

Trabajo de grado en modalidad de aplicación

[181006] PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA KEPIS DE COLOMBIA CON HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Angie Lucia Celis Rincón^{a,c} , Sandra Ximena Fernández
Ortega^{a,c} ,

Adriana del Pilar Díaz Manrique^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesora, Adriana del Pilar Díaz Manrique, Directora del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Resumen de diseño en Ingeniería

This thesis is carried out in the Kepis of Colombia Company, which is the Kepis-type cap manufacturer for the private and public sector, focus on private security and Colombian military forces. The problems that the company presents in the manufacturing process of the Private Security Kepis are addressed, where there is a low productivity associated with different problems, such as the overload of activities for the same operator, the distance of routes between jobs and idle times of the workers due to delays or imperfections. For this is the reason is created an improvement plan of the production process of the product selected: Private security Kepis, through the implementation of Lean Manufacturing tools (Heijunka, 5's, Layout, Visual Management Boards and VSM), which allow the management and control of the related processes to increase productivity and decrease the amount of waste. Likewise, the simulation is built in "Flexsim" in order to evaluate the impact of the improvement of this project. As a result, this thesis will allow the company to minimize time, transport and bottlenecks, as well as achieve greater productivity and standardization of processes so that Kepis de Colombia is increasingly competitive.

Key Words: Productivity, Lean Manufacturing, waste, bottleneck, competitive, manufacturing Company.

1. Justificación y planteamiento del problema

Kepis de Colombia es una empresa colombiana constituida en 1998 que presta servicios de confección y comercialización de gorras tipo Kepis para todo el sector de seguridad privada, Fuerzas Militares de Colombia (Ejército Nacional, Armada Nacional, Fuerza Aérea, Policía Nacional) según las diferentes normas de diseño que dispone cada una de ellas para el diseño del producto. Actualmente, la empresa cuenta con 13 empleados y se encuentra altamente posicionada en la industria textil de Colombia debido a sus ventas y cantidad de clientes. En los 7 años después de su constitución, la empresa se especializa en la calidad del producto principal de tal forma que hoy en día se manejan más de 20 clientes, en su mayoría empresas de seguridad privada con un avance tecnológico importante en su maquinaria, que han permitido el cumplimiento y lealtad de sus clientes. La empresa produce según pedido por cliente los siguientes productos contenidos en la Ilustración 1

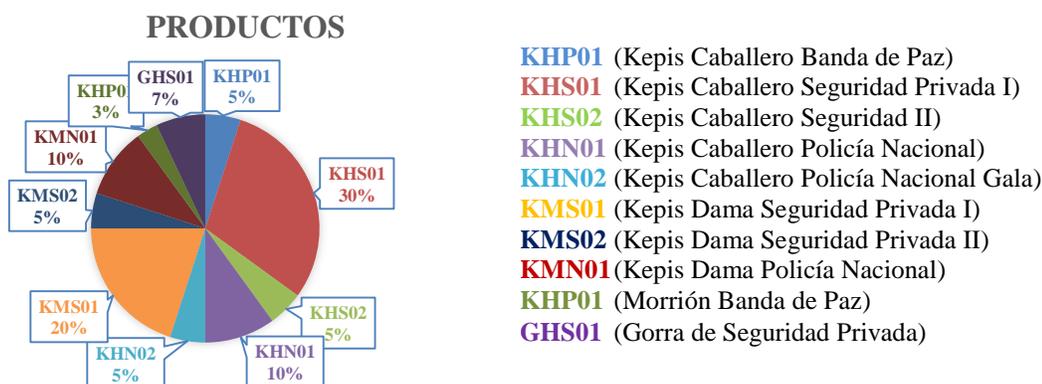
Ilustración 1 Portafolio de Productos Kepis de Colombia.



Como se observa en la Gráfica 1, el producto con mayor producción en la empresa es la referencia KHS01 que corresponde al Kepis Caballero Seguridad Privada I, que presenta el 30% de la producción total anual. En segundo lugar, se encuentra la referencia KMS01 correspondiente al Kepis Dama Seguridad Privada I, con el 20% de producción total anual. Dado que la empresa produce por pedido, la mayoría de clientes solicitan este tipo de producto y los contratos de fabricación de Kepis para las fuerzas armadas y policía nacional se realizan por medio de licitación a principio de año, no es posible evidenciar el proceso de otro tipo de producto diferente al de seguridad privada, pues además en el año 2018 la empresa no ganó licitaciones.

Fuente: Construcción de los Autores

Gráfica 1. Porcentaje de producción de productos



Fuente: Construcción de los Autores

Con el fin de seleccionar uno de los productos que fabrica la empresa para el desarrollo de la propuesta de mejora, se define el producto Kepis de seguridad como el producto objetivo, como ya se había mencionado es este el que presenta mayor producción teniendo en cuenta los porcentajes de producción anteriormente mencionados. Adicionalmente, en una entrevista con el gerente general de la empresa se afirma que el problema más significativo en el proceso de producción de dicho producto es la productividad, ya que él ha evidenciado una gran cantidad de reprocesos por fallas de calidad.

Con base en a las observaciones y los comentarios mencionados por el Gerente General, se encuentra la necesidad de revisar los procesos cuello de botella que generan demoras y errores continuos en las operaciones. Se debe realizar un enfoque en el mejoramiento y en la optimización de los procesos que determine la reducción de tiempos y desperdicios en estos. En el proceso de elaboración del producto es necesario identificar cómo se va a realizar cada uno de los elementos que conforman el Kepis teniendo en cuenta todas las operaciones necesarias en el proceso de manufactura mediante la unión más eficiente de los elementos, la simplificación del maquinado y del ensamblado, entre otras (Niebel, 2009).

La productividad es uno de los aspectos de vital importancia en una organización, ya que permite conseguir ingresos, crecimiento y posicionamiento. Es imprescindible medir y monitorear de forma continua la actividad mediante el indicador de productividad. Para evaluar la productividad del proceso de producción del producto estrella, se definió su indicador de la siguiente manera:

$$Productividad = Eficiencia * Eficacia$$

$$Eficiencia = \frac{Tiempo Real}{Tiempo Disponible}$$

1 turno = 9 horas

Tiempo Disponible: 9 Horas = 540 min

Tiempo de Descanso: 15 min

Tiempo Productivo: 525 min

La gerencia ha determinado que una unidad de Kepis debe estar hecho en 2.62 minutos gracias al cálculo 525 (tiempo disponible) / 200 (unidades esperadas). Sin embargo, se realizó la medición de tiempos para obtener un valor preciso de producción de una unidad, y se obtiene que los operarios se demoran 4,67 minutos en sacar 1 unidad y por lo tanto se presenta un tiempo perdido de 2.05 minutos por Kepis.

Tiempo Perdido:

Unidades Esperadas: 200 Kepis en 525 minutos

Unidades Producidas reales: 112.4 Kepis en 525 minutos

Tiempo perdido: $87.58 \text{ Kepis} * 2.62 = 229.46$ Minutos Perdidos

$$\text{Eficiencia} = \frac{(525 \text{ min} - 229.46)}{525 \text{ min}} = \frac{295.05}{525} = 56.20\%$$

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidades Esperadas}}$$

$$\text{Eficacia} = \frac{112,4}{200} = 56.20\%$$

$$\text{Productividad} = 56,20\% * 56,20\% = 31,58\%$$

Adicionalmente el autor (Niebel, 2009) afirma que “la mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida”. De esta forma se calcula el índice de producción actual para posteriormente ser comparado con los resultados que se obtengan al final de este trabajo.

$$\text{Índice de producción} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Recursos utilizados (horas)}}$$

$$\text{Índice de producción} = \frac{112,4}{(13 \text{ empleados} * 9 \text{ horas}) - 15 \text{ minutos descanso}} = \frac{112,4}{117 - 0,25}$$

$$\text{Índice de producción} = \frac{112,4}{116,75} = 0,96 \text{ unidades/hora} - \text{recurso}$$

Teniendo en cuenta el resultado obtenido en el indicador de productividad, se define como problemática que esta está por debajo de la meta que tiene el gerente; actualmente es de 31,58% mientras el gerente general espera una productividad de al menos 70%.

Se realizó un diagrama Causa Efecto (Ver **Anexo 1**) con el fin de identificar las principales problemáticas teniendo en cuenta las solicitudes de la gerencia y las observaciones realizadas, los autores definen como problemática la baja productividad del proceso de producción del producto seleccionado anteriormente (Kepis de Seguridad), la raíz que mayor cantidad de espinas presente es la causa raíz del problema planteado, según el diagrama es el método (procedimiento que los trabajadores llevan a cabo en el proceso de producción del producto) la cual presenta problemas actualmente como desorden en las operaciones, falta de estandarización, calidad del producto terminado y demoras en operaciones.

Dada la baja productividad que se presenta en el proceso de fabricación del producto Kepis de seguridad es necesario identificar los procesos cuellos de botella mediante el Diagrama de PERT o ruta crítica, debido a que no existe un balanceo de línea por esta razón el producto no fluye de forma continua de una operación a otra porque se presenta más trabajo del que se puede hacer en una estación de trabajo en el tiempo del ciclo. Para el desarrollo de la ruta crítica fue necesaria la elaboración del diagrama de operaciones (ver **Anexo 2**) en donde se registran actividades de operación e inspección y sus respectivos tiempos que se obtuvieron mediante el método de estudio de tiempos (ver **Anexo 3**) que se basa en el establecimiento de estándares de tiempo permitido para realizar una tarea dada, con los suplementos u holguras por fatiga y por retrasos personales e inevitables (Niebel, 2009).

La determinación de la cantidad de ciclos que se van a estudiar para llegar a un estándar equitativo ha sido establecida por General Electric Company en la tabla 1 como una guía aproximada para el número de ciclos que se deben observar.

Tabla 1. Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de Ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Información tomada de *Time Study Manual de los Erie Works de General Electric Company*, desarrollados bajo la guía de Albert E. Shaw, gerente de administración del salario.

Según Niebel en su libro métodos estándares y diseños del trabajo (2009) podemos evidenciar el siguiente procedimiento para este tipo de casos:

Es posible establecer un número más exacto mediante el uso de métodos estadísticos. Como el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones se distribuyen normalmente respecto a una media poblacional desconocida con una varianza desconocida. Si se usa la media muestral \bar{x} y la desviación estándar muestral s , la distribución normal para una muestra grande lleva al siguiente intervalo de confianza:

$$\bar{x} \pm \frac{zS}{\sqrt{n}}$$

Donde:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Sin embargo, los estudios de tiempos suelen involucrar sólo muestras pequeñas ($n < 30$); por lo tanto, debe usarse una distribución t. Entonces la ecuación del intervalo de confianza es

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

El término \pm puede considerarse un término de error expresado como una fracción de \bar{x} :

$$k\bar{x} = ts/\sqrt{n}$$

donde k = una fracción aceptable de \bar{x} .

Despejando n se obtiene

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}}\right)^2$$

Los resultados de tiempos estándares para este trabajo cuentan con valor de confianza del 90%, y presenta sus valores en una distribución normal con media y desviación estándar los cuales serán utilizados en la sección 4.3.1. Simulación de las propuestas.

En el **Anexo 4** se presenta la ruta crítica del proceso productivo de la empresa Kepis de Colombia en donde se identifican las operaciones cuello de botella, las cuales generan problemas en la productividad de la empresa dado que su realización no permite flexibilidad en tiempo ya que su holgura es de 0, es decir, que la ocurrencia de estos eventos no puede tardarse pues se retrasaría la finalización del proceso de producción. Dichas operaciones se ilustran en la Tabla 2.

Tabla 2. Ruta crítica procesos Kepis de Seguridad

Operación	Duración (Minutos)
Cortar Tela	0,10
Fusionar	0,59
Troquelar tela con fusionado	0,13
Coser cascos	0,86
Unir faja a cascos	1,09
Pespuntar	0,12
Unir faja, cascos y plato	0,80
Introducir alambre al interior del gorro	0,63
Coser tira de polietileno al interior del gorro	0,28
Adherir gancho	1,18
Asegurar gancho delantero	1,19
Rellenar gorro	3,14
Coser forro a gorra	0,33
Coser visera a gorro	0,35
Remover exceso de forro	0,95
Sellar extremos de tafilete	0,45
Cortar residuos de hilo	3,28
Empacar	0

Fuente: Construcción de los Autores

La Tabla 2 permite observar que la operación cortar residuos de hilo presenta la duración más alta en operaciones de la ruta crítica, sustentando así las observaciones presentadas por el gerente general y concluyendo que este problema afecta la productividad de la línea de producción del Kepis de Seguridad y es una de las operaciones cuello de botella junto con rellenar gorro.

De la entrevista con el Gerente General y con la aplicación de herramientas como el diagrama de causa y efecto, medición de tiempos estándar, diagrama de operaciones y diagrama de ruta crítica se encuentra que la empresa tiene baja productividad que se debe a los cuellos de botella, reprocesos, método de producción y recorridos innecesarios; para poder mejorar la productividad se debe intervenir en los procesos actuales de la empresa con el fin de eliminar las operaciones que no están agregando valor al proceso productivo y aumentar el valor de cada actividad reduciendo demoras y desperdicios por medio de la aplicación de diferentes herramientas de Lean Manufacturing al proceso de elaboración del producto Kepis de seguridad en la empresa para así obtener mejoras tangibles, medibles y significativas. Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo que funciona como un sistema integrado socio-tecnológico para el mejoramiento de procesos cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al cliente (Tejeda, 2011).

