

Redesign of a polystyrene packaging process for a distribution center: Case study of the productive logistics sector in Cartagena de Indias, Colombia.

Camilo Jose Molina Guerrero, Magíster en Dirección Logística¹, German Herrera Vidal, Magíster en Ingeniería², Eder Alexander Molina Vioria, Phd. en Ingeniería Automática³, Harold Cohen Padilla, Magíster en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo⁴ and Carla Florencia Torres Castillo, Ingeniera industrial⁵

^{1,2&3}Universidad del Sinúl Seccional Cartagena, Grupo DEARTICA, camilo.molina@unisinu.edu.co,

gherrerav@unisinucartagena.edu.co, Eder.molina@unisinu.edu.co

⁴ Fundación universitaria tecnológico Comfenalco h_eap10@yahoo.es, ⁵ Universidad nacional de San Juan, Argentina carlatcastillo16@gmail.com

Abstract - The objective of this study is to improve the efficiency of the polystyrene packaging process through the implementation of a new packaging machine design for a distribution center in the manufacturing sector in the city of Cartagena. Initially, a diagnosis of the current situation of the polystyrene packaging process was made, in order to determine the reasons or causes that affect the storage process, given that the demand required by customers is currently not met. Secondly, an analysis is proposed using different work methodologies such as static analysis, Ishikawa method, Value Stream Mapping and financial analysis to determine the causes of the problem and the feasibility of the project. In order to provide a solution to the problems identified in this research case, the implementation of one of the 3 alternatives exposed as a result of the research is proposed, taking as a reference the delay time in operations, usage times, bottlenecks, equipment capacities and costs associated with non-compliance.

Keywords -- Polystyrene, Amsty, Packaging, Service level, Logistics.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Rediseño de un proceso de Embalaje de Poliestireno para un centro de distribución: Caso de estudio del sector logístico productivo en Cartagena de Indias-Colombia.

Camilo Jose Molina Guerrero, Magíster en Dirección Logística¹, German Herrera Vidal, Magíster en Ingeniería², Eder Alexander Molina Vilorio, Phd. en Ingeniería Automática³, Harold Cohen Padilla, Magíster en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo⁴ and Carla Florencia Torres Castillo, Ingeniera industrial⁵

^{1,2&3}Universidad del Sinúl Seccional Cartagena, Grupo DEARTICA, camilo.molina@unisinu.edu.co, gherrerav@unisinucartagena.edu.co, Eder.molina@unisinu.edu.co

⁴Fundación universitaria tecnológico Comfenalco h_eap10@yahoo.es, ⁵ Universidad nacional de San Juan, Argentina carlatcastillo16@gmail.com

Resumen – *El presente estudio tiene como objetivo mejorar la eficacia de los procesos de embalaje de poliestireno a través de la implementación de un nuevo diseño de la máquina de embalaje para un centro de distribución del sector manufacturero de la ciudad de Cartagena. Inicialmente, se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso de embalaje de poliestireno, con el fin de determinar cuáles son las razones o causas que afectan al proceso de almacenamiento, dado que, actualmente se incumple la demanda requerida por los clientes. En segundo lugar, se propone un análisis mediante distintas metodologías de trabajo como lo son el análisis estático, método de Ishikawa, Value Stream Mapping y el financiero para determinar las causas de la problemática y viabilidad del proyecto. En aras de brindar una solución a la problemática identificada en el presente caso de investigación se propone la implementación de alguna de las 3 alternativas expuestas como resultado de la investigación, se toma como referencia el tiempo de demora en las operaciones, tiempos de uso, cuellos de botella, capacidades del equipo y los costos asociados al incumplimiento.*

Palabras clave -- *Poliestireno, Amsty, Embalaje, Nivel de servicio, Logística.*

I. INTRODUCTION (HEADING 1)

En la actualidad vivimos en un mundo dinámico y globalizado con cambios constantes en el ámbito empresarial, los cuales impulsan la creatividad e innovación para el desarrollo económico y productivo en las empresas. Esta necesidad reta al sector logístico cumplir con la demanda de los clientes, reduciendo costos productivos, eliminando pérdidas, reprocesos y generando una mayor productividad, específicamente en las exportaciones. En ese sentido, las empresas deben emprender con una meta fija para obtener los resultados apropiados que, le permitan tener una mejor rentabilidad. Es decir, se debe fortalecer los factores productivos en toda la cadena de suministro, para generar un

cambio significativo e imprescindible al interior de la compañía.

Por consiguiente, las organizaciones deben ir a la vanguardia de las necesidades del mercado, por ello, se debe fortalecer sus actividades a través de herramientas asociadas al diagnóstico y mejora de procesos, conllevándolas a incrementar la eficiencia y eficacia de éstos.

En Colombia, específicamente en el departamento de Bolívar, las condiciones del mercado actual, como son: las variables macroeconómicas, los factores financieros (tasas de cambios, divisas y flujo de caja) y los acuerdos comerciales juegan un papel de suma importancia cuando se habla de la gerencia integral empresarial.

De tal manera, muchas de las pequeñas y medianas empresas en su estructura organizacional no poseen una definición flexible de las etapas del proceso administrativos, que le permitan la mejora continua de los distintos eslabones de la cadena de valor. Asimismo, la cultura organizacional es una ficha clave en el direccionamiento empresarial; es decir, sus líderes y colaboradores deben establecer estrategias productivas innovadoras manteniendo la sostenibilidad de la compañía.

