



ARTÍCULO ORIGINAL



Cadena de Suministro Sostenible en los negocios del sector plástico mediante la utilización de la Biotecnología

Sustainable Supply Chain in business in the plastic sector using Biotechnology

Ernesto Altamirano Flores^{1*}; Oscar Rafael Tinoco Gómez²; Diego Samar Tarazon³; Alejandro Tapia Landa³

^{1*} Docente asociado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

² Docente principal de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

³ Bachiller de Universidad de Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

* Autor de correspondencia: ealtamirano@lamolina.edu.pe

Recepción: 20/06/2021; Aceptación: 15/12/2021; Publicación: 30/12/2021

Resumen

Con base en la problemática del sector industrial, sobre la comercialización de plásticos, que se ha visto afectado por la implementación de la ley que restringe el uso y comercialización de plásticos de un solo uso a través de la implementación de la Ley N.º 30884 – “Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables”; este artículo propuso la implementación de un nuevo modelo de producción en base al *Lean manufacturing* con enfoque biotecnológico en una Mype de la industria plástica. Por este motivo, se eligió un método de investigación transversal a la cadena de suministro con un enfoque sostenible mediante la aplicación de biotecnología. Esta técnica utiliza recursos naturales para elaborar productos sustitutos de los plásticos de un solo uso y lograr un producto sostenible. La metodología empleada fue no experimental y descriptiva, elaborando una propuesta de alternativa sostenible en la producción de plásticos de un solo uso por plásticos biodegradables que cumpla con la metodología *Lean manufacturing*. Finalmente, la conclusión más importante de la investigación fue que, efectivamente, mediante la implementación de la metodología propuesta se redujo mermas y mejoró la rentabilidad.

Palabras clave: Biotecnología; suministro; sostenibilidad; biodegradable; plástico.

Forma de citar el artículo: Altamirano, E., Tinoco, O., Samar, D., Tapia, A. (2021). Cadena de Suministro Sostenible en los negocios del sector plástico mediante la utilización de la Biotecnología. *Natura@economía*. 6(2), 118-131. <http://dx.doi.org/10.21704/ne.v6i2.1941>

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ne.v6i2.1941>

* Autor de correspondencia: Ernesto Altamirano Flores. Email: ealtamirano@lamolina.edu.pe

© El autor. Publicado por la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

El artículo es de acceso abierto y está bajo la licencia CC BY

Abstract

Based on the problems of the industrial sector, on the commercialization of plastics, which has been affected by the implementation of the law that restricts the use and commercialization of single-use plastics through the implementation of Law No. 30884 – “Law that regulates single-use plastic and disposable containers or containers”; This article proposed the implementation of a new production model based on Lean manufacturing with a biotechnological approach in a Mype of the plastic industry. For this reason, a research method transversal to the supply chain with a sustainable approach through the application of biotechnology was chosen. This technique uses natural resources to produce substitute products for single-use plastics and achieve a sustainable product. The methodology used was non-experimental and descriptive, developing a proposal for a sustainable alternative in the production of single-use plastics for biodegradable plastics that complies with the Lean manufacturing methodology. Finally, the most important conclusion of the investigation was that, effectively, through the implementation of the proposed methodology, losses were reduced, and profitability improved.

Keywords: Biotechnology; supply; sustainability; biodegradable; Plastic.

1. Introducción

En el año 2017, América Latina alcanzó una producción de 348 millones de toneladas de plástico, equivalente al cuatro por ciento de la totalidad producida en el mundo (Mundo Plast, 2017). Específicamente, Perú mantuvo una tasa de crecimiento promedio de su Producto Bruto Interno (PBI) en 4 % al cierre del año 2018 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019). En el mismo año, en Perú, la oferta de la industria de plásticos se distribuyó de la siguiente manera: 41 % para materiales importados y 59 % para producción nacional. Del total de la oferta, se destinó el 20 % para aplicaciones finales en los polímeros que dan origen a la producción de plásticos flexibles y el 23 % de estos últimos, fueron específicamente destinados a la fabricación de bolsas plásticas de un solo uso (Sociedad Nacional de Industrias [SIN], 2018).