Es importante mencionar que además de la producción realizada dentro de la empresa por los 13 empleados que se encuentran contratados se manejan contratos de producción con 5 empresas satélites que fabrican 150 unidades totales diarias, es decir que el producto entregado al cliente diariamente corresponden a las 112 unidades producidas internamente en la empresa más las 150 que adquieren por medio de los satélites, sin embargo, de estas pasan la revisión aproximadamente 100, para un total del 212 unidades, dado que estas unidades son fabricadas por pedido, el gerente general debe dar una fecha estimada de entrega final de la orden de producción haciendo el cálculo de las unidades solicitadas en la orden dividido la cantidad máxima de kepis que puede producir diaria, de esta forma es posible comprometerse únicamente con 1 contrato a la vez. Teniendo en cuenta que la empresa es la única encargada de la fabricación de este tipo de implemento de dotación en Bogotá y cuenta con una alta demanda de contratos.

Lean Manufacturing cuenta con varias herramientas que pueden abarcar de manera integrada la problemática presentada en la empresa porque con el uso de ellas se puede reducir desperdicios y mejorar diferentes indicadores de gestión (tiempo de entrega, calidad de los productos, cumplimiento de pedidos, volúmenes de inventarios, etc. (Arrieta Posada & Botero Herrera).

Con base en la información encontrada, este trabajo busca responder la siguiente pregunta: *¿Cómo se puede mejorar la productividad del proceso de producción de un producto en una empresa del sector textil?*

2. Antecedentes

Para este proyecto se consultaron diferentes trabajos que se han elaborado entorno al mejoramiento de la productividad en diferentes industrias aplicando diferentes herramientas con el fin de obtener una mejora continua de los procesos, además de disminución de inventarios, reducción de tiempos muertos, menos desperdicios, bajos costos, eficiencia en la mano de obra, aumento de las unidades de producción, etc.

Con el fin de mejorar la productividad en empresas de manufactura, los analistas de métodos utilizan el análisis de operaciones para estudiar todos los elementos productivos y no productivos de una operación, incrementar la productividad por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios con el fin de conservar o mejorar la calidad (Niebel, 2009).

A continuación, se presenta en la Tabla 3 el consolidado de investigación de proyectos donde mejoran la productividad con distintas herramientas de Lean Manufacturing en diferentes escenarios con lo cual se valida su amplia aplicabilidad y se evidencia cómo se ha dado solución a diferentes problemáticas que herramienta ha contribuido a la solución y los resultados obtenidos.

Tabla 3. Investigación de Antecedentes.

Autores de la Tesis	Problemática	Herramienta de Solución	Resultados
(Mejía Carrera, 2013)	Desorden en el área de producción, alto tiempo de búsqueda de herramientas, tiempos de parada de máquina altos del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil.	Uso de herramientas de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) - 5S's acompañada de mantenimiento autónomo - SMED	Se logró una mejora en el proceso productivo en un 33%. Incremento de la eficiencia de las líneas de confección. Mejora de las condiciones de trabajo y planificación de las ordenes de fabricación.
(Erazo Delacruz & Infante Diaz, 2013)	Productividad de la línea de camisas interiores en una empresa de confecciones.	Se implementa Balanceo de Línea y las siguientes herramientas de Lean Manufacturing: - 5S's - Kaizen	Disminución de inventario en proceso. Reducción de tiempos muertos y desperdicios. Aumento de la producción. Reducción de costos. Aumento de la productividad en un 48%, número de estaciones en 2 unidades, los tiempos muertos en un 8% sin necesidad de aumentar el personal operativo de esta línea de producción.
(Gacharná Sánchez & González Negrete, 2013)	El proyecto tiene como problemática principal el retraso en las entregas a clientes. Luego de la implementación de las herramientas de Lean para conocer detalladamente el estado actual encontraron los siguientes problemas. - Falta de planeación de la producción. - Falta de definición de actividades en cada etapa del proceso. - Exceso de inventario (producto en proceso). - Exceso de actividades de valor no agregado - Plan de mantenimiento de máquinas deficiente - Paros en la producción y demoras por problemas en las maquinas.	Para el conocimiento del estado actual de la empresa se aplicaron las siguientes herramientas de Lean Manufacturing: - VSM - 5S's - Mantenimiento Productivo Total (TPM) - Manufactura Celular De acuerdo a los problemas que identificaron realizaron las herramientas de lean manufacturing que más se enfocaran en dichos problemas, estas son: - MPT - Manufactura Celular - 5's	Reducción del 12% de tiempo de producción semanal. Disminución de al menos el 30% del tiempo muerto de las máquinas. Reducción en un 20% el tiempo de ensamble (proceso cuello de botella).

Autores de la Tesis	Problemática	Herramienta de Solución	Resultados
	<ul style="list-style-type: none"> - No hay una utilización óptima de los recursos (personas, espacios y materiales) - No existe un orden de trabajo establecido - Personal especialista en solamente un proceso 	<ul style="list-style-type: none"> - Kanban - Jidoka. 	
(Alvarez Aguirre, 2014)	<p>Tomando como caso de estudio una microempresa de dulce de leche.</p> <p>desperdicios entre los eslabones de su cadena de suministro</p> <p>Tiempos de espera altos</p> <p>Defectos en el producto</p> <p>Eficiencia de mano de obra</p>	<ul style="list-style-type: none"> - TOC - Tableros de gestión visual - TPM 	<p>Por medio de una simulación se obtiene el análisis de datos de la influencia de los tres factores de estudio (herramientas Lean Manufacturing (LM)), sobre una o más variables.</p> <p>Se obtuvieron resultados eliminando tiempos de espera con un incremento del 51.55% en la productividad, mejorando la eficiencia de la mano de obra con un incremento de 29.25% y finalmente interviniendo en la muda de defectos se logra un 2.87% de incremento adicional.</p>
(López, Villa, & Niño, 2016)	<p>Se abordan los problemas que presenta el taller a la hora de realizar servicios de mantenimiento a las aeronaves MD H500 Series, donde se presenta un manejo improvisado de las actividades que se llevan a cabo, desconocimiento de los costos en los que se incurren por la falta de estandarización de los procesos y las demoras en los tiempos del servicio de mantenimiento.</p>	<p>Lean manufacturing</p> <ul style="list-style-type: none"> - 7 mudas - VSM - 5's - Planes de Kaizen - Justo a tiempo 	<p>Beneficio de tiempo del 47% en las labores administrativas y de un 40% en las labores operativas, así mismo logró abastecer el total de los recursos para dicha actividad.</p> <p>La implementación de diferentes metodologías de Lean Manufacturing sirvieron para mejorar los procesos y crear un mejor ambiente laboral en la empresa.</p>

Fuente Construcción de autores

Las empresas en los diferentes sectores industriales están obteniendo grandes ganancias con la implementación y metodología de Lean Thinking a través de una mejor productividad, mejor calidad, plazos de entrega más cortos, menos inventario y un mejor flujo de caja. Estas ganancias no están restringidas a entornos de fabricación repetitivos, como la industria automotriz, donde comenzó Lean. Diferentes empresas pueden realizar sus ajustes para sus entornos no repetitivos. Independientemente del tipo de industria, es importante darse cuenta de que las técnicas de Lean, como “changeover reduction”, “mistake-proofing” y Kaizen, etc., deben aplicarse como parte de un sistema de producción eficiente que les brinda a los clientes lo que desean, cuando lo quieran, al menor costo y con la mejor calidad. Cuando los gerentes seleccionan las técnicas de Lean Manufacturing aisladas para aplicar, implementan solo partes y piezas de bajo rendimiento y cosechan solo beneficios parciales (Marchwinski, 2003).

Dentro de la empresa Kepis de Colombia se han desarrollado modificaciones para mejorar la productividad, tales como cambio de personal y una constante redistribución de planta. Sin embargo, no se han tomado en cuenta cálculos de tiempos y movimientos para realizar estas adecuaciones y, por el contrario, se han realizado a partir de destinar un mayor espacio al almacenamiento de inventario y productos semi-terminados.

Como menciona Palacios Acero en su libro de Ingeniería de Métodos movimientos y tiempos “para obtener resultados satisfactorios en una empresa que presenta baja productividad es necesario implementar un estudio de tiempos y movimientos. Estos estudios pueden ayudar a reducir costos y aumentar la productividad, resaltando que las variables que afectan el rendimiento de una empresa son los procesos, la actividad, el equipo, la ubicación, el puesto, la remuneración, la dirección, el ambiente, la calidad, los movimientos y el abastecimiento”. (Palacios Acero, 2012).

De acuerdo con la Tabla 3 se concluye que por medio de la implementación de Lean manufacturing es posible el aumento de la productividad de los procesos de la empresa, así como la disminución de los desperdicios y es por esto que se han implementado estas herramientas para dar solución al problema actual resumido en la baja productividad del proceso de producción de Kepis de Seguridad.

3. Objetivos

Elaborar un plan de mejora del proceso de producción de Kepis de seguridad mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing que permitan el manejo y control de los procesos involucrados para aumentar la productividad de la empresa.

Objetivos Específicos

- Elaborar un diagnóstico de la situación del sistema productivo actual identificando desperdicios y áreas de oportunidad.
- Seleccionar herramientas de Lean Manufacturing según el diagnóstico con el fin de diseñar propuestas para mejorar la productividad de la empresa.
- Simular las propuestas escogidas y evaluar el impacto de la propuesta (Productividad, financiera y desperdicios).

4. Desarrollo del proyecto

4.1. Objetivo Específico 1: Elaborar un diagnóstico de la situación del sistema productivo actual identificando desperdicio y áreas de oportunidad

4.1.1. Metodología

Para realizar un diagnóstico de flujo de materiales e información dentro del proceso de producción y con el fin de identificar las áreas de oportunidad se utiliza Lean Manufacturing que cuenta con una herramienta de diagnóstico que se llama “Mapa de Cadena de valor (VSM por sus siglas en inglés)”, esta herramienta consiste en la identificación de las acciones requeridas para diseñar y fabricar un determinado producto y permite diagramar de manera sencilla y clara el flujo de materiales e información dentro del proceso de producción. (Tejeda, 2011)

4.1.2. Resultado

Se desarrolla el VSM del estado actual (**Anexo 5**) que ilustra los procesos tal como funcionan actualmente. Esto es muy importante porque permite entender las necesidades y conocer dónde se encuentran las oportunidades de mejora.

En el VSM del estado actual se identifican los desperdicios y áreas de oportunidad y se elabora un VSM nuevo que será llamado VSM oportunidades de mejora (**Anexo 6**), el cual permite conocer las áreas que se encuentran presentando dificultades por motivo de demoras, inventario, sobre proceso y demás desperdicios. En la Tabla 4 se presentan las oportunidades de mejora que se encontraron, con el tipo de desperdicio y el área o actividad, así como la consecuencia directa de esta problemática.

Tabla 4. Oportunidades de mejora

Oportunidad de mejora	Tipo de desperdicio	Área o estación de Trabajo donde se observa	Consecuencia
Esperas por insumos y suministros que paran las operaciones.	Esperas	Todas las operaciones	- Demora en la terminación de la producción
	Inventarios		- Ineficiencia en la línea
Desorden en los puestos de trabajo	Movimientos	Todas las operaciones	- Demora en la terminación de la producción
	Defectos		- Ineficiencia en la línea
	Inventarios		

Alto inventario en proceso en la operación.	Esperas	Rellenar Gorra Cortar residuos de hilo	- Demora en la terminación de la producción - Ineficiencia en la línea - Impide el flujo continuo
	Inventarios		
Demoras en tiempos de alistamiento.	Esperas	Todas las operaciones	- Demora en la terminación de la producción - Ineficiencia en la línea
Falta de Balanceo de la Línea	Esperas	Todas las operaciones	- Demora en la terminación de la producción - Ineficiencia en la línea
	Inventarios		
Transporte de materiales e insumos del área de corte y troqueladora al área de confección	Esperas	Área de Corte	- Paros en el área de confección - Ineficiencia en la línea - Demora en la terminación de la producción
	Transporte	Área de Troqueladora	
	Inventarios	Todas las operaciones	
No hay información real, a tiempo y oportuna sobre la producción	Sobreproducción	Todas las operaciones	- Bajo rendimiento de los operarios - Sobreproducción
	Inventarios		

Fuente. Construcción de autores.

4.2. Objetivo Específico 2: Seleccionar herramientas de Lean Manufacturing según diagnóstico con el fin de diseñar propuestas para mejorar la productividad de la empresa.

4.2.1. Metodología

Luego de tener claridad sobre las áreas de oportunidad presentes en el proceso, el lugar donde se evidencian el tipo de desperdicio al cual están asociadas, fue necesario realizar una priorización con el fin de conocer cuáles de estos son los que mayor impacto tienen sobre el proceso. Con concepto del Gerente General y de los autores se evaluó cada área de oportunidad con un número de prioridad de riesgo (NPR) a través de los índices de severidad, ocurrencia y detección, como se aprecia en la Tabla 5.