La pandemia del Covid-19, fue uno de los eventos que mayor impacto ha tenido en el mundo de la logística y de la industria, este ha ocasionado pérdidas económicas y déficit en el mercado global de ciertas industrias [1], no obstante, no todos los mercados contaron con el mismo impacto, como fue el mercado del poliestireno.

Es así que, el inexorable auge mundial de los plásticos y el caucho durante décadas se ha convertido en la categoría de material dominante de nuestro tiempo, basada en materias primas de bajo costo (principalmente subproductos de las refinerías de petróleo) y materiales para una amplia variedad de aplicaciones. Como resultado de esto, los materiales poliméricos han presentado una tasa de crecimiento anual promedio de más del 8 % desde 1950, representando la integralidad y omnipresencialidad en casi todo en nuestro mundo moderno [2]. En este sentido, la cadena de valor de los

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

polímeros en su conjunto se mantiene relativamente estable, incluso en tiempos de crisis en los mercados de aplicaciones individuales.

Teniendo en cuenta los antecedentes y la evidencia de tipo experimental para la realización de los procesos en la empresa Procargo zona franca SA, se identificaron las falencias a nivel de la productividad del proceso de embalaje y almacenamiento de los super sacos, acompañado de una baja eficacia y rentabilidad por incumplimiento de despachos ante los requerimientos del cliente, siendo factores determinantes para los cuales se requiere el nuevo diseño de una máquina ensacadora, que agilice los procesos productivos y de almacenamiento generando una mejora significativa en la disminución de tiempos, despachos satisfactorios e incremento del margen de contribución.

En ese marco de idea, se hace esencial la creación de un nuevo diseño de la máquina (ver figura 1) dentro de los cuales se deben tener en cuenta las variables de precisión y tiempos de operación; teniendo en cuenta el primer punto, la variable de precisión es importante porque el desperdicio de material (barreduras, mermas, etc.) puede generar costos muy elevados para la empresa Procargo zona franca SA; en cuanto al segundo, ésta cobra importancia porque se acelera su proceso y ejecución, generando la satisfacción del cliente junto con el aumento de la productividad y rentabilidad.



Fig. 1 Máquina de embalaje de poliestireno.

Ya que, una de las razones para el desarrollo de esta investigación es elaborar una propuesta innovadora en el campo de la logística y productividad para la empresa anteriormente mencionada, que sea versátil, eficiente y de bajo costo, mejore la efectividad de los procesos de embalaje del poliestireno y de otros materiales particulados al mismo tiempo; en conjunto con la optimización de los procesos de almacenamiento y despacho.

Asimismo, para los comerciantes de la industria del plástico y los consumidores del mercado, la propuesta debe ser confiable y segura, lo que redundará en una mayor rentabilidad, eficiencia e impacto en otros mercados.

En primera instancia se procede con la realización un diagnóstico al proceso de embalaje de la empresa Procargo Zona Franca SA, con el fin de observar y recopilar los datos necesarios que ayuden a planear estrategia para la mejora del proceso logístico y toma de decisiones.

Posteriormente, una vez obtenidos estos cálculos se plantea la viabilidad del proyecto sin generar un déficit en el flujo de caja de la empresa Procargo zona franca SA. Además de seleccionar las estrategias de mayor viabilidad para el

cumplimiento del objetivo general de esta investigación, es necesario elaborar un nuevo diseño de la máquina embalaje del poliestireno para fortalecer el proceso de embalaje de poliestireno, en conjunto con su almacenamiento antes de su exportación.

Finalmente, al plantear este nuevo rediseño se debe establecer una forma de medir y evaluar los tiempos operacionales para conocer la eficiencia y eficacia éste; es decir, presentar indicadores de gestión que permitan controlar las metas y objetivos esperados.

II. ESTADO DEL ARTE

Según Nieto Gonzales & Mayca Moreno en 2019 en su tesis “Diseño de una Propuesta de Mejora en los Procesos de Embolse, Despacho y Recepción de Producto en un Centro de Distribución de una Empresa de Fertilizantes ubicado en Matarani, a través de la Utilización de Herramientas y Metodologías de Ingeniería”, plantea las posibles alternativas para la mejora de la productividad y reducción de costos asociados al proceso de embolse y producción de mezclas, las cuales están enfocadas a la eliminación de los desperdicios que suceden dentro del proceso de despacho[3].

En el análisis de los autores se identificaron dificultades como una mala planificación de los recursos, tiempos muertos, deficiencia de transporte de mercancías, la no utilización de la capacidad instalada en almacén, reprocesos por fallas de dosificación de productos, generación de barreduras, mermas y desperdicios, incumplimiento en la demanda de los clientes. Dada a esta situación Gonzales y Moreno proponen la implementación de la manufactura esbelta para la solución de la situación actual de la empresa de fertilizantes.

Para ello, plantearon un nuevo sistema de planificación de despacho permitiéndole la reducción de los costos asociados a la contratación del personal por un valor de USD 40,251.00 (convertido en euro 37,269.44) dentro de los primeros 5 años. Asimismo, la opción de sustituir la actividad de control de los pesos mediante la compra de un controlador electrónico permitiendo la eliminación de paradas programadas e incrementado su productividad.

Luego que, Gonzales y Moreno aplicarán las herramientas dentro del proceso de embalaje, se obtuvo un efecto positivo en su productividad desde un valor de 56.75 TM/h a 64 TM/h, es decir, un 12.77% de su incremento. También, implementaron la metodología de las 5S's para la eliminación efectiva de los desperdicios, generando un ahorro de USD 2,083.71 (convertido en euro 1,928.70) dentro de los 3 primeros meses.