Con la entrada en vigor de la Ley N.º 30884 – “Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables”, por disposición del Estado peruano (Diario El Peruano, 2018), se prohibió la fabricación, comercialización y

utilización de los plásticos de un solo uso en pro del medio ambiente. Adicionalmente, los problemas internos de la empresa ABC (seudónimo a pedido de la organización) se atribuyeron a una ineficiencia operativa que se tradujo en bajas económicas para la organización. Por todo lo antes expuesto, se desarrollaron nuevas alternativas con soluciones innovadoras para sobrellevar la implementación de la normativa que tiene como principal objetivo disminuir los niveles de contaminación para salvaguardar la calidad del ambiente de manera sostenible.

Se le implementó a la empresa ABC estrategias de *Lean manufacturing* que le brindarían eficiencia operativa en la agilización de las operaciones de producción y uso de los recursos naturales que son parte de los insumos que son base de la materia prima necesaria como, por ejemplo; el almidón de yuca y plastificantes (AvaniEco, 2020).

Como antecedente, existe una empresa llamada European Bioplastics dedicada a la fabricación de plásticos biodegradables a base de almidón de maíz, el cual le permite obtener la certificación de bioplástico a

partir del uso de técnicas convencionales para la elaboración del plástico variando la materia prima con la posibilidad de reducir mermas y llegar a niveles óptimos de producción (European Plastic, 2020). Otro ejemplo en el uso de esta materia prima sostenible es la empresa española Green Cycles, que brinda al mercado productos biodegradables con altos estándares de calidad; además cuenta con maquinaria que le permite obtener productos eficientes y biodegradables haciendo atractiva la idea para captar financiamiento en nuevas tecnologías (Green Cycles, s.f.).

Para lograr la implementación de las metodologías, fue necesario viabilizar la disposición de recursos tecnológicos, financieros y humanos, así como también la disposición de herramientas y equipos que pudieran mejorar los análisis, elaboraciones de flujogramas y diagramas de procesos a fin de establecer medidas de prevención y soluciones a partir de la mejora continua en los puntos críticos (Yunez y Lopez, 2016). El sector industrial de los plásticos es altamente competitivo, lo cual requiere mejorar la supervisión y el control de los procesos operativos. Las empresas dedicadas a la industria plástica buscan constantemente mejorar sus procesos con tecnología más eficientes y sostenibles con el ambiente. Por ello, prefieren incursionar y desarrollar plásticos biodegradables a base de polímeros naturales tales como: almidones de maíz, yuco, papa, celulosa y ácido láctico (Rujnić-Sokele y Pilipović, 2017; Masmoudi et al., 2016).

El objetivo principal del estudio se centró en medir los resultados de implementar la metodología Lean manufacturing, que se enfoca en la reducción de mermas, en dos tiempos (inicial y final) para minimizar costos de producción y de esa manera obtener capacidades competitivas ante los competidores directos.

Los objetivos secundarios de este artículo se enfocaron en brindar una solución a la problemática, planteando estrategias basadas en la metodología 5S, la gestión

de procesos y la biotecnología para optimizar la implementación del proceso de Lean manufacturing con enfoque en la biotecnología en el sector de plásticos, mejorando indicadores de eficiencia, rentabilidad y la satisfacción de los clientes a través de un desarrollo sostenible que permita competitividad empresarial.