Tabla 5. Priorización de las áreas de oportunidad

No.	Área de Oportunidad de mejora	1	2	3	NPR= 1*2*3	% Total	% Acumulado
		Severidad	Ocurrencia	Detección			
A	Alto inventario en proceso en las operaciones "Rellenar Gorra" y "Cortar Residuos".	10	10	10	1.000	23%	23%
B	Falta de Balanceo de la Línea.	9	10	10	900	20%	43%
C	Desorden en los puestos de trabajo.	8	9	10	720	16%	59%
D	No hay información real, a tiempo y oportuna sobre la producción.	6	10	9	540	12%	71%
E	Transporte de materiales e insumos del área de corte y troqueladora al área de confección.	6	10	8	480	11%	82%
F	Demoras en tiempos de alistamiento.	5	9	10	450	10%	92%
G	Esperas por insumos y suministros que paran las operaciones.	7	7	7	343	8%	100%
Σ					4.433	100%	

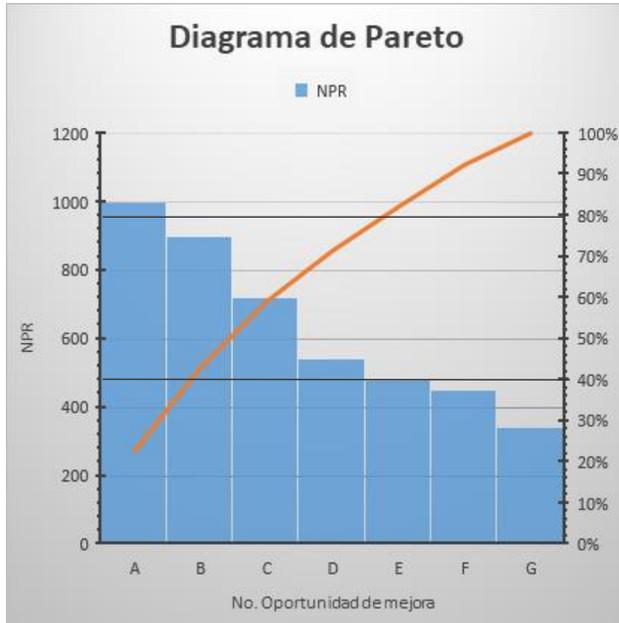
Fuente: Construcción de los Autores

Nota: Para estimar el grado de severidad se tuvo en cuenta el margen de gravedad que la oportunidad de mejora acarrea utilizando una escala del 1 al 10 en donde 1 indica una consecuencia sin efecto y 10 una consecuencia grave. Ocurrencia a la frecuencia con la que se manifiesta el problema y detección a la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente. Para calcular el NPR de cada oportunidad de mejora se multiplica severidad, ocurrencia y detección de cada una. Fuente Construcción de autores.

Para la identificación de las herramientas más adecuadas a utilizar para diseñar las propuestas de mejora en este proyecto, los autores se enfocaron en las áreas de oportunidad que más impacto tienen sobre el proceso. Para esto se decidió realizar un Diagrama de Pareto con el fin de establecer cuáles son estas áreas de oportunidad.

Para la construcción del diagrama de Pareto se tuvo en cuenta el número de prioridad de riesgo (NPR) que se le había asignado a cada área de oportunidad en la Tabla 5, el porcentaje de participación que tuvo cada NPR dentro del total y el porcentaje acumulado del total. Además de esto, se nombraron las áreas de oportunidad para facilitar su identificación. El Diagrama de Pareto se puede evidenciar en la Gráfica 2.

Gráfica 2 Diagrama de Pareto áreas de oportunidad



Fuente Construcción de autores

Según muestra el diagrama de Pareto, el 80% del total del impacto se encuentra en las áreas de oportunidad A, B, C y D, por lo tanto, será en estas donde se centrarán las propuestas de mejora. La Tabla 6 muestra las áreas de oportunidad con las herramientas que serían útiles para mejorarlas.

Una vez identificadas las causas que se deben atacar en cuanto a nivel gerencial para la implementación de herramientas, se enumera para cada área de oportunidad las posibles herramientas propias de Lean Manufacturing que puedan llegar a dar solución a cada una de ellas. En el **Anexo 7** se presenta la utilidad de cada herramienta y los desperdicios que mejora, para luego identificar qué herramientas con su implementación causarían un mayor impacto en la organización de acuerdo con la importancia de cada problema.

Tabla 6. Selección Herramientas Lean Manufacturing

Herramientas		Kaizen	5's	Kanban	Tableros de gestión visual	SMED	TPM	Estandarización de Trabajo	Poka-Yoke	Layout	Poltivalencia	Just in time	Heijunka
Área de Oportunidad													
A	Alto inventario en proceso en las operaciones "Rellenar Gorra" y "Cortar Residuos"	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
B	Falta de Balanceo de la Línea	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
C	Desorden en los puestos de trabajo	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
D	No hay información real, a tiempo y oportuna sobre la producción	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Σ		1	3	1	2	1	0	1	1	2	1	1	3

Fuente: Construcción de los Autores

Nota: Teniendo en cuenta revisión bibliográfica de cada una de las herramientas, se asigna el valor de 1 en la casilla de la herramienta que genera impacto en el área de oportunidad mencionada y cero si no genera ningún tipo de impacto. Fuente: Construcción de autores.

A través de asociación de los desperdicios con las áreas de oportunidad y la relación que tiene cada una de las herramientas Lean para atacar cada uno de los desperdicios, los investigadores establecieron las herramientas más prácticas e idóneas aplicables a las áreas de oportunidad y los defectos identificados que se pueden apreciar en la Tabla 7:

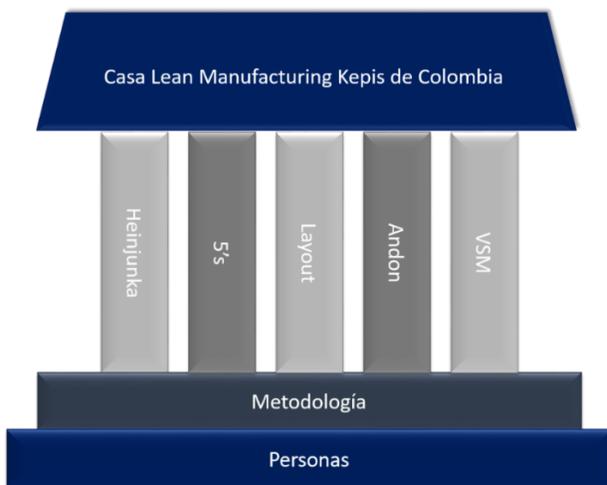
Tabla 7. Herramientas a utilizar Lean Manufacturing

No.	Área de Oportunidad de mejora	Tipo de desperdicio	Herramientas a utilizar
A	Alto inventario en proceso en las operaciones "Rellenar Gorra" y "Cortar Residuos"	Esperas	5's, Layout, Heijunka.
		Inventarios	
B	Falta de Balanceo de la Línea	Esperas	Tableros de gestión visual, Heijunka.
		Inventarios	
C	Desorden en los puestos de trabajo	Movimientos	5's, Layout.
		Defectos	
		Inventarios	
D	No hay información real, a tiempo y oportuna sobre la producción	Sobreproducción	5's, Tableros de gestión visual, Heijunka.
		Inventarios	

Fuente. Construcción de autores

En resumen, las herramientas que se recomiendan para su futura implementación son: **Heijunka, 5'S, Layout, y Tableros de gestión visual**, obtenidas por medio del VSM y así elaborar la casa Lean Kepis de Colombia que se presenta en la ilustración 2.

Ilustración 2. Casa Lean Manufacturing Kepis de Colombia



Fuente. Construcción de autores

4.2.2. Resultados herramientas Lean Manufacturing aplicadas.

4.2.2.1. Heijunka

“Heijunka es un método de planificación de la producción que distribuye uniformemente el volumen de producción y la variedad de producción sobre el tiempo de producción disponible. Evita que las operaciones precedentes experimenten una carga de trabajo desigual y facilita el proceso de planificación” (Motwani J. G. Otero L. A, 1999).

En el **Anexo 8** se encuentra el documento soporte de los datos, cálculos y resultados tenidos en cuenta en este apartado. A continuación, podrá encontrar los resultados sobresalientes de la herramienta.

Para mejorar el alto inventario en las estaciones y la falta de balance de la línea productiva se aplica el método de balanceo de línea de **Kibridge & Westerel** cual consiste en el proceso de asignación de tareas a estaciones de manera ordenada, buscando obtener tiempos menores o iguales a la duración del ciclo de producción, para cada estación de trabajo (Universidad San Pedro, 2017).

La fórmula del cálculo de la duración del ciclo de producción se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ciclo de Producción} = \frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Producción esperada diaria}}$$

En el momento la empresa cuenta con 9 horas de trabajo y 1 descanso de 15 minutos para un total de 31500 segundos productivos, la demanda actualmente es calculada por la capacidad de producción de los operarios, que el gerente general ha estimado a una cantidad de 200 kepis al día. Sin embargo, la producción real ha sido de 112.4 unidades/día en promedio. La aplicación de la herramienta permite estimar una cantidad de producción para el cálculo del Tack time o Ciclo de producción.

El análisis de la cantidad de pedidos rechazados es posible evidenciarla con la información histórica de empresas a las cuales Kepis de Colombia les ha fabricado este producto como se observa en la tabla 8, y teniendo en cuenta que existen clientes con pedidos mínimos entre 5500 a 6000 unidades de forma que con la capacidad de producción actual se tardan mínimo 26 días hábiles en terminar el pedido, es decir más 1 mes y otros de menor cantidad que permiten aceptar 4 pedidos mensuales con cantidades mínimas de 1200 unidades, correspondiente a una producción diaria de mínimo 200 unidades a 300 unidades máximo. Dado que la empresa ha tenido contratos con más de 40 empresas y que estas solicitan este producto 1 vez al año y sin incluir los contratos generados anualmente a partir de la participación en una licitación con el estado se puede concluir que están rechazando pedidos gracias a su capacidad de producción y baja productividad ya que máximo es posible aceptar entre 15 a 18 empresas según el histórico.

Tabla 8. Histórico de pedidos por empresa

#	Empresa	Nit	Cantidad Solicitada	#	Empresa	Nit	Cantidad Solicitada
1	A & G Seguridad Ltda	830092515-6	2400	23	Pakint seguridad ltlda	800015561-8	2250
2	Alerta seguridad privada ltlda	860403195-8	1400	24	Prisma compañía de seguridad ltlda	830095166-2	2100
3	Alpha seguridad privada	860051945-3	2000	25	Prosegur	830105349-8	1860
4	Amcovit ltlda	860011268-4	1800	26	Real Security ltlda	800236033-9	2300
5	Anse ltlda	830071567-9	1600	27	Securitas	860023264-7	10000
6	Antares seguridad privada	830034499-9	2100	28	Seguridad Atempí	860074752-8	1600
7	Atlas	890312749-6	9500	29	Seguridad Atlantis	900012227-1	1750
8	Autentica Seguridad ltlda.	800138597-0	1600	30	Seguridad central ltlda	860514568-8	1920
9	Bristol security ltlda.	900199173-5	2000	31	Seguridad el progreso ltlda	830094607-4	1380
10	Buho seguridad ltlda	860404674-9	2020	32	Seguridad oriental ltlda	830076099-6	1950
11	Colviseg ltlda	860090721-7	1850	33	Seguridad permanente ltlda	830072871-8	2246
12	Compañía de vigilancia PPH ltlda	830100582-5	1600	34	Seguridad Q.A.P. ltlda	800240109-5	1692
13	Compañía de vigilancia y seguridad privada azimuth ltlda.	800129890-6	1850	35	Seguridad ROHEN	900140467-0	1786
14	Covisur	891502104-5	1450	36	Seguridad superior	860066946-6	1835
15	Marnell security ltlda	800031930-1	2300	37	Servision de Colombia y Cia ltlda	860450780-7	1474
16	Megaseguridad la proveedora ltlda	860072115-7	2200	38	Siete 24 Ltlda	860351812-1	1955
17	Miro seguridad	890932539-6	1675	39	Sovip ltlda	800059514-0	1421
18	Multimedia seguridad ltlda	900124757-4	1850	40	Star seguridad privada	830121521-6	1433

19	Naser ltda	860043730-3	2250	41	Vigilancia Santaferena y Cia ltda	800076719-5	1615
20	Omnitempus ltda	800106962-9	1250	42	Vigilancia y seguridad antares ltda	830034499-9	1958
21	Open security ltda.	830500339-8	1975	43	Vigilista ltda	800035936-1	1963
22	Orientación y seguridad C.T.A.	830105349-8	1600	44	Vise	860507033-0	15000

De esta forma se contrastan en la tabla 9 las empresas que se pueden atender actualmente en 1 año frente a las empresas que se atenderían en caso de utilizar todo un año el escenario 6 (producción aproximada de 300 unidades), cabe aclarar que las primeras 3 empresas (Securitas, Vise y Atlas) por ser las que más pedido solicitan a la empresa son las primeras en ser tenidas en cuenta ya que se tiene una alianza comercial con estas.

