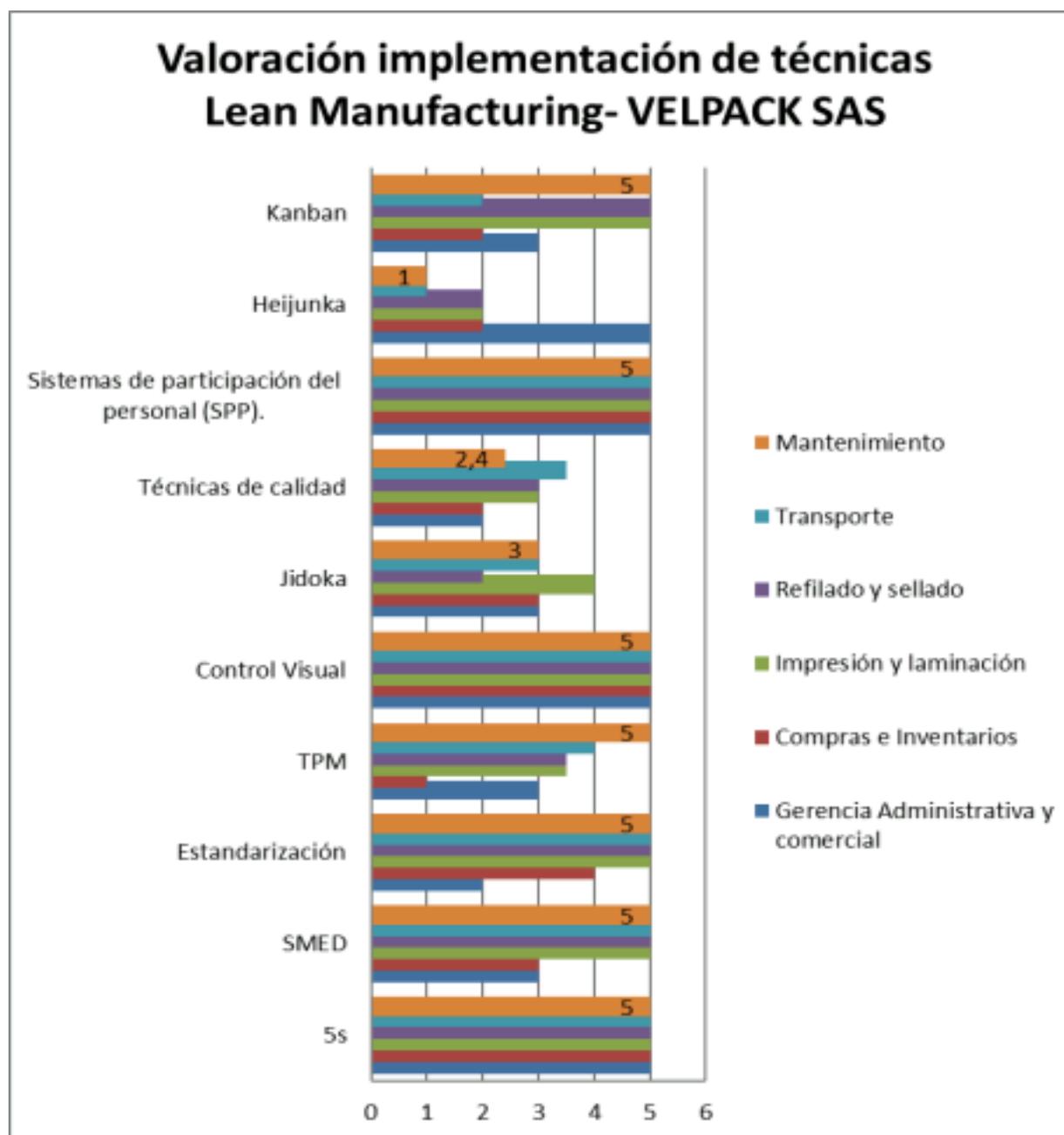
Todo lo expuesto anteriormente se propone de acuerdo a un cronograma el cual se indica a continuación, no se colocan fechas ya que dependerá de la autorización de las directivas de la compañía el inicio de esta, solo se puede definir el tiempo aproximado en semanas.