2. Materiales y métodos

La metodología utilizada para desarrollar el artículo fue de tipo no experimental, basada en la aplicación de una simulación con el software Arena, que permitió la aplicación de diferentes herramientas de calidad y administración para mejorar la competitividad de las empresas. Así mismo, se mantuvo un alcance descriptivo, pues se realizó una exhaustiva búsqueda de información para describir los resultados obtenidos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El modelo que se propuso fue desarrollado para empresas del sector plástico que, de alguna manera, se han visto afectadas por las regulaciones del Estado. En primera instancia, se aplicó un Modelo de Producción Lean manufacturing con un enfoque en Biotecnología, donde se utilizaron productos naturales como alternativas, tal es el caso de biopolímeros de almidón de maíz, yuca y papa; también se consideró la celulosa y el ácido poliláctico (PLA), que son parte indispensable en la producción de plásticos que sean biodegradables (Masmoudi et al., 2016).

El biopolímero natural a base del almidón de maíz posee gran potencial como alternativa al uso de los combustibles fósiles. Además, es un recurso natural muy accesible y de bajos costos. Adicionalmente, una técnica para mejorar la producción de las películas de almidón requiere que el almidón sea oxidado con plastificantes. Por ejemplo, la glicerina da mejores resultados que las películas plásticas, las cuales tienen aplicaciones diversas para los plásticos como: el extruido y el trefilado (Alam et al., 2016).

El producto tiene potencial de minimizar los niveles de contaminación ambiental gracias a los tiempos de degradación más cortos, aproximadamente entre tres y cuatro años, en diferentes entornos y condiciones ambientales (Napper y Thompson, 2019). Estas nuevas tecnologías se realizaron para que los procesos se adapten a los lineamientos medioambientales que hayan sido establecidos por el Estado. Así, como también identificar las falencias dentro de la organización que originen ineficiencias operativas de los procesos o no, por el Estado o la opinión pública mediante el establecimiento de soluciones que sean viables en la mejora y restauración de los procesos en los puntos críticos en la organización.

De manera seguida se desarrolló un modelo de producción que se adapten a los cambios en el sector durante los últimos años para lograr la adecuación a lineamientos medioambientales. En el modelo que se propuso en esta investigación se desarrolló la implementación de metodologías Lean manufacturing a partir de un enfoque biotecnológico como se puede visualizar

en la figura 1, este proceso logró mejorar la eficiencia dentro del proceso de producción, la rentabilidad de la empresa y la satisfacción de cada uno de los clientes.

En el momento en el que los negocios comienzan a implementar modelos de producción que tengan enfoques biotecnológicos, son capaces de generar procesos más eficientes y limpios (Oficina Internacional del Trabajo [OIT], 2013). De la misma manera se obtiene una disminución en los desechos contaminantes y también en el consumo de energía y se garantiza la efectividad de los procesos, logrando aumentar los beneficios dentro de la empresa.

Para iniciar con el proceso productivo, como se observa en la figura 2, se presentó el formato para mejorar el control y la supervisión de aquellos requerimientos que se utilizaron en implementación del proceso.

En este punto se detalló quién sería el responsable del proceso, cuál sería el número de órdenes de producción, las fechas establecidas y también los suministros de materiales biotecnológicos. De esta manera, se pudo determinar el porcentaje y a su vez la