Podemos ver que dentro de sus proceso de embalaje del estudio, se encuentran problemáticas similares a las de Procargo Zona Franca Sa, cuya detección se da a partir de un diagnóstico que le permite determinar las causas o el origen de la baja productividad, para luego, realizar la aplicación de las herramientas como: estudios de métodos y tiempos para la optimización de los procesos, y mediante los resultados

obtenidos, establecer estrategias de la ingeniería u otras con el fin de incrementar su productividad.

Asimismo, Monja Cruz & Panta Huaman en su trabajo titulado como “Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Insumex S.A.” nos indica que mediante el uso de la herramienta de Value Stream mapping se identificaron todos los desperdicios que eran generados durante el proceso de almacenamiento, en conjunto con los altos tiempos de espera elevados para el alistamiento del área de producción, la cual solo tuvo en cuenta la clase A de todos los productos fabricados durante el último trimestre del año, siendo clasificados mediante el sistema de inventarios ABC.[4]

Por otro lado, realizaron el cálculo de la productividad real de la fábrica teniendo en cuenta la producción del año 2021, específicamente su primer trimestre. De acuerdo con los resultados presentados por el área de producción, se priorizaron los procesos de preparación para el área de molienda y ensacado, formulando una propuesta versátil basada en el SMED y las 5S para los dos tipos de familias de productos generados durante sus actividades. Gracias a ello, se obtuvo una reducción del tiempo de un 28.88% en la familia 1 y 31.97% en la familia 2, logrando incrementar la productividad de cada una de sus líneas de producción en 2.93% para la primera línea y un 3.23% para la segunda, en conjunto, con el incremento de la mano de obra en 3.04 % para la primera y 3.28 para la segunda.

Las anteriores investigaciones permiten observar y analizar el espectro de conocimiento sobre el caso de estudio de la presente investigación, y esto, genera una visión clara sobre el camino que se debe trazar y recorrer para lograr los objetivos estratégicos que plantea la organización del presente trabajo. En este sentido, la literatura en la frontera del conocimiento señala que el problema de investigación se puede resolver a partir del diseño, adaptación e implementación de Sistemas Lean Manufacturing. De esta manera, se busca a través de la implementación de este sistema el aumento de la eficiencia y la productividad en la organización.

Gestión del almacenamiento como factor clave dentro del proceso de embalaje.

En el primer grupo, la gestión de almacenamiento o inventario muestra los conceptos de centros de distribución y empaque, envase y embalaje. Por su parte, se debe aclarar que este concepto es muy importante ya que corresponde a las medidas de control de inventario. Como parte de la gestión de la cadena de suministro, la gestión del inventario supervisa el flujo de mercancías desde los fabricantes hasta los almacenes y desde esas instalaciones hasta el punto de venta.

Desde pequeñas empresas hasta grandes empresas, las organizaciones pueden utilizar la gestión de inventario para realizar un seguimiento del flujo de mercancías. Hay muchas técnicas de gestión y el uso de los métodos correctos garantizará que los productos correctos se entreguen en la cantidad correcta en el lugar correcto en el momento correcto [5].

Finalmente, el objetivo subyacente de los conceptos de este grupo aplicado a la presente investigación es minimizar los costos totales de inventario mientras se maximiza la capacidad de entregar productos a los clientes de manera oportuna.

Gestión de las operaciones para la eficiencia de los procesos

Finalmente, el último grupo se denomina gestión de las operaciones. Este nombre se ha acuñado debido a que los conceptos de este grupo se relacionan con estrategias, técnicas y metodologías orientadas a la mejora continua de las operaciones dentro del contexto productivo. Lo que se pretende con la implementación de este grupo de conceptos es que la conversión de materiales, la mano de obra y los servicios se usen de la forma más eficiente posible maximizar el beneficio de una organización. En otras palabras, se intentan equilibrar los costes con los ingresos para lograr el mayor beneficio operativo neto posible [6].

Por otro lado, la aplicación de las estrategias innovadoras a los sistemas productivos es de gran utilidad para mejorar la productividad en las organizaciones. Por ejemplo, las estrategias Lean se han implementado en innumerables sectores. Se puede encontrar en entornos de trabajo como la fabricación, la sanidad, las oficinas y la administración pública. En estos sectores, el principal objetivo de la fabricación ajustada es mejorar los procesos y reducir los residuos, lo que puede lograrse de forma fácil y eficaz implicando a los empleados en todos los aspectos de la organización. Este método adopta una postura de todo o nada en la mejora continua: todos deben participar para que al final tenga éxito [7].

Así, Lean Manufacturing es una estrategia destinada a proporcionar productos y servicios de calidad a los clientes de la manera más eficiente posible. Lean generalmente asegura el valor al identificar el desperdicio dentro del flujo de valor y eliminarlo siempre que sea posible. Las organizaciones que adoptan esta estrategia siempre se esfuerzan por buscar activamente oportunidades potenciales de mejora [6]. En general, un lugar de trabajo Lean debe tratar de eliminar el desperdicio con apoyo de todo el personal. En este sentido, si se elimina una tarea, la persona que la realiza debe reasignarse a otra ubicación en lugar de ser despedida. Las organizaciones que deciden adoptar Lean primero deben comprender los orígenes y objetivos de esta metodología [8].