Tabla 9. Contraste de aceptación de pedidos actual y propuesta

Actual						Con Escenario 6					
Cant	Empresa	Pedido	Días prod	meses	Acum	Cant	Empresa	Pedido	Días prod	meses	Acum
1	Securitas	10000	47,17	2,2	2,2	1	Securitas	10000	33,33	1,6	1,6
2	Vise	15000	70,75	3,4	5,6	2	Vise	15000	50,00	2,4	4,0
3	Atlas	9500	44,81	2,1	7,7	3	Atlas	9500	31,67	1,5	5,5
4	Covisur	1450	6,84	0,3	8,1	4	Covisur	1450	4,83	0,2	5,7
5	Star seguridad privada	1433	6,76	0,3	8,4	5	Star seguridad privada	1433	4,78	0,2	5,9
6	prosegur	1860	8,77	0,4	8,8	6	prosegur	1860	6,20	0,3	6,2
7	Orientación y seguridad C.T.A.	1600	7,55	0,4	9,2	7	Orientación y seguridad C.T.A.	1600	5,33	0,3	6,5
8	Miro seguridad	1675	7,90	0,4	9,6	8	Miro seguridad	1675	5,58	0,3	6,7
9	Autentica Seguridad Ltda.	1600	7,55	0,4	9,9	9	Autentica Seguridad Ltda.	1600	5,33	0,3	7,0
10	Sovip Ltda	1421	6,70	0,3	10,2	10	Sovip ltda	1421	4,74	0,2	7,2
11	Seguridad Q.A.P. Ltda	1692	7,98	0,4	10,6	11	Seguridad Q.A.P. Ltda	1692	5,64	0,3	7,5
12	Anse Ltda	1600	7,55	0,4	11,0	12	Anse Ltda	1600	5,33	0,3	7,8
13	Seguridad el progreso ltda	1380	6,51	0,3	11,3	13	Seguridad el progreso ltda	1380	4,60	0,2	8,0
14	Alerta seguridad privada ltda	1400	6,60	0,3	11,6	14	Alerta seguridad privada ltda	1400	4,67	0,2	8,2
15	Seguridad superior	1835	8,66	0,4	12,0	15	Seguridad superior	1835	6,12	0,3	8,5
						16	A & G Seguridad Ltda	2400	8,00	0,4	8,9
						17	Alpha seguridad privada	2000	6,67	0,3	9,2
						18	Amcovit ltda	1800	6,00	0,3	9,5
						19	Antares seguridad privada	2100	7,00	0,3	9,8
						20	Bristol security ltda.	2000	6,67	0,3	10,1
						21	Buho seguridad ltda	2020	6,73	0,3	10,4
						22	Colviseg ltda	1850	6,17	0,3	10,7

	23	Compañía de vigilancia PPH ltda	1600	5,33	0,3	11,0
	24	Compañía de vigilancia y seguridad privada azimuth ltda.	1850	6,17	0,3	11,3
	25	Marnell security Ltda	2300	7,67	0,4	11,6
	26	Omnitempus ltda	1250	4,23	0,2	12,0

De la tabla 9 se puede observar que al aumentar la producción a 295,23 unidades diarias (tomado de la sección 4.3.1. simulación de las propuestas, el valor de unidades reales producidas en el escenario 6) correspondiente a 16,5 empleados se pueden aumentar de 15 pedidos a 26, es decir, 11 pedidos más, de esta forma corroborar que sí es posible la producción de más unidades ya que estas son posible venderlas.

$$\text{Ciclo de Producción} = \frac{31500 \text{ Segundos}}{300 \text{ unidades}} = 105 \text{ Segundos} = 1,75 \text{ Minutos}$$

Lo anterior significa que, para cumplir con la demanda, cada pieza debe de ser producida en un tiempo igual a 105 segundos o 1,75 minutos, siendo este el ritmo al que se debe de producir. Actualmente, se cuenta con 33 operaciones en la empresa que se unen en un puesto de trabajo las que son realizadas en secuencia por el mismo operario, posteriormente nombradas cada una con una letra consecutiva del abecedario para mayor facilidad. Posterior al cálculo del tiempo de ciclo de producción es necesario el cálculo de la cantidad de estaciones de trabajo mínimas requeridas la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Número mínimo de Estaciones de trabajo} = \frac{\text{Suma total del tiempo Estándar}}{\text{Ciclo de producción}}$$

El tiempo total que es utilizado como tiempo de valor agregado de las operaciones de la empresa es de 20.59 min y el ciclo de producción anteriormente calculado fue de 1.75 min, a partir de esto se obtiene el resultado de 11.77 estaciones mínimas de trabajo para cumplir con dicho ciclo de producción. Se procede a realizar el balanceo de línea teniendo en cuenta las restricciones del ejercicio, las cuales son que sólo será posible integrar las operaciones que manejen las mismas máquinas en sus operaciones y que estas sean consecutivas en el proceso de producción.

Se han realizado los escenarios que permiten conocer el estado actual del balanceo de línea así como los diferentes escenarios evaluados con cantidades de empleados diferentes en las áreas de mayor tiempo de ciclo de control sin ajuste, a continuación podrá encontrar en la tabla 10 la situación que se presenta actualmente para la posterior realización de escenarios donde TTO son las siglas del Tiempo Total de producción el cual corresponde a la suma total del tiempo estándar de todas la operaciones, CCSA, Ciclo de control sin ajuste siendo el máximo de los tiempos estándar, N la cantidad de recursos humanos utilizados, TTL, Tiempo total de línea calculado a partir de la multiplicación entre N y CCSA, %B el porcentaje de balanceo de la línea el cual corresponde al Tiempo de producción dividido el tiempo total de la línea, UTH las Unidades totales por hora calculadas a partir de la división de 60 por CCSA.

Tabla 10. Estado actual Balanceo de línea

Situación actual			
Operación		Tiempo	RH
A	Cortar fusionado	0,88	1
B	Cortar tela		
C	Cortar forro		
D	Fusionar		
E	Cortar tira de guata	0,09	1
F	Troquelar tela con fusionado	0,57	1
G	Troquelar charol		
H	Troquelar polietileno		
I	Troquelar tafitele		

J	Coser cascos	2,16	2
K	Unir faja a cascos		
L	Pespuntar		
M	Recubrir pita		
N	Coser pita al plato		
O	Coser tira de guata al borde del plato		
P	Unir faja cascos y plato	0,63	1
Q	Introducir alambre		
R	Cortar tiras de polietileno	1,47	1
S	Unir extremos de polietileno		
T	Cortar charol		
U	Cortar tafilete	0,28	1
V	Coser tira polietileno		
W	Adherir gancho	2,37	1
X	Asegurar gancho		
Y	Rellenar gorra	3,14	1
Z	Coser forro a gorra	0,33	1
AA	Unir Visera (Ribetear)	1,83	1
AB	Costura plana de tafilete		
AC	Unir visera a tafilete		
AD	Coser visera a gorro		
AE	Remover exceso de forro	4,68	1
AF	Sellar extremos de tafilete		
AG	Cortar residuos de hilo		

TTO=	20,59
CCSA=	4,68
N=	13,00
TTL=	60,84
%B=	33,84%
UTH=	12,82

Se obtiene que el porcentaje actual de balanceo es del 33.84% con una cantidad total de 13 empleados, y una producción teórica de 12,82 unidades por hora. En la tabla 11 podrá encontrar los escenarios generados a partir de la situación actual donde se permiten detallar las operaciones que pertenecen a cada puesto o estación de trabajo, así como la cantidad de recursos necesarios para el cumplimiento del tiempo de ciclo.

Tabla 11. Escenarios por trabajadores

Escenario 1 (11 Empleados)		
Operaciones	Tiempo	RH
A - B - C - E	0,38	1
D	0,59	1
F - G - H - I	0,57	1
J - K - L - M - N - O - P	4,32	1
Q	0,63	1
R - S - T - U - V	1,75	1
W - X	2,37	1
Y	3,14	1
Z	0,33	1
AA - AB - AC -AD	1,83	1
AE - AF - AG	4,68	1

Escenario 2 (12 Empleados)		
Operaciones	Tiempo	RH
A - B - C - E	0,38	1
D	0,59	1
F - G - H - I	0,57	1
J - K - L - M - N - O - P	2,88	1,5
Q	0,63	1
R - S - T - U - V	1,75	1
W - X	2,37	1
Y	3,14	1
Z	0,33	1
AA - AB - AC -AD	1,83	1
AE - AF - AG	4,68	1,5

TTO=	20,59
CCSA=	4,68
N=	11,00
TTL=	51,48
%B=	40,00%
UTH=	12,82

TTO=	20,59
CCSA=	3,14
N=	12,00
TTL=	37,68
%B=	54,64%
UTH=	19,11

Escenario 3 (13 Empleados)

Escenario 4 (14,5 Empleados)

Operaciones	Tiempo	RH
A - B - C - E	0,38	1
D	0,59	1
F - G - H - I	0,57	1
J - K - L - M - N - O - P	2,88	1,5
Q	0,63	1
R - S - T - U - V	1,75	1
W - X	2,37	1
Y	2,09	1,5
Z	0,33	1
AA - AB - AC -AD	1,83	1
AE - AF - AG	2,34	2

Operaciones	Tiempo	RH
A - B - C - E	0,38	1
D	0,59	1
F - G - H - I	0,57	1
J - K - L - M - N - O - P	2,16	2
Q	0,63	1
R - S - T - U - V	1,75	1
W - X	1,58	1,5
Y	2,09	1,5
Z	0,33	1
AA - AB - AC -AD	1,83	1
AE - AF - AG	1,87	2,5

TTO=	20,59
CCSA=	2,88
N=	13,00
TTL=	37,44
%B=	54,99%
UTH=	20,83

TTO=	20,59
CCSA=	2,16
N=	14,50
TTL=	31,32
%B=	65,74%
UTH=	27,78

Escenario 5 (15,5 Empleados)		
Operaciones	Tiempo	RH
A - B - C - E	0,38	1
D	0,59	1
F - G - H - I	0,57	1
J - K - L - M - N - O - P	1,73	2,5
Q	0,63	1
R - S - T - U - V	1,75	1
W - X	1,58	1,5
Y	1,57	2
Z	0,33	1
AA - AB - AC -AD	1,83	1
AE - AF - AG	1,87	2,5

Escenario 6 (16,5 Empleados)		
Operaciones	Tiempo	RH
A - B - C - E	0,38	1
D	0,59	1
F - G - H - I	0,57	1
J - K - L - M - N - O - P	1,73	2,5
Q	0,63	1
R - S - T - U - V	1,75	1
W - X	1,58	1,5
Y	1,57	2
Z	0,33	1
AA - AB - AC -AD	1,22	1,5
AE - AF - AG	1,56	2,5

TTO=	20,59
CCSA=	1,87
N=	15,50
TTL=	29,02
%B=	70,96%
UTH=	32,05

TTO=	20,59
CCSA=	1,75
N=	16,50
TTL=	28,88
%B=	71,31%
UTH=	34,29

La utilización de los escenarios anteriormente mostrados permitirá una mejor planeación de la producción de tal forma que se garantice que los recursos están siendo utilizados de manera adecuada y en el puesto de trabajo que lo requiere ya que cada escenario permite conocer las unidades teóricas por hora que son posible producir bajo el orden de las operaciones en los puestos de trabajo y los recursos necesarios para la realización de estas.

4.2.2.2. 5's

“Las “5S”, de origen japonés, representan el nombre de cinco acciones: **SEPARAR, ORDENAR, LIMPIAR, ESTANDARIZAR Y AUTODISCIPLINA**, que, aplicadas grupalmente en organizaciones productivas, de servicios y educativas producen logros trascendentes como:

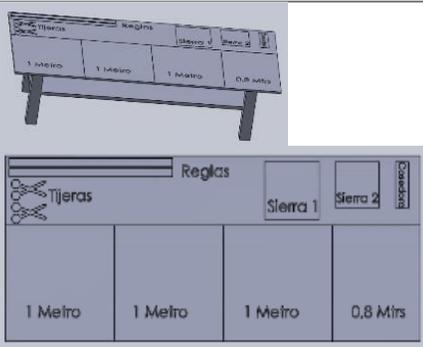
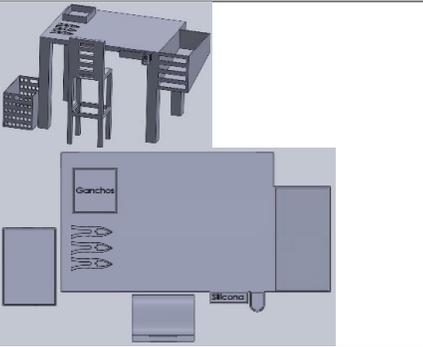
- Un hábitat laboral agradable, limpio y ordenado que trae beneficios directos tales como mejorar la calidad, productividad y seguridad, entre otros.
- El aprendizaje de trabajar grupalmente que rescata los conocimientos de las personas adquiridos en su accionar convirtiendo a la organización en organización de aprendizaje y crea las condiciones para

aplicar modernas técnicas de gestión” (Dorbessan, 2006).

La aplicación de las 5’s le permitirá a la empresa mejorar en todas las oportunidades de mejora seleccionadas ya que le brindará a la empresa un mantenimiento integral, no solo de la maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de los operarios.

En el **Anexo 9** se presenta el proceso completo de la aplicación de 5’s dentro de la empresa. Algunos de los resultados se muestran en la Tabla 12, en la que se presenta el rediseño de los puestos de trabajo que buscan evitar errores y desperdicios en especial de tiempo. De este modo se realiza la silueta de los elementos indispensables en cada puesto de trabajo y se compara con el estado actual de los mismos.