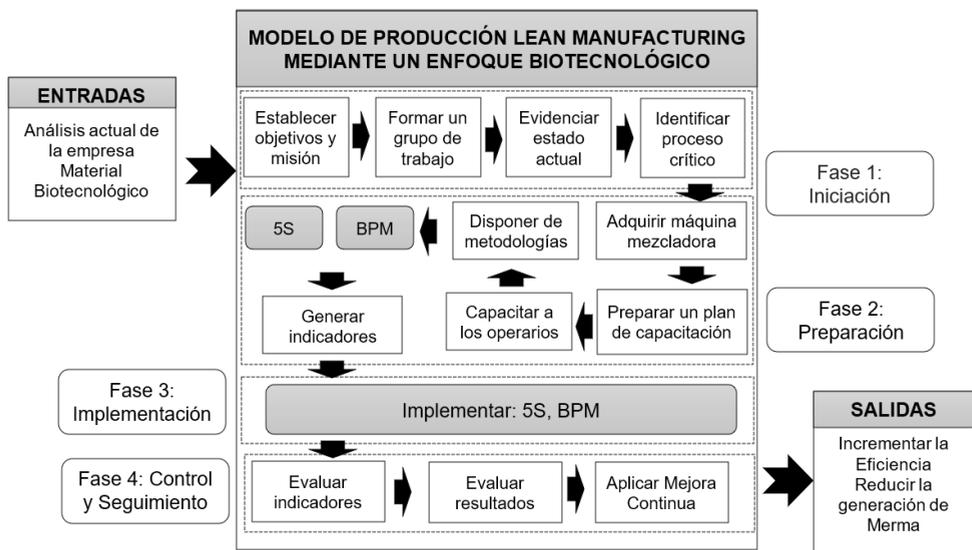


Figura 1. Modelo de producción Lean manufacturing mediante un enfoque Biotecnológico

cantidad necesaria para producir el material biodegradable, el cual presentó la siguiente proporción: 60 % de almidón de maíz, 30 % de glicerina vegetal y 10 % de agua por cada 1 kg de bolsa biodegradable que se fabricó.

El estudio ordenó la aplicación de las metodologías en diferentes fases. En la fase 1 – implementación – se establecieron los objetivos, los indicadores y la misión; para obtener un nivel de eficiencia superior al 85 % dentro del proceso productivo y reducir la merma dentro de los procesos considerados críticos en al menos un 2 %. Estos dos valores permitirían obtener una relación de costo/beneficio >1 y también asegurar un valor ROI mayor a 5 %.

Por otro lado, fue necesario asegurar la elaboración de productos a base de materiales biotecnológicos que cumplieran con todos los lineamientos medioambientales que se hubieran establecido por el Estado peruano, que garanticen que los procesos de producción sean más eficientes y limpios dentro de las organizaciones.

Posteriormente, se formaron grupos de trabajo en función de los requerimientos necesarios para la empresa ABC estableciendo organigramas, procedimientos y actividades que deberían realizarse para evidenciar el estado de implementación de un chequeo general del estado de la empresa. Identificando de esta manera, algunas fallas dentro de los procesos y proponer posibles soluciones para lograr mejoras.

En la segunda fase – preparación – se adquirió una máquina mezcladora para ser implementada en la línea de producción y fue necesario sustituir el proceso de trituración por el mezclado para, de esta manera, adecuar el enfoque biotecnológico dentro del proceso productivo y lograr la elaboración de un producto que cumpla con los estándares medioambientales y de calidad que exige el mercado actual.

Adicionalmente, se preparó un plan con instrucciones para capacitar a los especialistas en temas biotecnológicos y de producción. También se establecieron cooperaciones con el personal, a fin de

		FORMATO ORDEN DE PRODUCCIÓN			CÓDIGO: FOP001
					VERSIÓN: 01
					FECHA: 2020
RESPONSABLE:		JORNADA:			
N° ORDEN DE PRODUCCIÓN:		FECHA:			
ENTRADAS					
MATERIA PRIMA	%	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	OBSERVACIONES	
ELABORADO POR:			VERIFICADO POR:		

Figura 2. Formato para el orden de producción

motivarlos y se procedió a capacitar a los operarios en diversas actividades como la descripción de los procedimientos en formatos que deberían llenar antes, durante y después de la capacitación.

A los operarios se les explicaron las ventajas de aplicar metodologías como 5S y buenas prácticas de manufactura en la reducción de tiempos improductivos y también para reducir las mermas de los procesos de producción y así garantizar las mejoras en las eficiencias de la organización.

Con el objetivo de mejorar el conocimiento de los cambios que se realizaron en los procesos productivos, fue necesario capacitar a los colaboradores con los indicadores que se muestran en la figura 3, de esta manera todos los involucrados obtuvieron conocimiento de los procesos para mejorar la coordinación y la eficiencia al momento de realizar las labores cotidianas.