Tabla 1. Cronograma propuesto - Autores

CRONOGRAMA PROPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S EN VELPACK SAS																			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PASOS	DURACIÓN																		
Romper Paradigmas	■																		
Capacitación a los colaboradores		■	■	■	■														
Reuniones de grupos						■	■												
Inicio de la adopción de las 5S								■	■										
Estandarización										■	■	■	■						
Disciplina														■	■				
Mejora continua																■	■	■	■

Una vez la compañía pueda acoger esta filosofía se podrá seguir con la adopción de las diferentes herramientas que encaminen al alcance de una cultura lean.

Grafica 2. Valoración grafica para la implementación lean Manufacturing- Velpack



Fuente: Autores- encuesta a personal Velpack

3.3.3. Análisis de la Valoración gráfica para la implementación lean Manufacturing- Velpack.

Se puede observar que existen preferencias en la implementación de las herramientas Lean, permitiendo así realizar un mapeo o ruta de trabajo para llevar a cabo la implementación. De las Herramientas presentadas se realizó una clasificación de 1 a 5 en grado de importancia donde 1 es poco llamativa o no aplica y 5 es totalmente lineal con lo que busca el proceso o el área de interés. Existen 3 herramientas que generan la mayor percepción para todos los departamentos de interés, y es en las cuales se adoptará el comienzo de la mejora o implementación lean, siendo estas 5'S, Control Visual y Sistemas de participación del personal (SPP). Las demás herramientas no significan que no sean importantes o adaptables, seguramente al implementar las primeras se hallara la necesidad de implementar las demás de manera esquemática.

Conclusiones

Las aplicaciones de lean manufacturing han sido menos común en el sector de procesos de empaques flexibles, en parte debido a la percepción de que este sector es menos susceptible a muchas técnicas Lean, y también debido a la falta de documentación de aplicaciones; esto ha provocado que los encargados sean renuentes a comprometerse con el programa de mejora. Este documento adopta un enfoque basado en el caso de abordar ambas cuestiones. Muchas industrias en el sector de proceso de empaques flexibles realmente tienen una combinación de elementos continuos y

discretos, y de hecho es bastante factible adaptar técnicas Lean. Podemos demostrar esto en la industria, donde varias técnicas lean pueden ser adaptadas. Además, para los que podrían estar considerando la implementación de Manufactura Esbelta, pero tienen dudas acerca de los posibles resultados, lo que se quiere demostrar es que un modelo de diseño esbelto puede utilizarse para evaluar las medidas de rendimiento básico y analizar las configuraciones del sistema. La disponibilidad de la información proporcionada por la simulación puede facilitar y validar la decisión de implementar Lean Manufacturing y también puede motivar a la organización durante la aplicación real a fin de obtener los resultados deseados.

Uno de los elementos analizados dentro del proceso fue el Poka Yoke, este instrumento ayuda con la identificación de los puntos que se han clasificado para la eliminación de los desperdicios que se presentan dentro del proceso, estos instrumentos comúnmente usados en el proceso Lean manufacturing facilitan la implementación de las mejoras en el proceso de análisis, dando un sustento que permitió verificar y organizar las diferentes opciones que permitirá generar las aplicaciones de las posibles soluciones.