Tabla 12. Estandarización puestos de trabajo

Esquema de estaciones de puestos trabajo	
Antes	Propuesta
Corte (C)	
	
Mesa de Gancho (MA)	
	

Fuente: Construcción de los Autores

Nota: Se utilizó el programa SolidWorks para el diseño de las estaciones de trabajo teniendo en cuenta las herramientas necesarias en cada operación. Fuente. Construcción de autores

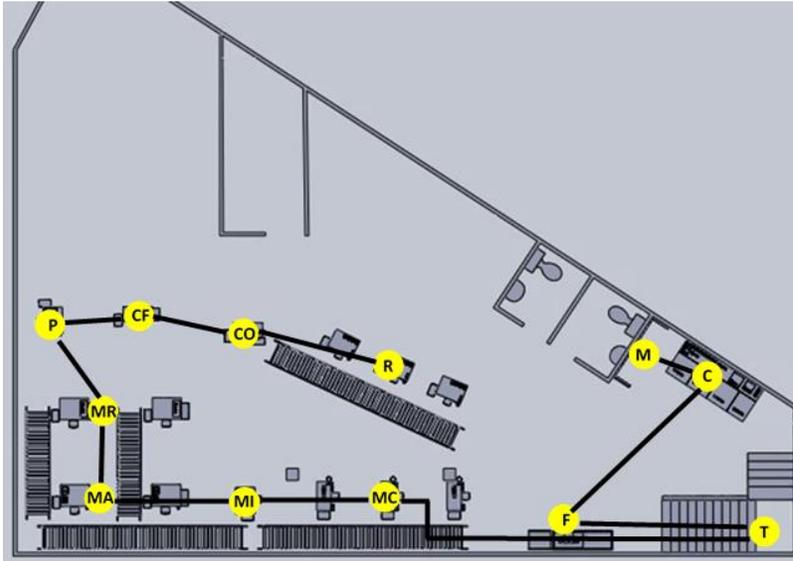
4.2.2.3. Layout

El Layout es la distribución o redistribución lógica y ordenada interna del almacén en la cuadrícula imaginaria que divide en espacios o campos la página que se diseña para facilitar la distribución y para disponer en cantidad y calidad los productos que se requieren, éste hace parte de la planeación de un almacén y tiene dos componentes: el primero es la edificación (el continente o el todo), hace relación a aspectos de costos de valor de la tierra y edificio, el cual varía dependiendo de su localización y afecta los costos y el flujo de las zonas de acceso, muelles y zonas de carga y descarga, y el segundo es el Layout (diseño de interiores), su objetivo es distribuir óptimamente espacios de forma estratégica que anticipen problemas futuros y se encarga de la ubicación física eficaz de cada referencia y de evitar “cuellos de botella” a futuro, afecta las zonas de preparación de pedidos, pasillos y las estanterías en razón del flujo, movimiento, tiempos y distancias del recurso humano e inventarios. El Layout financieramente crea valor o lo contrario, por lo tanto, es un aspecto clave en el proceso de la planeación, a su vez en los costos logísticos, dado que su impacto es directamente recibido por el cliente final en el documento de la promesa de venta (Fuentes C. M. M. Zapata B. E. O. & Caly J. M. P., 2018).

El desarrollo del layout permitirá tener un orden en los puestos de trabajo y en la empresa de acuerdo con el orden de los

procesos para lograr disminuir los tiempos de transporte. El **Anexo 10** contiene la aplicación del layout en la empresa. En la Ilustración 3 se presenta el resultado de esta herramienta.

Ilustración 3. Layout Empresa



Fuente. Construcción de autores

Para establecer la delimitación de planta por colores según la reglamentación que se observa en la tabla 13 fue tenida en cuenta por los reglamentos de OSHA 1910.144 establecen que pasillos y corredores permanentes deben estar marcados claramente.

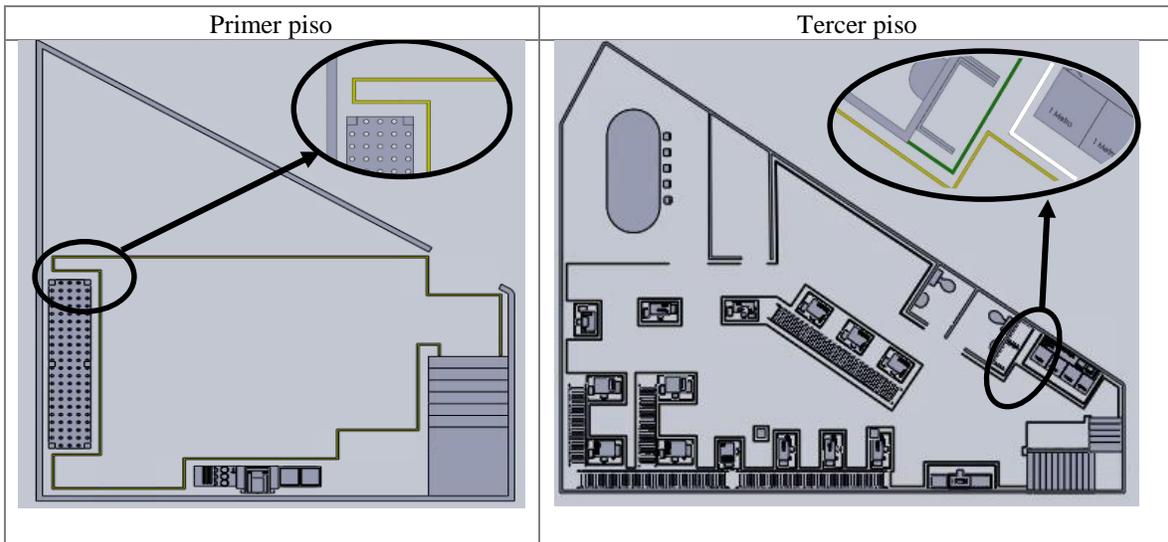
Tabla 13. Reglamentación de delimitación de colores

Selección de Colores para la planta kepis de Colombia	
Amarillo	Pasillos
Blanco	Estaciones de trabajo
Verde	Materia prima, producto terminado y en proceso
Negro	Áreas que se deben mantener libres con propósitos operativos

Fuente Construcción de autores

De esta manera se aplican las líneas de marcación por áreas según la Tabla 13 para obtener el consolidado final de delimitaciones como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14 Distribución de planta final con delimitaciones (Primer y Tercer Piso)



Fuente. Elaboración de autores

Tabla 15. Definición de indicadores y medición.

Indicador	Definición	Medición
Calidad	Cantidad de no conformes al día	Durante el día los 3 trabajadores del área de Remate tendrán una planilla en la cual agregarán una equis (X) por cada gorra a la que se necesite hacerle reproceso por un área diferente a remate y en la línea de cada error a que área le pertenece esta.
Seguridad	Cantidad de días seguros	Los trabajadores reportarán al jefe de producción cada accidente independientemente de la gravedad de estos, todos son tenidos en cuenta y se suman en la base de datos.
Producción	Unidades producidas por turno	Durante el día los 3 trabajadores del área de Remate tendrán una planilla en la cual agregarán una equis (X) por cada gorra terminada en este puesto de trabajo.
Productividad	Capacidad de producción por turno de trabajo	Unidades producidas durante el tiempo productivo sobre las unidades teóricas a realizar.

Fuente: Construcción de los Autores

4.3. Objetivo Específico 3: Simular las propuestas escogidas y evaluar el impacto de la propuesta

4.3.1. Simulación de las propuestas

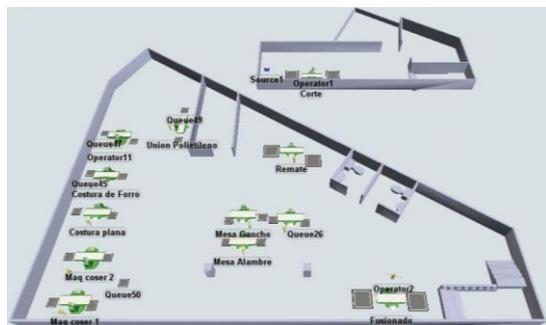
Teniendo como base las propuestas obtenidas a través del desarrollo de las herramientas para las diferentes oportunidades de mejora se realiza la simulación en el software FlexSim que ayuda a identificar los desperdicios en el sistema desde la ubicación y la velocidad de acumulación de inventario hasta el cambio de diseño que afecta la cantidad de operadores o el movimiento del producto. También muestra como un proyecto de Lean, que mejora una parte del sistema afectara el resto del sistema (*FlexSim, s.f.*).

Se realizó la simulación del estado actual de la empresa lo que permite realizar una validación de la cantidad de unidades reales que está produciendo la empresa **Anexo 14 y 15** documento en formato FlexSim y la grabación respectivamente, para el desarrollo de la simulación fue tomada en cuenta la medición de tiempos estándar la cual arrojó los valores de cada operación distribuidos normal. Fueron realizadas las operaciones para la unión entre medias donde la *Media del puesto de trabajo* = $\sum \mu_i$, donde cada *i* corresponde a las operaciones que conforman el puesto de trabajo y desviaciones estándar donde *Desviación estándar del puesto de trabajo* = $\sqrt{\sum \sigma_i^2}$ es decir la raíz cuadrada de las varianzas, estas permitieron unir las operaciones en estaciones de trabajo con un solo valor de media y desviación estándar disponibles en el **Anexo 16**, de la misma manera se establece como sistema a las maquinarias y personas que interactúan entre sí para lograr la fabricación del producto, la actividad corresponde a las tareas que estos realizan en el sistema, en el estado del sistema se tienen en cuenta los tiempos y unión de operaciones descritos para cada simulación buscando el diseño de facilidades físicas y de capacidad.

La simulación de los escenarios propuestos se realizó con base en los resultados obtenidos en el layout que generaron el orden de los puestos de trabajo y Heijunka con la cantidad de operarios y las operaciones que realiza cada puesto de trabajo. En la ilustración 5 se presenta el contraste entre la vista del estado actual y la del último escenario propuesto. Los documentos en formato FlexSim y la grabación de esta se encuentran en el **Anexo 17 y Anexo 18** respectivamente.

Ilustración 5. Simulación Actual y Escenarios

Estado Actual



Escenario 6 (16,5) Empleados



Fuente: Construcción de los Autores

Los resultados más relevantes que fueron medidos dentro de la simulación fueron la producción diaria y los trasportes realizados por trabajador para cada simulación realizada lo que permite conocer el impacto de las propuestas y metodologías aplicadas en contraste con la situación actual de la empresa. La simulación arrojó las siguientes medidas de desempeño diarias (ver tabla 16) durante un horizonte de planeación de 30 días hábiles de simulación (para cumplir con el teorema del límite central) y con 30 repeticiones o corridas teniendo un intervalo de confianza de 90%, de esta manera se logra establecer normalidad en el horizonte de planeación y en las réplicas (Ver **Anexo 19**).

Tabla 16. Producción estado actual

Producción Mensual					
# Replica	Media	Desviación	# Replica	Media	Desviación
Replica 1	115.97	1.10	Replica 16	114.93	0.87
Replica 2	115.97	1.10	Replica 17	114.93	0.87
Replica 3	115.97	1.10	Replica 18	114.93	0.87
Replica 4	115.97	1.10	Replica 19	114.93	0.87
Replica 5	115.97	1.10	Replica 20	114.93	0.87
Replica 6	115.97	1.10	Replica 21	114.93	0.87
Replica 7	115.97	1.10	Replica 22	114.93	0.87
Replica 8	115.97	1.10	Replica 23	114.93	0.87
Replica 9	115.97	1.10	Replica 24	114.93	0.87
Replica 10	115.97	1.10	Replica 25	114.93	0.87
Replica 11	115.97	1.10	Replica 26	114.93	0.87
Replica 12	115.97	1.10	Replica 27	114.93	0.87
Replica 13	115.97	1.10	Replica 28	114.93	0.87
Replica 14	115.97	1.10	Replica 29	114.93	0.87
Replica 15	115.97	1.10	Replica 30	114.93	0.87

Resultados Finales	Media	Desviación
	115.45	0.53

Fuente: Construcción de los Autores

Como se observa el resultado de la validación permite obtener una producción de 3,05 unidades por encima de las calculadas por el gerente general en el promedio de producción diaria ya que éste era de 112,4 unidades y el resultado de la simulación arrojó 115,45 unidades diarias en promedio. Las réplicas y procedimiento mostrado en la tabla 16 se aplicó a cada uno de los escenarios propuestos con el fin de conocer las unidades reales producidas para cada una de las opciones, de esta forma se obtienen los resultados de la tabla 17.

Tabla 17. Unidades producidas

Escenario	Media	Desviación
Escenario 1 (11 Empleados)	109,08	0,02
Escenario 2 (12 Empleados)	162,99	0,05
Escenario 3 (13 Empleados)	179,25	0,02
Escenario 4 (14.5 Empleados)	239,10	0,03
Escenario 5 (15.5 Empleados)	275,38	0,29
Escenario 6 (16.5 Empleados)	295,23	0,03

De los datos se concluye que gracias a la unión de operaciones en puestos de trabajo y separación por escenarios realizado por Heijunka fue posible aumentar la capacidad de producción de la empresa por turno de trabajo utilizando la cantidad de recursos humanos y físicos necesarios para esto. Con el fin de conocer las diferencias entre el estado actual y el estado propuesto se obtuvo la cantidad de metros recorridos por trabajador durante la jornada de trabajo de cada estado (actual y propuesto) que se evidencia en la tabla 18.