Value stream mapping

El concepto ilustrado es el Value Stream Mapping (en adelante VSM), cuyo proceso permite visualizar cada paso de su proceso de trabajo en detalle. Este representa el flujo de bienes dentro de una organización desde un proveedor hasta un cliente [9].

El Value Stream Mapping muestra todos los pasos clave en el proceso de trabajo necesarios para entregar valor de principio a fin. En este se visualiza todas las tareas en las que está trabajando su equipo y proporcione informes de estado de un vistazo para ver el progreso de cada tarea.

Ahora bien, es importante señalar que “valor” dentro del espectro de conocimiento Lean Manufacturing es todo aquello por lo que paga el cliente. Sin embargo, cuando se trata de

Value Stream Mapping, algunos pasos no agregan valor directo al cliente, pero ayudan a garantizar la entrega del producto/servicio final. Un claro ejemplo de estos pasos es el control de calidad, que es insustituible en cualquier proceso productivo. Por supuesto, sus clientes no pagarán por estos chequeos, pero si entrega un producto final que no cumple con sus estándares y expectativas de calidad, no volverán a comprar [10].

Finalmente, el objeto principal del Value Stream Mapping es mostrar dónde se puede mejorar el proceso al visualizar tanto el valor agregado como los pasos de desperdicio. Este mapeo permite analizar sus procesos en detalle y obtener información precisa sobre dónde debe cambiar para mejorar su forma de trabajar [11]. Además, una mejor práctica es visualizar el tiempo que tardan los elementos de trabajo en completar un ciclo. El VSM destaca los flujos de trabajo actuales y centra la atención en futuras mejoras [9].

Actualmente, el proceso de embalaje consta con una etapa inicia en los procesos de recepción, el cual empieza con la programación de graneleras semanal por el proceso de operaciones, luego de esto, se genera una prealerta de ingreso de las graneleras en conjunto con el formulario de ingreso de la granelera, el cual es verificado en el ingreso en báscula de zona franca la candelaria. Al ingresar el vehículo, se recibe la remisión de producto y se procede a cambiar el estado de aviso de la mercancía, seguidamente, un auxiliar de operaciones verifica los precintos de seguridad y si el producto en la granelera es el indicado.

Más tarde, se procede acoplar los ductos de transporte de mercancía y encender el blower con el fin de dar inicio al traslado del producto hacia los silos de almacenamiento, al mismo tiempo un auxiliar debe colocar en la boquilla de salida de producto el big bag.

Por otro lado, antes de se realiza el llenado el auxiliar procede a buscar el número de estiba y el sello de guaya; cuando los silos han alcanzado su capacidad de llenado el operador procede a dosificar el producto en el big bag. Posterior al embalado del producto, el auxiliar de operaciones verifica si el peso es el indicado, sino procede a retirar o llenar manualmente el producto.

Al embalar el producto de forma efectiva, el auxiliar procede a ingresarlo en el WMS y finalmente, en apoyo de un operador de montacargas es ubicado y almacenado en bodega.

Para comprender de mejor forma lo anteriormente descrito ver la siguiente figura:



Fig 2. Flujo grama de procesos.

III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se describen las siguientes metodologías utilizadas para la ejecución de presente trabajo. Tomado como punto de partida un estado inicial, segundo un estado de estímulo (aplicación de nuevo diseño) y por último un estado de prueba posterior a la aplicación.

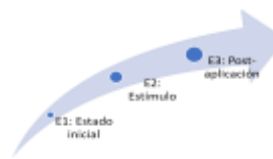


Fig. 3 Fases de desarrollo

Análisis Estático

Este método de investigación permite obtener datos importantes a través de la observación del desarrollo de actividades específicas, de las distintas áreas de la empresa que contribuyen al mejoramiento del proceso de embalaje. De acuerdo con la figura, se muestra las etapas del método estático para el desarrollo del proyecto.



Fig. 4 Etapas del método estático.

Desde la contextualización del proyecto con las áreas de la empresa Procargo Zona Franca Sa como lo son el área de gerencia, operaciones, dirección administrativa y financiera. Con el fin de recopilar datos que contribuyan al desarrollo de este proyecto.

Asimismo, de acuerdo la sesiones de trabajo mediante la lluvia de ideas y propuestas de valor para la gestión del soluciones, generando tareas y/o compromisos plasmados dentro del cronograma de actividades.

Método de Ishikawa

A través de esta herramienta conocida como diagrama de Ishikawa o espina de pescado en una de las técnicas implementadas para la identificación de los factores de un problema central, es decir, las causas que lo originan para determinar los resultados probables. Esto permite la mejora continua de los procesos dentro de la compañía. Este método se trabajó de forma conjunta con los colaboradores de la compañía realizando una lluvia de ideas para identificar el problema principal [12].

Este abarca las variables y perspectivas definiendo de forma específica los orígenes de nuestra problemática, generando la ruta guía para atacar directamente los focos que propician la situación actual.

A pesar, de ser una herramienta para el análisis de causas como lo es también el diagrama de Pareto que veremos en el siguiente subcapítulo, este no da respuesta una hipótesis planteada, sino que se desarrolla como herramienta de profundidad para crear mecanismos estratégicos de solución, gracias a la fácil interpretación de los datos que originan el problema y sus efectos.

A continuación, se muestra en la figura como es la representación gráfica de esta herramienta.