En la tercera fase – implementación – se propuso la metodología 5S para incrementar la eficiencia en los procesos productivos a través de cinco actividades claves: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar, disciplinar.

- Seiri (clasificar). Se eliminaron aquellos componentes que no aporten valor a la empresa ABC y se separaron las herramientas obsoletas e innecesarias dentro del proceso de producción.
- Seiton (ordenar) se determinaron áreas específicas y señalizadas de manera adecuada para cada herramienta y equipo y se emplearon etiquetas que permitieron un fácil reconocimiento que se relaciona con la producción.
- Seiso (limpiar) se limpió toda el área utilizada para la producción y de manera posterior se realizó un mantenimiento preventivo a todos los equipos y maquinarias, determinando las medidas y los horarios específicos para cada actividad.
- Seiketsu (estandarizar) se detalló la responsabilidad de cada operario con toda la información que concierne a los

procedimientos existentes dentro de los puestos de trabajo.

- Shitsuke (disciplinar) con la finalidad de mantener la filosofía de las 5s, se realizó un seguimiento dentro de la empresa a partir del orden y la limpieza brindando capacitación constante a todos los trabajadores.

Como último paso en la fase 3, se implementó la metodología BPM con el formato mostrado en la figura 3, la cual permitió que los objetivos e indicadores planteados cumplan con la mejora de los procesos de producción. A futuro, la empresa debería mantener en cada proceso la inspección de manera constante, detallando la duración de cada turno en horas cuando los inspectores estén operando y la utilización de cada maquinaria por parte de los trabajadores, además de establecer las cantidades de productos realizados en cada proceso, los tiempos que toma cada ciclo y también los tiempos muertos en unidades de minutos para cada proceso con el debido código que se le haya asignado.

La última fase – control y seguimiento – primero se evaluaron los valores obtenidos a través de los indicadores para analizar si se logró obtener el nivel de referencia esperada. Luego, se analizaron los resultados y se compararon con la situación inicial de la empresa ABC a la situación mejorada. Una vez que se implementaron las metodologías 5S y BPM, a través del software arena para lograr la simulación esperada. Al mismo tiempo, se propusieron mejoras para ser aplicadas en la organización a través de la mejora continua.

3. Resultados

Escenario de validación Inicial

Para lograr la validación del modelo que se propuso, se utilizó el *software* Arena, el cual permitió la comparación de los resultados obtenidos durante los procesos productivos iniciales y los procesos productivos que fueron propuestos en la empresa ABC.

		FORMATO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BPM							CÓDIGO: FIMBPM001
									VERSIÓN: 01
									FECHA: 2020
PROCESO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN:							FECHA:		
RESPONSABLE:							JORNADA:		
METODOLOGÍA BPM									
DURACIÓN DE TURNO EN HORAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Operador Inspección									
Operador Máquina									
Productos en proceso									
Tiempo de ciclo (minutos)									
Tiempo muerto (minutos)									
Código de tiempo muerto									
POSIBLES DEFECTOS POR ENCONTRAR									
Parada de máquina									
Mermas en el proceso									
Mal arranque de máquina									
Mal mantto en máquina									
Otras									
OBSERVACIONES									

Figura 3. Formato de implementación de la metodología BPM

Según Guerrero et al. (2019) cada caso a evaluar con la metodología LSS debe ser necesariamente adecuado a la necesidad de la institución. Para ello, se tuvo acceso a toda la información disponible dentro del sistema para evitar errores de inferencia en los resultados que se obtuvieron.

Los datos de la fase inicial se consideraron entradas para el software y sirvieron para analizar las distribuciones estadísticas de los valores de tiempo obtenidos en cada proceso operativo, desde la recepción de la materia prima hasta los procesos finales de corte y sellado.