Tabla 18. Recorrido promedio por trabajador

Estado Actual		Escenario 6	
Recorrido de trabajadores por turno		Recorrido de trabajadores por turno	
Trabajador (Función)	Metros	Trabajador (Función)	Metros
Trabajador 1 (Corte)	70,5	Trabajador 1 (Corte)	55,5
Trabajador 2 (Fusionado)	54,4	Trabajador 2 (Fusionado)	45,2
Trabajador 3 (Troqueladora)	66,0	Trabajador 3 (Troqueladora)	50,1
Trabajador 4 (Maquina Coser 1)	12,3	Trabajador 4 (Medio Tiempo Maquina Coser 1)	0,8
Trabajador 5 (Maquina Coser 2)	12,5	Trabajador 5 (Maquina Coser 2)	2,5
Trabajador 6 (Mesa de Alambres)	4,4	Trabajador 6 (Maquina Coser 3)	2,9
Trabajador 7 (Mesa de Gancho)	4,4	Trabajador 7 (Mesa de Alambres)	0,4
Trabajador 8 (Mesa de Relleno)	20,2	Trabajador 8 (Medio Tiempo Mesa de Gancho 1)	0,1
Trabajador 9 (Costura Plana)	20,4	Trabajador 9 (Mesa de Gancho 2)	0,5
Trabajador 10 (Costura de Forro)	6,9	Trabajador 10 (Mesa de Relleno 1)	0,5
Trabajador 11 (Unión polietileno)	8,4	Trabajador 11 (Mesa de Relleno 2)	0,6
Trabajador 12 (Costura Polietileno)	7,3	Trabajador 12 (Mesa Polietileno)	9,9
Trabajador 13 (Remate)	1,5	Trabajador 13 (Costura de Forro)	12,6
		Trabajador 14 (Costura Plana)	0,5
		Trabajador 15 (Medio Tiempo Costura Plana)	0,1
		Trabajador 16 (Remate 1)	0,4
		Trabajador 17 (Remate 2)	0,4
		Trabajador 18 (Remate 3)	0,3

Fuente: Construcción de los Autores

La Tabla 18 permite observar que se logran reducir los transportes de todos los empleados gracias a la redistribución de planta la cual permitió que los puestos de trabajo se encontraran en un solo piso a excepción

de la troqueladora por su restricción, del mismo modo con la adquisición de bandas transportadoras de rodillos que une 6 operaciones logrando disminuir la fatiga generada por transporte de los trabajadores.

El análisis estadístico de los resultados es realizado por medio de una anova para comparar los escenarios en el software SPSS (Ver **Anexo 20**), la cual permitirá conocer detalladamente el p valor del resultado de la comparación de los datos para llegar a la conclusión si estas variables tienen una diferencia significativa, (ver Tabla 19), el documento de los resultados se puede encontrar en el **Anexo 21**.

Tabla 19. Resultados Anova

ANOVA					
Medias					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1002524,342	6	167087,390	3168223,825	,000
Dentro de grupos	10,706	203	,053		
Total	1002535,048	209			

Fuente: Construcción de los Autores

De la tabla anterior se puede concluir que las diferencias de productividad obtenidas con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing son estadísticamente significativas de modo que se corrobora el rechazo de la hipótesis nula en los resultados de la anova ya que se obtiene un resultado $p = 0.00$, del mismo modo se evalúa mediante la prueba post hoc de Tukey que todas las medias tienen diferencia significativa entre sí de modo que los resultados obtenidos efectivamente son estadísticamente significativos.

Ya que la simulación permitió conocer el impacto en la aplicación de las herramientas Heijunka y Layout es importante conocer qué beneficios trae la aplicación de la herramienta 5's y gestión visual, debido a que estos requieren inversión y adecuaciones se debe conocer su impacto, según (Valle, 2017), la implementación de 5's ofrece numerosos beneficios como la mejora de la rentabilidad, una mano de obra más eficiente, mejor servicio ya que con un lugar de trabajo más organizado, limpio y eficiente, los empleados pueden dedicar más tiempo a ofrecer un servicio excepcional y un lugar de trabajo más seguro pues los empleados tienen menos riesgo y pueden sentirse más seguros en espacios de trabajo limpios y organizados. Esto permite afirmar que la implementación de esta herramienta permite mejorar el entorno o clima laboral para los empleados al sentirse más cómodos en un lugar de trabajo ordenado y limpio. Con el fin de conocer cuáles de estos beneficios aplican con las propuestas realizadas. Se realizó una prueba piloto en la cual se reorganizaron 5 puestos de trabajo correspondientes al 41,66% del total de puestos actuales en la empresa (12 puestos de trabajo), y en estos se tomó el nuevo tiempo de la operación con el fin de contrastar el tiempo obtenido anteriormente con el obtenido con el puesto organizado, la selección de los 5 puestos de trabajo fue realizada teniendo en cuenta aquellos puestos de trabajo que coinciden con las operaciones obtenidas en el balanceo de línea (Ver Tabla 20).

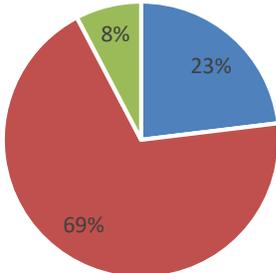
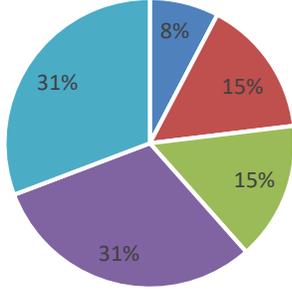
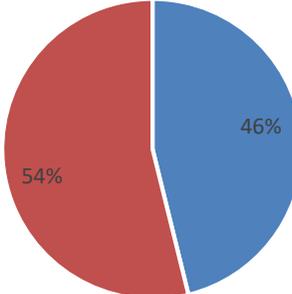
Tabla 20. Tiempos Actual vs. Tiempo Final

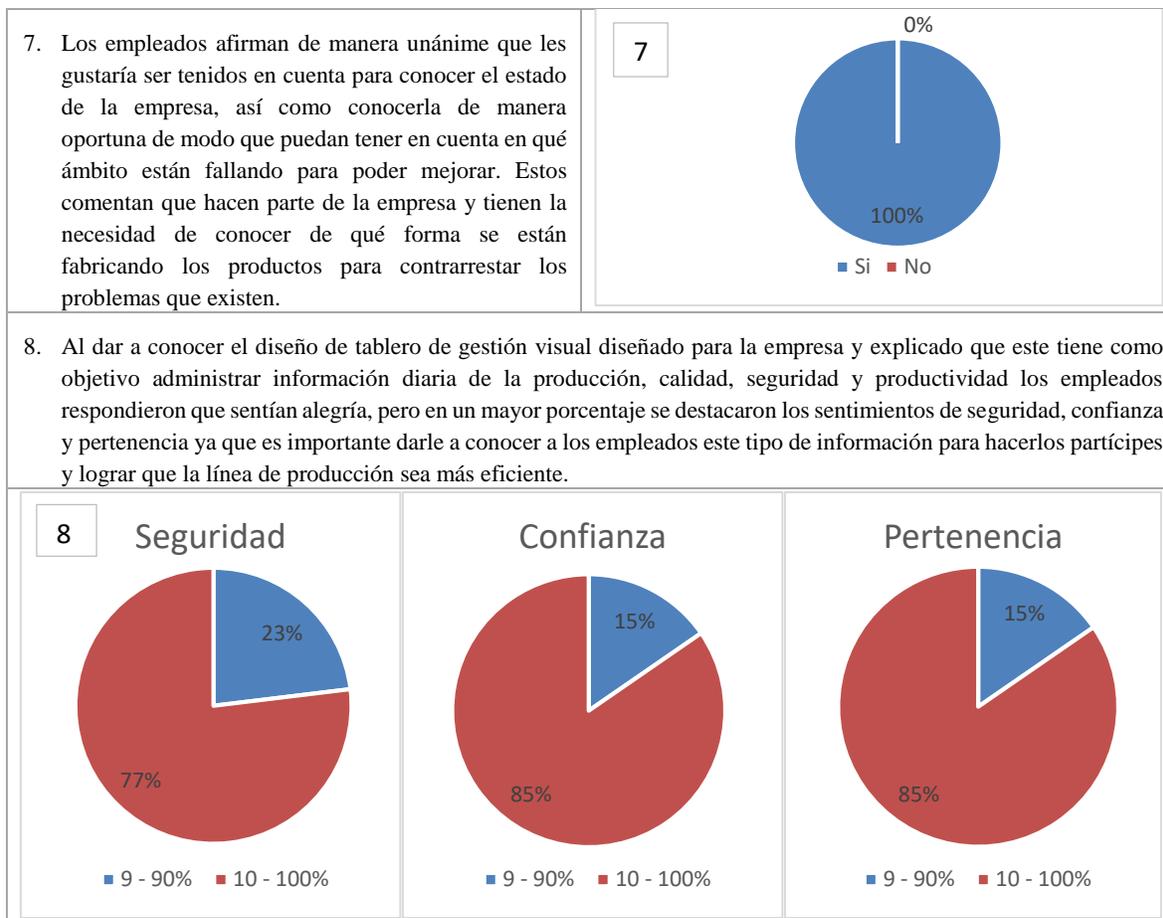
Puestos de Trabajo	Tiempo Estándar Actual	Tiempo Final con 5's
Troquelado	0,57	0,573
Maquina de Coser	4,32	4,314
Mesa de Gancho	2,37	2,377
Mesa de Relleno	3,14	3,142
Remate	4,68	4,681

La tabla 20 permite observar que cuantitativamente la herramienta no está presentando cambios debido a que el tiempo promedio de las operaciones teniendo en cuenta porcentajes de fatiga constantes y específicos

de cada operación no cambia, sin embargo dadas las referencias del autor esta herramienta también ofrece beneficios cuantitativos para lo cual se realizó una encuesta a todos los empleados con el fin de conocer el clima laboral actual así como los sentimientos generados a partir de mejoras y cambios en la empresa, en el siguiente link podrá encontrar la encuesta realizada <https://goo.gl/forms/wYJi7Ub11SutiFLh2>, los resultados obtenidos y el impacto de estas herramientas se presentan en el **Anexo 22** y el resumen en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados herramientas 5's y tableros de gestión visual

Resultado cualitativos herramienta 5's																			
<p>1. Actualmente el 92% de los empleados lleva menos de 3 años trabajando en la empresa, esto permite concluir que no hay un vínculo que mantenga a los empleados a seguir trabajando en la empresa por varios años, esto afecta a la empresa ya que la capacitación de nuevos trabajadores es un costo que impacta en el presupuesto anual.</p>	<p>1</p>  <table border="1"> <caption>Datos del gráfico 1</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menos de 1 año</td> <td>23%</td> </tr> <tr> <td>Entre 1 y 3 años</td> <td>69%</td> </tr> <tr> <td>Entre 4 y 6 años</td> <td>8%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Menos de 1 año	23%	Entre 1 y 3 años	69%	Entre 4 y 6 años	8%										
Categoría	Porcentaje																		
Menos de 1 año	23%																		
Entre 1 y 3 años	69%																		
Entre 4 y 6 años	8%																		
<p>2. Los trabajadores tienen sentimientos negativos hacia la empresa, esto se puede deber a la falta de motivación hacia los empleados para que vean la empresa como un lugar donde desean ir.</p>	<p>3. El desorden y la suciedad les generan sentimientos negativos como el estrés y la desesperación a todos los empleados, así es como se encuentra actualmente la empresa, con desorden y una gran cantidad de retazos y sobrantes en el suelo.</p>																		
<p>2</p>  <table border="1"> <caption>Datos del gráfico 2</caption> <thead> <tr> <th>Sentimiento</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alegría</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>Indiferencia</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Pereza</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Obligación</td> <td>31%</td> </tr> <tr> <td>Nada</td> <td>31%</td> </tr> </tbody> </table>	Sentimiento	Porcentaje	Alegría	8%	Indiferencia	15%	Pereza	15%	Obligación	31%	Nada	31%	<p>3</p>  <table border="1"> <caption>Datos del gráfico 3</caption> <thead> <tr> <th>Sentimiento</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desesperación</td> <td>46%</td> </tr> <tr> <td>Estrés</td> <td>54%</td> </tr> </tbody> </table>	Sentimiento	Porcentaje	Desesperación	46%	Estrés	54%
Sentimiento	Porcentaje																		
Alegría	8%																		
Indiferencia	15%																		
Pereza	15%																		
Obligación	31%																		
Nada	31%																		
Sentimiento	Porcentaje																		
Desesperación	46%																		
Estrés	54%																		
<p>4. El 77% de los empleados tiene dificultad manteniendo su puesto de trabajo limpio y ordenado, es por esto que el 100% estuvo de acuerdo en que el rediseño de los puestos de trabajo con 5's impactaría ayudando a mantener el puesto de trabajo ordenado</p>	<p>5. Los nuevos sentimientos que generaría tener un puesto de trabajo ordenado con el método 5's son positivos, se obtuvo que el 77% de los empleados sentiría mucha alegría (10) y el 15% y 8% un grado de 9 y 7 respectivamente. Otra cifra importante se centra en el sentimiento de satisfacción y tranquilidad donde se obtuvo que el 77% sentiría una satisfacción de 10 y el 23% restante un grado de 9, mientras que en cuanto a tranquilidad se obtuvo que el 92% de las personas sentirían esto en un grado de 10 y el 8% restante en un grado de 9. Finalmente ninguno de los empleados sentiría de nuevo desesperación al encontrar su puesto de trabajo con estas reformas.</p>																		
<p>6. Por otra parte, los empleados agregan comentarios del porque creen que la organización del puesto de trabajo realizada según la propuesta los ayudaría a mantener el orden como los siguientes "Tener un lugar para cada cosa es importante", "Porque se ve limpio y al ver un lugar limpio generalmente las personas lo mantienen así", se ve agradable a simple vista y brinda armonía en el trabajo. me gustaría que mi puesto de trabajo tuviera todo eso.", ayuda a que el espacio destinado para cada cosa, y con el tiempo recuerde donde están y el trabajo sea más fácil", esto permite concluir que se beneficiarían principalmente todos los trabajadores al tener un puesto de trabajo ordenado ya que disminuiría el estrés y desesperación que sienten por el desorden como así lo manifestaron los empleados al principio de la encuesta.</p>																			



Se puede concluir con los resultados de la encuesta que los empleados con los cambios que se realizarían se sentirían más a gusto con la empresa de forma que tengan más motivación y sentido de pertenencia lo que a su vez aumenta la calidad de los procesos al conocer la fallas que existen, así como la cantidad de tiempo de antigüedad de los trabajadores, lo que disminuye costos de reprocesos y gastos en capacitaciones.