Fig. 5 Algoritmo para elaborar el diagrama general Ishikawa.

Para la aplicación de esta herramienta debemos seguir el siguiente algoritmo, el cual ilustra el paso a paso para a la identificación de las situaciones problemáticas y su causa raíz. Asimismo, generar propuestas de valor que contribuyan a la solución de estos.

Diagrama de Pareto

Este método logra agrupar las principales causas que afecta la continuidad eficiente del proceso de embalaje. Es decir, se reflejan mediante la relación 80-20, la cual nos indica que el 80 % de sus incumplimientos es generado a partir del 20 % de sus causas. A continuación, en la figura 12 se representa de forma gráfica el diagrama de Pareto.

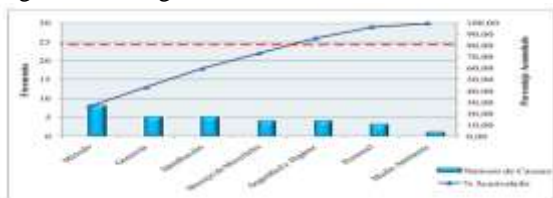


Fig. 6 Diagrama de Pareto para priorización de causas.[13]

Para el desarrollo de esta investigación, esta herramienta es fundamental para la identificación de los costos ocultos en el proceso de embalaje, tales como costos por ausentismo, mala dosificación, rupturas, mantenimientos, entre otros.

Value Stream Mapping

De igual modo, para la realización de esta investigación se propone la implementación de la herramienta Value Stream

Mapping con el fin de identificar y analizar todos los costos asociados a la no generación de valor o improductivos, es decir, los desperdicios que se presenten dentro de los procesos de la compañía, específicamente en los procesos misionales y de apoyo. Al ser una herramienta de la metodología *Lean* su esencia nos proporcionara las alternativas pertinentes para la optimización de diferentes variables como lo son tiempos de operación, tiempos de espera, derrames y mermas.

Por otro lado, el VSM permite ver de forma clara el flujo del proceso de embalaje de Procargo Zona Franca S.A mediante su representación gráfica, como podemos ver en la figura 7.



Fig. 7 Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos[14].

Gracias al VSM la compañía podrá rediseñar su proceso logístico productivo mediante el nuevo planteamiento de su flujo de valor, generando un proceso optimizado que cumpla con los objetivos trazados de la gerencia. Para la aplicación de esta técnica es importante seguir los pasos enunciados a continuación:

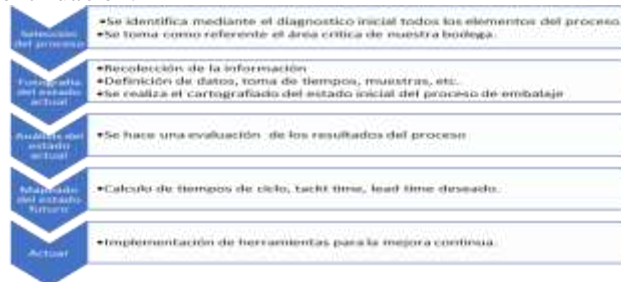


Fig. 8 Pasos la para la implementación del VSM.

Para la implementación de esta herramienta es necesario que todas las áreas implicadas puedan dar su aporte y percepción ante los resultados obtenidos mediante los focus group, con el fin de adaptar los procesos de acuerdo a los requerimientos actuales y futuros de nuestros clientes. Creando así un entorno más flexible y óptimo para los procesos

IV. RESULTADOS

Luego de implementar la metodología descrita anteriormente, se describen los resultados obtenidos en este capítulo, los cuales serán representados a través de gráficos, tablas de datos, fotos del resultado final, entre otros.

Análisis estático.

Se estableció un conjunto de alternativas con la gerencia y junta directiva, para lograr alcanzar la meta planteada en su hoja de ruta. Esto fue realizado mediante diagnóstico inicial resultado del trabajo en conjunto de los focus group al

respecto de rendimiento actual de la máquina, lo que, permitió establecer el cronograma de seguimiento y control del proyecto. De igual modo, se establecieron las herramientas para la mejora continua y gestión del cambio para facilitar la ejecución e implementación efectiva de la alternativa escogida.

Método de Ishikawa

Se observan los diferentes factores causales de la problemática actual de la empresa, mediante el diagnóstico inicial de la espina de pescado utilizado para comprender el origen del incumplimiento de la demanda requerida del proceso de embalaje del poliestireno en relación a la productividad de la máquina. Para ello, fue imprescindible trabajar con los colaboradores de la compañía, dando como resultado el siguiente diagrama (Ver figura 9).



Fig. 9 Diagrama de Ishikawa Procargo Zona.

Analizando la problemática central, se encontró que en las 6 espinas factores principales como fallas continuas de dosificación, Big bags rotos, sobre carga de trabajo, falta de procedimiento, generación de memas y poca cultura organizacional.

Diagrama de Pareto

Luego del análisis anterior, se identificaron las variables dependientes e independientes más relevantes, dando como resultado lo siguiente: **Variables dependientes:** Productividad de la máquina de llenado, pérdidas de producto y **Variables independientes:** Ausentismo, número de derrames de productos por dosificación, número de calibraciones de la máquina, número de obstrucciones de los ductos y número de rupturas.

I Tabla. Recolección de datos mensuales asociados a causales de incumplimiento.