Según Bermúdez et al. (2016) cuando una empresa implementa la metodología LSS contribuye a reconocer cuáles son las fallas en las que incurren las empresas. Dentro de las áreas evaluadas se analizó el número de máquinas y operarios involucrados en cada proceso, como se observa en la tabla 1. Las simulaciones trabajaron en base a las restricciones laborales de tiempo (8 horas/día), la capacidad instalada de la organización, específicamente de la planta

(13 toneladas al mes) y las cantidades registradas en la generación de mermas dentro de los procesos de recepción de materia prima y de extruido (5 % en cada proceso).

Diagnóstico inicial

Antes de realizar el estudio se hizo una evaluación previa del proceso productivo, en esta fase se identificaron tiempos de espera colas en los procesos de trituración y extruido, dando como resultado inicial un proceso con ineficiencias que se generaban a partir de 2 causas principales. La primera con un 61,54 % de impacto que se atribuyó a la parada de maquinarias generada cada vez que se necesitaba cambiar el filtro en la máquina destructora de la línea de producción.

De hecho, en la investigación de Pérez-López y García-Cerna (2014) los empleados de producción no llegan a completar el 50 % de las 8 horas, ya sean programadas o no,

pues el tiempo se va en cuestiones operativas e ineficientes, como se observa en la tabla 2. El otro 38,46 % de impacto se atribuyó a la mala distribución de tiempo en el uso de los recursos humanos, ocasionando que la generación de mermas dentro de los procesos de recepción y extruido se incrementaban por la falta de limpieza y orden dentro de los ambientes de trabajo.

Con la simulación del proceso de producción actual, se pusieron en evidencia las diferentes falencias que se atribuyeron a la demora, como los filtros de la maquinaria de destrucción, los cuales provocan un incremento del 22,43 % del tiempo promedio estandarizado del proceso de destrucción (tiempo promedio estándar equivalente a 70 segundos). Al ser un proceso en cadena la demora anterior era sucedida por la generación de colas y esperas dentro de los procesos de triturado.

Una tercera falencia hallada en el proceso de producción fue la falta de limpieza y orden por parte de los recursos humanos al momento de recepción de materia prima y excluir, pues, se genera una descoordinación horaria dentro de las actividades laborales. Fue indispensable que cada uno de los colaboradores estuviera correctamente capacitado para integrar la filosofía de LSS y así se pudieran clasificar correctamente las principales actividades que generaban

algún error, tal como lo sostuvieron Arango y Angel (2012).

Tabla 2. *tiempo Promedio en la Producción Actual*

Estación de Trabajo	Tiempo Promedio en Segundos
Recepción de MP	80,0
Triturado	79,7
Extruido	85,7
Temperado y Enfriado	24,1
Soplado	16,8
Cortado	35,9
Extruido Film	28,5
Impresión	13,8
Cortado y Sellado	19,0

A través de la simulación que se realizó en los resultados mostraron disminución en el tiempo de las colas de espera para los procesos de trituración y extrusión. De esta manera se pudo evidenciar resultados que fueron favorables en la reducción del tiempo improductivo que se generaba en los procesos de extruidos, esta reducción fue equivalente a diez segundos en promedio, de 85,7 a 75 segundos aproximadamente, significando una reducción en la improductividad del 12,49 % en este proceso.