4.3.2. Evaluación de impacto de la propuesta

4.3.2.1. Impacto productivo

El fin del proyecto se basa en el aumento de la productividad por lo cual es necesario conocer los resultados obtenidos a partir del diseño realizado y la situación actual, de este modo fue tomada en cuenta la producción actual obtenida de la validación.

El indicador de productividad e índice de producción actual se definió en la sección 1. Justificación y planteamiento del problema así,

$$\text{Productividad actual} = 56,20\% * 56,20\% = 31,58\%$$

$$\text{Índice de producción}_{actual} = \frac{112,4}{116,75} = 0,96 \text{ unidades/hora} - \text{recurso}$$

Sin embargo, dado que la cantidad de unidades subieron un 3,08% en la validación se realiza el cálculo del nuevo valor del indicador de productividad actual de la misma manera.

Tiempo Perdido:

Unidades Esperadas: 200 Kepis en 525 minutos

Unidades Producidas reales: 115,45 Kepis en 525 minutos

Tiempo perdido: 84,55 Kepis * 2.62 = 221.94 Minutos Perdidos

$$\text{Eficiencia} = \frac{(525 \text{ min} - 221.94)}{525 \text{ min}} = \frac{303,06}{525} = 57,73\%$$

$$\text{Eficacia} = \frac{115,45}{200} = 57,73\%$$

$$\text{Productividad}_{\text{validación}} = 57,73\% * 57,73\% = 33,32\%$$

Y un índice de producción de:

$$\text{Índice de producción} = \frac{115,45}{(13 \text{ empleados} * 9 \text{ horas}) - 15 \text{ minutos descanso}} = \frac{115,45}{117 - 0,25}$$

$$\text{Índice de producción}_{\text{validación}} = \frac{115,45}{116,75} = 0,99 \text{ unidades/hora}$$

A pesar que las unidades producidas subieron se logra validar que la productividad sigue estando en un valor menor al 70%. Posterior a este paso se presentan los cálculos de productividad para cada uno de los escenarios, se realizan los cálculos teniendo en cuenta la formula anteriormente utilizada (ver Tabla 22).

Tabla 22. Resultados productividad por escenarios

Escenario	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Unidades Esperadas:	112,18	167,20	182,29
Unidades Producidas reales:	109,08	162,99	179,25
Tiempo 1 unidad=	4,68	3,14	2,88
Unidades perdidas	3,10	4,21	3,04
Tiempo perdido:	14,51	13,21	8,76
Eficiencia	97,24%	97,48%	98,33%
Eficacia	97,24%	97,48%	98,33%
Productividad	94,55%	95,03%	96,69%
Índice de producción	1,10 un/hora - rec	1,51 un/hora - rec	1,54 un/hora - rec
Escenario	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Unidades Esperadas:	243,06	280,45	300
Unidades Producidas reales:	239,10	275,38	295,23
Tiempo 1 unidad=	2,16	1,87	1,75
Unidades perdidas	3,96	5,07	4,77
Tiempo perdido:	8,54	9,49	8,35
Eficiencia	98,37%	98,19%	98,41%
Eficacia	98,37%	98,19%	98,41%
Productividad	96,77%	96,42%	96,85%
Índice de producción	1,84 un/hora - rec	1,98 un/hora - rec	1,99 un/hora - rec

Se logra un aumento de la productividad para todos los escenarios, pasando de 31,58% a un 94,55%, lo que corresponde a un 62,97% de aumento en el caso del escenario 1, adicionalmente se comparan los resultados del índice de producción el cual actualmente se encuentra en 0,96 unidades/hora - recurso con 13 empleados, sin embargo, el cambio y aplicación de las herramientas permite resaltar que con el escenario 1 se logran 1,10 unidades/hora- recurso, un 12,72% por encima del estado actual y con 2 empleados menos.

4.3.2.2. Impacto Financiero

Las propuestas encontradas a partir de la aplicación de las herramientas al contexto actual de la empresa proponen cambios físicos, de recursos humanos y de método según los escenarios evaluados ya que en estos cambia la cantidad de empleados contratados y unidades finales mensuales producidas en la tabla 23 se puede observar el requerimiento de recursos físicos para la implementación de las herramientas tenidas en cuenta en este proyecto, el detalle de los costos de cada ítem se presentan en el **Anexo 23**.

Tabla 23. Inversión del proyecto

INVERSIÓN DEL PROYECTO			
	Item	Nota	Total
Herramienta 5's	Compra de Racks (banda transportadora de Rodillos)	1	\$ 2.000.000
	Compra cinta delimitante de objetos	2	\$ 274.900
	Adecuación de puestos	3	\$ 300.000
	Tablero de Trabajador del Mes	4	\$ 95.000
Layout	Compra de Cinta reflectiva para piso	5	\$ 130.000
	Compra de mesa para juntas	6	\$ 350.000
	Compra de sillas para sala de juntas	7	\$ 760.000
	Compra de lockers	8	\$ 550.000
	Compra de mesas para cafetería	9	\$ 210.000
	Compra de sillas para cafetería	10	\$ 480.000
Tableros de Gestión visual	Compra tablero de control	11	\$ 115.000
			TOTAL \$ 5.264.900

Fuente: Construcción de los Autores

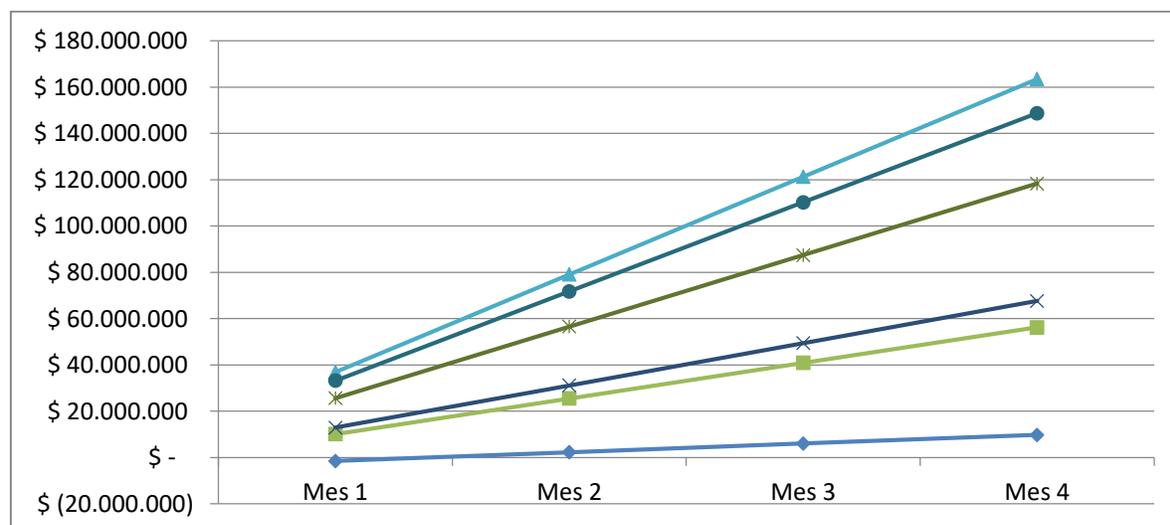
Se realizó el estudio del impacto financiero evaluado por cada escenario obteniendo que el punto de equilibrio o recuperación de la inversión del proyecto se obtiene en el caso más largo (Escenario 1) en el mes 2 y en el resto de los casos en el primer mes, la tabla 24 permite ver el contraste de la caja acumulada obtenida por cada escenario y su respectiva gráfica.

Tabla 24. Caja acumulada por escenarios

Caja acumulada en meses por escenarios				
Escenario/Período	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1	\$ (1.495.389)	\$ 2.274.121	\$ 6.043.632	\$ 9.813.142
2	\$ 10.120.886	\$ 25.506.672	\$ 40.892.458	\$ 56.278.244
3	\$ 12.961.670	\$ 31.188.240	\$ 49.414.810	\$ 67.641.380
4	\$ 25.649.029	\$ 56.562.957	\$ 87.476.886	\$ 118.390.815
5	\$ 33.247.065	\$ 71.759.031	\$ 110.270.996	\$ 148.782.961
6	\$ 36.940.923	\$ 79.146.746	\$ 121.352.569	\$ 163.558.393

Fuente: Construcción de los Autores

Gráfica 3. Caja acumulada por escenarios



Fuente: Construcción de los Autores

Es importante conocer si es más rentable continuar contratando las empresas satélites que producir en la empresa según cada escenario propuesto, ya que el aumento de la cantidad de trabajadores podría aumentar el

costo final del producto, para esto fue calculado el costo de la unidad de kepis por cada escenario y fue comparado con el costo que las empresas satélites cobran a la empresa como se observa en la tabla 25.

Tabla 25. Costo de fabricación vs. satélite

Procedencia		Costo Unid
Empresa	Escenario 1	\$ 12.283
	Escenario 2	\$ 9.280
	Escenario 3	\$ 8.916
	Escenario 4	\$ 7.535
	Escenario 5	\$ 7.007
	Escenario 6	\$ 6.852
Satelite		\$ 11.500

Fuente: Construcción de los Autores

Como se observa en la tabla 25 el único escenario en el que el valor de la unidad de kepis es mayor al costo del satélite es en el Escenario 1, sin embargo, este escenario contempla únicamente 11 empleados y una producción aproximada de 112 unidades, el valor de \$11.500 pesos corresponde al precio que paga la empresa por recibir 1 unidad de parte del satélite, por otra parte como se mencionaba en capítulos anteriores aproximadamente el 33,3% de las unidades producidas por el satélite llegan con defectos. Se realizó un estudio con el fin de conocer cuáles eran los defectos con los que estas unidades llegaban y qué operaciones eran necesarias para corregirlas para calcular un costo aproximado de kepis final el cual corresponde los \$11.500 pesos más el costo del error, estos precios fueron obtenidos según el precio de cada operación por escenario como se observa en la tabla 26.

Tabla 26. Impacto Financiero

Errores Frecuentes en los satélites								
Error	Operación que lo mejora	Tiempo de arreglo	Costo arreglo					
			Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Hilos salidos	Cortar residuos de hilo	3,28	\$ 1.956,76	\$ 1.213,19	\$ 1.008,42	\$ 712,58	\$ 598,32	\$ 539,35
		Total	\$ 1.956,76	\$ 1.213,19	\$ 1.008,42	\$ 356,29	\$ 598,32	\$ 539,35
		Costo final	\$ 13.456,76	\$ 12.713,19	\$ 12.508,42	\$ 11.856,29	\$ 12.098,32	\$ 12.039,35
Hilos de otro color	Coser cascos	0,86	\$ 513,05	\$ 318,09	\$ 264,40	\$ 186,84	\$ 156,88	\$ 141,41
	Coser forro a gorra	0,33	\$ 196,87	\$ 122,06	\$ 101,46	\$ 71,69	\$ 60,20	\$ 54,26
	Cortar residuos de hilo	3,28	\$ 1.956,76	\$ 1.213,19	\$ 1.008,42	\$ 712,58	\$ 598,32	\$ 539,35
	Total	\$ 2.666,69	\$ 1.653,34	\$ 1.374,28	\$ 971,11	\$ 815,40	\$ 735,03	
		Costo final	\$ 14.166,69	\$ 13.153,34	\$ 12.874,28	\$ 12.471,11	\$ 12.315,40	\$ 12.235,03
Poco relleno	Rellenar gorra	0,33	\$ 1.873,24	\$ 1.161,41	\$ 965,37	\$ 682,17	\$ 572,78	\$ 516,33
	Coser forro a gorra	0,33	\$ 196,87	\$ 122,06	\$ 101,46	\$ 71,69	\$ 60,20	\$ 54,26
	Cortar residuos de hilo	3,28	\$ 1.956,76	\$ 1.213,19	\$ 1.008,42	\$ 712,58	\$ 598,32	\$ 539,35
	Total	\$ 4.026,88	\$ 2.496,65	\$ 2.075,25	\$ 1.466,45	\$ 1.231,30	\$ 1.109,94	
		Costo final	\$ 15.526,88	\$ 13.996,65	\$ 13.575,25	\$ 12.966,45	\$ 12.731,30	\$ 12.609,94

Fuente: Construcción de los Autores

Los valores obtenidos en la tabla 26 permiten corroborar que no son factibles los costos de las empresas satélite ya que por los defectos que estas unidades traen el costo de repararla y obtener una unidad en buen estado es más alta que el valor de producción de 1 unidad en la empresa.