Recolección de datos mensuales asociados a causales de incumplimiento								
Meses	Ausentismo	N° de derrame de productos por dosificación	N° de calibraciones de la máquina	N° de Obstrucción de ductos	N° Rupturas de Big Bag	Pérdidas por rupturas(TON)	Pérdidas por dosificación(TON)	Pérdidas totales
Enero	11	98	4	12	62	106	212	318
Febrero	16	123	7	15	48	91	272	362
Marzo	24	114	6	19	78	66	264	330
Abril	28	147	9	22	56	160	319	479
Mayo	33	156	10	24	96	137	410	547
Junio	17	174	11	21	87	129	516	645
Julio	14	152	7	20	65	165	331	496
Agosto	35	235	8	19	62	255	764	1019
Septiembre	14	27	6	17	59	16	66	82
Octubre	13	36	3	9	14	22	43	65
Noviembre	19	64	4	10	16	17	50	66
Diciembre	20	96	5	12	36	26	105	131

La tabla anterior representa los datos recolectados de las variables en el año 2021, estos fueron tomados del histórico de datos manejado por el área de operaciones y sistemas de gestión de la empresa, dando como resultado que el mes de agosto fue el mes con mayores pérdidas de producto para un total de 1019 Ton. De igual manera, vemos una tendencia

creciente de pérdida de producto en los dos primeros cuatrimestres, dando un acumulado de 4196 toneladas para el mes de agosto.

Analizando en detalle los factores encontrados en las sesiones de focus group, se realizó un diagrama de Pareto para determinar las más relevantes, dando como resultado el diagrama de la Figura 10.



Fig. 10 Diagrama de Pareto para proceso de Embalaje.

Como podemos ver en la figura 18, el 80% de sus causas están concentradas en las variables de derrame por dosificación y rupturas de big bag. Sin embargo, la variable ausentismo también es representativa a pesar de que no se vea representada como la del derrame por dosificación y rupturas.

Value Stream Mapping

Como se mencionó anteriormente, el proceso de embalaje esta dividido en cuatro fases iniciando con la recepción, operaciones, proceso de embalaje (unificación y alistamiento de la carga) y almacenamiento. Después de comprender el proceso, se realizó el estudio de tiempos con el fin de identificar el tiempo de ciclo del embalaje del poliestireno, definiendo las unidades de medida para cada una de las variables, las cuales están resumidas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Datos iniciales para el VSM.

Proceso de embalaje			
Jornada laboral	Unidad de medida	Embalaje	observaciones
Hr/Día		8	
Tiempo infectivo	Hr/Día	2.1	Charlas de seguridad, pausas activas, refrigerios, necesidades fisiológicas
Días hábiles /mes	Días	30	
Demanda Mensual	Ton	1000	
Tiempo disponible	Hr/Día	24	
Toneladas programadas/día	Ton/Día	33	
Toneladas embaladas/día	Ton/Día	27	
# de máquinas	unid	1	
# de operadores	unid	3	Se necesitan 3 un operador para la máquina, otro para el montacargas y otro para corregir el error de dosificación
% Errores de dosificación	Porcentaje	82	
Tiempo de transporte de mercancia por Ton	Min/ton	40	
Tiempo de cambio de producto	Min	30	

Proceso de embalaje		
Lead time	Hr/Ton	528.2
Takt time	Hr/Ton	0.25
Tiempo de ciclo	Hr/Ton	2.03
Tiempo total	Hr/Ton	530.23
Capacidad de Almacenamiento en bodega	Ton	1000

Esta estrategia tomo como base de partida una muestra representativa de 30 días laborales, esta se desarrolló en dos sesiones, la primera en comprender el flujo total de actividades del proceso de embalaje y la segunda fue la medición de tiempos de operación, utilizando un Excel el cual fue diligenciado día a día durante la operación, esta toma fue registrada en el estudio de las operaciones programadas durante todo un mes.

Durante la investigación presente se tomó para cada una de las actividades la toma de tiempos en el proceso de recepción, ubicación del carro tolva en muelle, la conexión de ductos de transporte de producto, el tiempo de transporte del poliestireno, tiempo de llenado(dosificación), el tiempo de reajuste de pesos, colocación de precintos, colocación de número de estiba y ubicación en almacén. Luego, se procede a estimar el tiempo en que se tarda el proceso para embalar un *big bag* de 1.250 kg, dando como resultado el tiempo de cada actividad, en ese sentido, se obtiene el tiempo de ciclo para la muestra tomada, el cual fue de 2:02 horas, equivalente a 122 minutos y un tiempo de ritmo 0.25 horas/tonelada, equivalente a 15 minutos por tonelada. (ver tabla 2)

Luego de determinar el tiempo en que se tarda el poliestireno al fluir por todas las actividades de la operación, se trazó en la figura 11 el Value Stream Mapping de la compañía, consolidando los datos de la tabla 2 en cada una de sus actividades.