El esquema de clasificación descrito en este documento puede ser usado para clasificar instrumentos Lean manufacturing que pueden ser utilizados en los procesos de eliminación de desperdicios dentro de la fabricación de empaques flexibles de manera sistemática y lógica, haciendo la selección de los instrumentos de fácil implementación para las organizaciones. Es importante tener en consideración la adquisición de un software que facilite los análisis dentro de los procesos de implementación y control, lo que sería sumamente útil sobre los controles de la planta. Este esquema de clasificación puede reducir el mal uso de instrumentos métrico o su aplicación en la identificación de aquellos procesos que requieren intervención, al mismo tiempo este documento hará más fácil para quienes están interesados en generar investigaciones adicionales en los procesos de producción de empaques flexibles para clasificar y entender los diferentes puntos a tener en cuenta identificación de problemas en la fabricación y luego genera bases que desarrollará los instrumentos apropiados para atacar estos problemas con eficacia. Usando esta clasificación se puede fácilmente identificar la naturaleza de un instrumento o un problema de la fabricación, incluyendo la ubicación apropiada de aplicación en la organización, para generarla clasificación que permite unir problemas de aplicación para los instrumentos apropiados y poder obtener la solución de los problemas detectados.

Bibliografía

- Abdelmalek, F., Rajgopal, J., necesitados, K.L., 2006. Un modelo de clasificación para la industria de proceso para orientar la aplicación de lean. *Gestión de ingeniería oficial* 18 (1), 15-25.
- Abdullah, F., Rajgopal, J., 2003. Lean manufacturing en la industria de procesos. Actas del IIE de la Conferencia de investigación, CD-ROM, Portland, OR, el IIE, Norcross, GA.
- Abdullah, F., Rajgopal, J., necesitados, K.L., 2002. Una taxonomía de la industria de procesos con el fin de lean manufacturing. Actas de la Sociedad Americana para la gestión de ingeniería, Tampa, FL., pp. 314-321.
- Ahmad, M., Dhafr, N., Benson, R. Burgess, B., 2005. Modelo teórico para el establecimiento de metas en el plano de planta de fabricación de productos químicos de especialidad en las organizaciones. *Robótica y Computer-Integrated Manufacturing* 21 (4-5), 291-400.
- Billesbach, J.T., 1994. Aplicar los principios de producción lean a una planta de proceso. *Producción y gestión del inventario oficial*, tercer trimestre 40-44.
- Cook, R.C., Rogowski, R.A., 1996. "aplicar principios JIT al proceso continuo de fabricación de cadenas de suministro. La producción y gestión de inventario oficial, Primer trimestre 12-16.
- Detty, R.B., Yingling, J.C., 2000. Cuantificación de los beneficios de la conversión a lean manufacturing con eventos discretos de simulación: un estudio de caso. *Revista Internacional de Investigación sobre la producción* de 38 (2), 429-445.
- Feld, W.M., 2000. *Lean Manufacturing: Herramientas, técnicas y cómo utilizarlos*. La St. Lucie Press, Londres.
- Ley, A.M., Kelton, W.D., 1991. *Modelos de simulación y análisis*, segunda ed. McGraw-Hill, Nueva York.

- Ljungberg, O., 1998. Medición de la eficiencia general de los equipos como base para actividades de TPM. Revista Internacional de operación y gestión de la producción 18 (5), 495-507.
- Marek, R. Elkins, D.A., Smith, D.R., 2001. Comprensión de los fundamentos de Kanban y CONWIP tirar sistemas mediante simulación. Actas de la Conferencia de simulación de Invierno 2001, pp. 921-929.
- McDonald, T. Van Aken, E.M., rentes, A.F., 2002. Utilizar la simulación para mejorar el mapa de flujo de valor: la fabrica- ción de un caso de aplicación. Revista Internacional de Logística: Investigación y Aplicaciones 5 (2), 213-232.
- Melton, T., 2005. Los beneficios de la manufactura esbelta: lo que tiene que ofrecer el pensamiento lean las industrias de procesos. Investigación y diseño de ingeniería química 83 (A6), 662-673.
- Monden, Y., 1998. El Sistema de Producción Toyota, un enfoque integrado de Just-In-Time, tercera ed. Engineering & Aguaè Pulse, Norcross, Georgia.
- Nahmias, S. 2001. Análisis de producción y operaciones, cuarto ed. McGraw Hill, Nueva York.