4.3.2.3. Impacto Desperdicios

Para conocer el impacto de desperdicios fue necesario conocer las nuevas operaciones que se unen en un mismo puesto de trabajo, ya que todos los escenarios proponen la misma agrupación de operaciones en los puestos de trabajo es posible conocer un único impacto en desperdicio por recorridos. El contraste del desperdicio de recorridos se evidencia en un comparativo entre VSM de situación actual vs. la propuesta de diseño se presentan en la tabla 27, en el **Anexo 24** se encuentra el VSM final con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Tabla 27. Contraste disminución de desperdicios de transporte

Actual		Propuesta	
LT	34.98 min	LT	25.99 min
VA	20.56 min	VA	20.56 min

Fuente: Construcción de los Autores

El impacto obtenido gracias al diseño de ingeniería propuesto tuvo como resultado una disminución del lead time en 8.99 minutos.

5. Componente de Diseño en ingeniería.

5.1. Restricciones: A continuación, se evidencia la Tabla 28 con las restricciones halladas de tipo espacial y económico para la mejora de la productividad.

Tabla 28 Restricciones del sistema

Restricciones	Solución
Ninguna de las soluciones propuestas puede involucrar despido del personal actual de la Empresa Kepis de Colombia.	Se propuso aumentar la producción diaria teniendo en cuenta el escenario más rentable (escenario 6) en el cual se cuenta con 16,5 recursos, para lo cual se necesitan contratar 3 personas tiempo completo y 1 medio tiempo.
No es posible tomar en arriendo o compra otro lugar físico para la producción de Kepis	Se realizó un Layout que permite una redistribución de planta basado en disminuir transportes ubicando más cerca los procesos consecutivos y utilizando el espacio físico actual.
No es posible realizar ampliaciones	
El peso y dimensiones de la máquina troqueladora no permite ser trasladado a otros lugares o pisos.	Dentro del desarrollo del Layout se declara la restricción tanto de columnas como de la máquina troqueladora las cuales no son posible mover.

Fuente. Construcción de autores

5.2. Cumplimiento del estándar: Norma ISO 9001:2015 Capítulo 10: Mejora Continua

El proyecto mediante la implementación de tableros de gestión visual permite tener trazabilidad de los indicadores de modo que todos en la empresa tenga acceso al conocimiento de esta información, se establece un ambiente de mejora continua motivando a los trabajadores a cumplir las metas de calidad, seguridad, producción y productividad siendo participes de todos los procesos de la cadena productiva.

6. Conclusiones y recomendaciones.

Con la implementación de la herramienta Heijunka se lograron ofrecer 6 distintos escenarios con balanceo de línea que permiten mejorar el tiempo de ciclo de 4.68 a 1.75 minutos para el escenario 6. La realización de escenarios permite garantizar que los recursos están siendo utilizados de manera óptima y se encuentran en el lugar que presenta el mayor tiempo de producción, lo que garantiza que cada escenario incrementará la cantidad de unidades producidas.

La Herramienta 5's que propone una evaluación y reajuste de los puestos de trabajo, permitió organizarlos de tal manera que se facilite para el trabajador mantener el puesto de trabajo limpio de objetos que no agregan valor a la operación, adicionalmente fueron ubicados los objetos en lugares estratégicos para su fácil acceso y permanecía de los mismos obteniendo resultados cualitativos que permiten afirmar que estos cambios brindarán a los empleados disminución de sentimientos negativos hacia la empresa y mayor motivación.

Posterior del reajuste de los puestos de trabajo fue realizado el layout para el reordenamiento de las máquinas utilizadas en las operaciones para la producción de los kepis. Dado que los procesos y su orden son los mismo para cualquier referencia de producto y escenario el resultado de este será de ayuda no solo para mejorar la

productividad del kepis de seguridad escogido en este trabajo, sino en general para todos los productos que se realizan en la empresa y la cantidad que deseen producir. Entre los resultados más significantes se logró disminuir el transporte del trabajador del área de corte el cual se tenía que desplazar constantemente del cuarto piso al tercero, logrando unificar todo el proceso en una sola planta (tercer piso) a excepción de la troqueladora, la cual presentaba restricciones de movimiento y permanece en el primer piso. Como aporte adicional se diseñó en el cuarto piso una zona de cafetería en la que los empleados podrán almorzar y estar en la hora de descanso para evitar el uso de las máquinas de elaboración de kepis como mesa para manipular alimentos.

Con el fin de mantener el control de las herramientas aplicadas y el conocimiento del impacto generado por las mejoras, fue necesaria la elaboración y definición de indicadores que permitieran medir los aspectos de mayor relevancia para la empresa, estos son, calidad, producción, seguridad y productividad los cuales cuentan con una base de datos elaborada especialmente para su alimentación y análisis diario de los resultados obtenidos. Adicionalmente, la herramienta tableros de gestión visual, aporta al objetivo de mantener la disciplina ya que propone crear tableros visibles a todos los trabajadores de modo que se sientan partícipes de estos y esté en sus manos el mejoramiento continuo del proceso productivo de la empresa.

Se logra con las herramientas propuestas realizar las simulaciones correspondientes a la validación y los 6 escenarios propuestos para conocer la cantidad de unidades reales que se logra con los cambios efectuados, logrando un total de 295,23 unidades por jornada de trabajo para el escenario 6 que significan una productividad de 96,85%, mejorando el estado actual de la empresa él tiene una productividad del 33,32% con 115,45 unidades producidas por turno.

Se recomienda la aplicación de las herramientas en su totalidad para lograr el resultado simulado, sin embargo, las herramientas que mayor impacto presentan a la empresa son Heijunka y Layout, adicionalmente se recomienda la evaluación en el año donde se ganan licitaciones con el estado para kepis de policía y fuerzas armadas ya que se pueden presentar variaciones en la productividad y rendimiento de los trabajadores así como en días de temperaturas más altas ya que una gran parte de la planta productiva se encuentra en teja de plástico lo cual aumenta la fatiga frente a largos periodos de trabajo en estas temporadas. Adicionalmente, la evaluación y mejora del clima laboral en la empresa es un elemento importante para tener en cuenta y medir si mejorando este cambian los resultados.

7. Glosario

Calidad (AULA FACIL, 2009).

Es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas o implícitas preestablecidas. También puede definirse como la conformidad relativa con las especificaciones, a lo que al grado en que un producto cumple las especificaciones del diseño, entre otras cosas, mayor su calidad.

Competitividad

Se entiende por competitividad como la capacidad que tiene una empresa de generar un producto o servicio de mejor manera que su competencia. Esta capacidad es fundamental en un mundo de mercados globalizados, en donde el cliente es quien elige entre varias opciones lo que necesita.

Defectos

Repetición o corrección de procesos, también incluye re-trabajo en productos no conformes o devueltos por el cliente.

Eficiencia

Operaciones

Una operación describe una etapa de trabajo, los puestos de trabajo, instrumentos de inspección y características.

Proceso

Realización de pasos y movimientos necesarios para la obtención de un producto.

Productividad

Definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado con la cantidad de producción obtenida. Mejorar la productividad implica el perfeccionamiento continuo del actual sistema para alcanzar mayores resultados.

Proveedor

Es el criterio que revela la capacidad administrativa de producir el máximo de resultados con el mínimo de recursos.

Estandarización

Se conoce como estandarización al proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera estándar o previamente establecida. El término estandarización proviene del término estándar, aquel que refiere a un modo o método establecido, aceptado y normalmente seguido para realizar determinado tipo de actividades o funciones.

Inventario

Excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado.

Lead Time o Tiempo de Entrega

Es el tiempo total que transcurre desde que se genera la orden de fabricación hasta que el producto alcanza el estado de terminado o finalizado

Línea de Producción

La definición de una línea de producción especifica la capacidad máxima de unidades que puede producir la línea, el costo fijo de producción y el costo variable por unidad. También se define como el conjunto de productos de orientación o uso semejante.

Muda (Desperdicio)

Es una palabra japonesa que significa inutilidad desperdicio. Cualquier actividad o elemento dentro de los procesos de producción que añade costo sin generar valor al producto.

Un proveedor puede ser una persona o una empresa que abastece a otras empresas con existencias (artículos), los cuales serán transformados para venderlos posteriormente o directamente se compran para su venta.

Sobre-procesamiento

Es el hecho de hacer una operación varias veces, sin conocer que el resultado de esta pudo estar completo desde el inicio, utilizar las herramientas o equipos inapropiados.

Takt Time

Se define como el ritmo al que un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente. El Takt time se calcula dividiendo el tiempo efectivo de un proceso (turno o día) entre la cantidad de productos que el cliente demanda en ese lapso de tiempo. Por ejemplo, un proceso de ensamble tiene 26.000 segundos efectivos por turno y el cliente demanda 450 piezas por turno, el resultado de es de 58 segundos/pieza. Por tanto, cada 58 segundos el cliente nos compra una pieza de ese proceso.

Tiempo de espera

Tiempo en que el trabajo en proceso está esperando por el siguiente paso en la producción, operarios esperando por información o materiales para la producción, esperas por averías de máquinas.

Transporte

Movimiento innecesario de materias primas, trabajo en proceso o productos terminados, trasladar producto en proceso de un lado a otro, incluso cuando se recorren distancias cortas.

Referencias

- Alvarez Aguirre, Y. A. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/48916/1/43975876.2015.pdf>
- Arrieta Posada, J. G., & Botero Herrera, V. E. (s.f.). Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, pág. 30.
- AULA FACIL. (2009). *Lección 1. La Calidad en la Empresa*. Obtenido de <http://www.aulafacil.com/calidad-empresa/curso/Lecc-1.htm>
- Dorbessan, J. R. (2006). *Las 5S, herramientas de cambio*. editorial Universitaria de la UTN.
- EMPRESAS, W. Y. (2012). *La Cadena de Valor de Michael Porter*. Obtenido de <http://www.webyempresas.com/la-cadena-de-valor-de-michaelporter/>
- Erazo Delacruz, D. A., & Infante Diaz, E. (Octubre de 2013). *Tesis Universidad de San Buenaventura Colombia*. Obtenido de Propuesta de mejoramiento de la productividad de la línea de camisetas interiores en una empresa de confecciones por medio de la aplicación de herramientas lean manufacturing: <http://hdl.handle.net/10819/2212>

- FlexSim. (s.f.). *FlexSim Problem Solved*. Obtenido de <https://www.flexsim.com/es/simulation-software/#lean-six-sigma-simulation>
- Gacharná Sánchez, V. P., & González Negrete, D. C. (2013). *PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN LA EMPRESA*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/6330/GacharnaSanchezVivianaPaola2013.pdf;sequence=1>
- Kemmer S. L. Saraiva M. A. Heineck L. F. Pacheco A. V. L. Novaes M. D. V. Mourão C. A. M. A. & Moreira L. C. R. (2006). The use of andon in high rise building. *proceedings of the 14th annual conference of the international group for lean construction*.
- Lean Manufacturing 10. (2018). *Gestión visual en lean manufacturing. Objetivos*. Obtenido de Lean Manufacturing 10: <https://leanmanufacturing10.com/gestion-visual>
- Lean Solutions. (2017). *Gestión Visual*. Obtenido de Lean Solutions: <http://www.leansolutions.co/conceptos/gestion-visual/>
- López, D. B., Villa, C. A., & Niño, J. F. (2016). *Propuesta de diseño para mejorar las actividades de mantenimiento del centro de servicio del taller aeronáutico Aserpa*.
- Marchwinski, C. (2003). *Lean Enterprise Institute*. Obtenido de <https://www.lean.org/common/display/?o=11>
- Mejía Carrera, S. A. (2013). *ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA LÍNEA DE CONFECCIONES DE ROPA INTERIOR EN UNA EMPRESA TEXTIL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA*. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4922/MEJIA_SAMIR_ANALISIS_MEJORA_PROCESO_CONFECCIONES_ROPA_INTERIOR_EMPRESA_TEXTIL_MANUFACTURA_ESBELTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Niebel, B. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- Olofsson, O. (s.f.). *Introduciendo los beneficios*. Obtenido de World Class Manufacturing: <https://world-class-manufacturing.com/es/5S/why.html>
- Palacios Acero, L. C. (2012). *Ingeniería de Métodos movimientos y tiempos*. ECOE Ediciones.
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad, XXXVI*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757005>
- Universidad San Pedro. (2017). *Course Hero*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/profile/CountWrenMaster173/>
- Valle, A. (17 de Julio de 2017). *Reduzca costos y aumente la productividad en su industrial con 5's*. Obtenido de Fierros Industrial: <https://fierrosindustrial.com/noticias/reduzca-costos-aumente-la-productividad-en-industria-5s/>