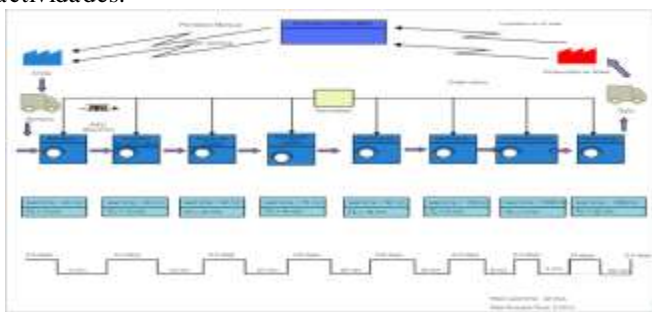


Fig. 11 VSM actual de Procargo

En la podemos observar como la bodega a través del ERP(Sislogic) controla el sistema actual, ya que, envía la información respectiva a cada uno de los procesos programando la recepción de pedidos, movimientos de compras, entre otros. Asimismo, este mapa refleja que cuando llega la orden de abastecimiento, los proveedores del poliestireno envían de forma semanal el carro tolva, teniendo en cuenta el tiempo de espera en el proceso de recepción de 40 minutos para poder ingresar a la bodega, posteriormente, al ingresar el carro tolva pasa al proceso de posicionamiento en muelle, el cual tiene como tiempo de proceso unos 12 minutos.

Una vez posicionado el carro tolva se procede a conectar los ductos se obtuvo el resultado un tiempo de proceso de 37 minutos. También, el tiempo de transporte hacia los silos de almacenamiento de producto fue de 40 minutos.

Luego al unificar el producto se obtuvo un tiempo de 18 minutos para su embalaje, del mismo modo, las actividades de verificación y posicionamiento en bodega fue de 14 minutos, culminando aquí el proceso de embalaje.

Por otro lado, se aplicaron métricas para determinar el estado actual, como lo fueron el porcentaje de cumplimiento de la demanda, la capacidad real y la capacidad esperada, porcentajes de desperdicio y aprovechamiento del tiempo, estas son representadas en las siguientes figuras:



Fig. 12 Porcentaje de cumplimiento de la demanda.

Con el sistema actual, vemos que durante un año de operación solo logramos cumplir con el 64 % de los requerimientos de nuestros clientes, se evidencia un 36 % de incumplimiento de la demanda.

Para el caso del análisis de la capacidad de efectiva, se obtuvo como resultado un 68% frente a 92% de la capacidad real, dejando un 24% de ineficiencia como lo podemos evidenciar en la figura 13.



Fig. 13 Capacidad efectiva del proceso

La siguiente figura permite ver la métrica de los desperdicios que se generan a partir del proceso de embalaje del poliestireno. En esta figura, se reflejan los causales identificados por las espinas de nuestro diagrama de Ishikawa (ver figura 10).



Fig. 14 Porcentaje de desperdicio generado.

En la figura 22, obtuvimos que la mayor fuente de desperdicio fue originada por errores de dosificación, la cual es representada con un 54% de las causas totales de desperdicio. De igual forma, se obtuvo un 26 % de desperdicios por rupturas de *big bag*, abarcando entre las dos un 80% de los desperdicios.

Del mismo modo, analizando los datos de los tiempos de operación en la bodega, se logró determinar en la figura 15, el porcentaje de utilización o aprovechamiento del tiempo de operación.



Fig. 15 Porcentaje de aprovechamiento del tiempo de operación

Los resultados de esta figura demuestran que el 83 % del tiempo de operación los trabajadores tenían una sobre carga de trabajo. No obstante, como podemos evidenciar hay un 56% de las horas de trabajo que fueron realmente aprovechadas.

Comprendiendo que, al analizar los datos del sistema, se logra evidenciar que el takt tiene es menor al tiempo de ciclo. (ver la figura 16).



Fig. 16 Tiempo de ciclo Vs Takt time.

En la figura anterior, evidenciamos que el takt time para un *big bag* de 1.250 kg es de aproximadamente 19 minutos para satisfacer la demanda requerida por el cliente, pero vemos que, los tiempos de ciclo para las actividades de conexión, transporte de mercancía y llenado (dosificación) son mayores. Luego de identificar las alternativas a la situación actual, se plasmó en un nuevo VSM considerando las nuevas características del sistema escogido para la realización del embalaje del poliestireno, dando como resultado la figura

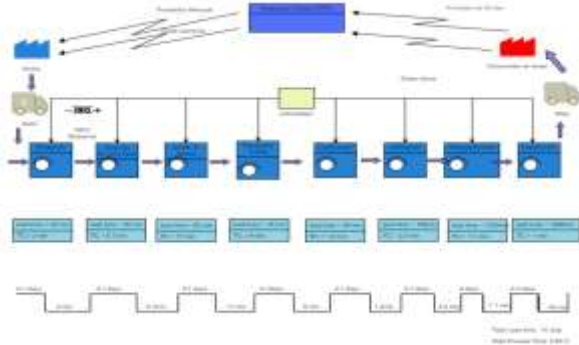


Fig. 17 Nuevo VSM.

Con este nuevo mapa de valor, se redujo el tiempo total de procesos a 0.65 horas, permitiendo la reducción de desperdicios en más de un 78 %, gracias a la simulación realizada con el director de operaciones, se alcanzó la mejora de los procesos descrita en la siguiente figura, la cual, permite comparar el sistema anterior con el nuevo diseño de la máquina.

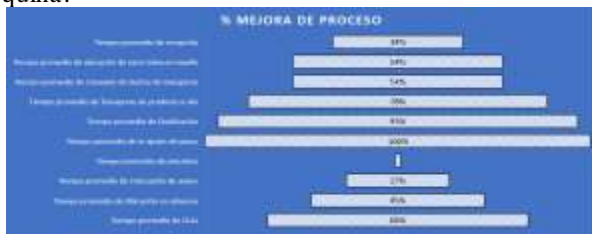


Fig. 18 Porcentaje de mejora de los procesos a partir del nuevo diseño. Los resultados de la implementación del nuevo VSM para el proceso de recepción logro un 34% de mejora, generando menos cuellos de botella para ingresar a las instalaciones. Asimismo, el tiempo de ubicación del carro tolva en nuestros muelles y conexión de los ductos de transporte se redujeron en un 54%. Evidenciamos como se elimina la actividad de reajuste de pesos al ver la mejora de un 100%, con la optimización del sistema de blower a presión positiva, se alcanzó una mejora en el tiempo de transporte hacia los silos de 78% y una mejora de 93% al tiempo de dosificación (llenado). Finalmente, el tiempo de ciclo se logró

mejorar en un 68%, pasando de un tiempo de ciclo de más de 2 horas de trabajo a un tiempo de ciclo de 39 minutos.

V. CONCLUSIONES

La mejora de los procesos dentro de las empresas se debe a la implementación de diferentes metodologías que le permitan el diagnóstico actual de su situación, permitiéndoles implementar estrategias de optimización de procesos como fue la utilización del value stream mapping, el cual, analizó los flujos de valor, tiempos operacionales y de espera. Luego, se procedió a implementar un nuevo flujo de proceso con el VSM.

En cuanto a las nuevas métricas, se resalta la eliminación del reproceso del llenado de los big bag. También, se incrementó el nivel de servicio en la bodega representado en una mejora del 68% del tiempo de ciclo del proceso de embalaje como lo muestra la figura 26. Simultáneamente, una mejora del 93% del tiempo de dosificación (llenado) y un 78 % de mejora en el proceso de transporte de mercancía hacia los silos, pasando de ser cuellos de botellas a elementos óptimos del sistema. Finalmente, el proyecto contribuyó a la mejora económica y financiera de la empresa mediante el incremento de su capacidad y el aprovechamiento de sus recursos, brindando los elementos necesarios para incursionar en nuevos mercados. Asimismo, se notó la integración y trabajo interdisciplinar entre las distintas áreas de la empresa, favoreciendo a la innovación y mejora continua de la empresa. Por otro lado, de este trabajo se puede investigar y proponer estrategias para la mejora de la productividad mediante herramientas basadas en los sistemas lean como 5' s, Kanban, SMED, just in time, poka yoke, entre otros. Asimismo, proponer las posibles investigaciones como implementar estrategias para impulsar el uso de empresas localizadas en zona franca y obtener beneficios para ser más competitivos en el comercio exterior acompañado de la realización de un estudio de mercado con el fin de comprender las nuevas tendencias para el embalaje a la carga a granel y posterior exportación del poliestireno.

REFERENCES

- [1] Pérez, A., Osorio, Wi., & Padierna, M. (2021). Impacto del Covid-19 en la Logística internacional
- [2] Radiografía de la industria del plástico 2022 (1a parte). (s. f.). Interempresas. Recuperado 20 de octubre de 2022, de [https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/393730-Radiografia-de-la-industria-del-plastico-2022-\(-1-parte\).html](https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/393730-Radiografia-de-la-industria-del-plastico-2022-(-1-parte).html).
- [3] Nieto Gonzales, F. J., & Mayca Moreno, S. R. (2019). Diseño de una propuesta de mejora en los procesos de embole, despacho y recepción de producto en un centro de distribución de una empresa de fertilizantes ubicado en Matarani, a través de la utilización de herramientas y metodologías de ingeniería.
- [4] Monja Cruz, J. M., & Panta Huaman, T. (2022). Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Insumex S.A., Lima 2021. Universidad Privada Antenor Orrego. B. Simpson, et al, "Title of paper goes here if known," unpublished.
- [5] Marquès, G., Thierry, C., Lamothe, J., & Gourc, D. (2010). A review of Vendor Managed Inventory (VMI): From concept to processes. *Production Planning & Control*, 21(6), 547-561.

- [6] Sabbaghtorkan, M., Batta, R., & He, Q. (2020). Prepositioning of assets and supplies in disaster operations management: Review and research gap identification. *European Journal of Operational Research*, 284(1), 1-19.
- [7] Önsel Ekici, Ş., Kabak, Ö., & Ülengin, F. (2019). Improving logistics performance by reforming the pillars of Global Competitiveness Index. *Transport Policy*, 81, 197-207.
- [8] Ivanov, D., Tang, C. S., Dolgui, A., Battini, D., & Das, A. (2021). Researchers' perspectives on Industry 4.0: Multi-disciplinary analysis and opportunities for operations management. *International Journal of Production Research*, 59(7), 2055-2078.
- [9] Knoll, D., Reinhart, G., & Prügmeier, M. (2019). Enabling value stream mapping for internal logistics using multidimensional process mining. *Expert Systems with Applications*, 124, 130-142.
- [10] Masuti, P. M., & Dabade, U. A. (2019). Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company. *Materials Today: Proceedings*, 19, 606-610.
- [11] Phuong, N. A., & Guidat, T. (2018). Sustainable value stream mapping and technologies of Industry 4.0 in manufacturing process reconfiguration: A case study in an apparel company. 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), 85-90.
- [12] Delgado, B., Dominique, D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). El Diagrama De Ishikawa Como Herramienta De Calidad En La Educación: Una Revisión De Los Últimos 7 Años
- [13] Cotrina Rojas, J. D. (2021). Mejoras en la gestión de almacenes de suministros de una empresa: Una revisión de la literatura científica.
- [14] Serrano Lasa, I. (2007). Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos. *Universitat de Girona*.