Tabla 1. *Datos de entrada a la simulación Doble*

Procesos	Nº Maq / Oper	Distribución
T. de Recepción de MP	1	NORM (80; 1,4)
T. de Triturado	1	NORM (79,7; 0,496)
T. de Mezclado	1	NORM (69,7; 0,496)
T. de Extruido	1	NORM (85,7; 0,571)
T. de Temperado y Enfriado	1	24 + ERLA (0,129; 14)
T. de Soplado	1	15,4 + WEIB (1,43; 3,62)
T. de Cortado	1	NORM (35,9; 0,674)
T. de Extruido Film	1	NORM (28,5; 0,617)
T. de Impresión	1	10 + WEIB (3,79; 4,01)
T. de Cortado y Sellado	1	NORM (19; 0,681)

Tabla 3. *Tiempo Promedio en la Producción Propuesta*

Estación de Trabajo	Tiempo Promedio en Segundos
Recepción de MP	80
Mezclado	69,7
Extruido	75
Temperado y Enfriado	24,1
Soplado	16,8
Cortado	35,9
Extruido Film	28,5
Impresión	13,8
Cortado y Sellado	19

Las mejoras implementadas tuvieron resultados incrementales en la eficiencia operativa de 80,27 % a 90,26 %, significando un aumento del 10 por ciento. En la tabla 3 se muestran los valores promedio de producción esperados y en la tabla 4 se especifican los indicadores que fueron utilizados para la evaluación de cada uno de los procesos de producción.

Además, dentro de los resultados obtenidos también se evidenció una reducción en las cantidades de merma de los puntos críticos. El proceso de recepción de materia prima pasó de 26,7 a 26,4 paquetes/mes, una reducción equivalente al 1,2 %. El resultado que se obtuvo para el proceso de destrucción fue la disminución de 23,5 a 22,9 paquetes/mes, es decir una reducción del 2,5 %, en productos defectuosos considerados como merma.

Validación por juicio de expertos

Para cumplir con los procedimientos de la metodología, se realizó una validación con juicio de expertos para obtener los diferentes puntos de vista. Se obtuvo la validación de alcaldes de distrito, gobernadores regionales, dueños, gerentes generales de empresas del sector plástico y especialistas

Tabla 4. *Indicadores de Evaluación en la Producción Propuesta*

Descripción	Datos	Unidades
Tiempo de Trabajo	8	Horas/Día
Días por Mes	24	Días/Mes
Salida del Proceso Productivo	7318	Paquetes/Mes
Entrada del Proceso Productivo	8111	Paquetes/Mes
Eficiencia en el Proceso Productivo	90.26%	
Generación de Merma en la Recepción de MP	26,4	Paquetes/Mes
Generación de Merma en Extruido	22,9	Paquetes/Mes

en materia de sostenibilidad ambiental. Por ejemplo, ingenieros industriales, ingenieros ambientales, docentes de la carrera de Ingeniería Industrial y ambiental.

En base a la validación que se realizó, se pudo formular la matriz en consistencia y operacionalización para que los jueces tuvieran más información de la metodología que se aplicó dentro de la empresa del sector plástico que fue analizada. El formato de validación utilizado para que los especialistas pudieran brindar su análisis de apreciación, en base de preguntas relevantes. La valoración fue en base a la escala de Likert del uno al cinco.

Para obtener valores objetivos, se determinó utilizar la escala de Likert del 1 al 5. Cada uno de los expertos otorgó una calificación en base a su experiencia a cada pregunta que se estableció en el formulario. La información se recopiló a través de los niveles de calificación y se ponderaron considerando:

- Valores aceptables aquellos resultados mayores a 0,70

- Indiferentes, los valores encontrados entre 0,50 y 0,70
- No aceptable aquellos valores que obtuvieron menos de 0,50.

El valor ponderado de los 5 jueces evaluados fue aceptable con un valor de 86% en base al modelo aplicado, según se puede observar en la figura 4.

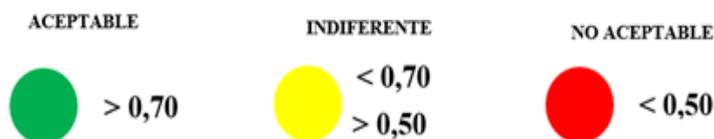
Validación económica

Al modelo propuesto se le realizó una evaluación económica, de la cual se obtuvieron los valores que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Indicadores de Rentabilidad

COK	16 %
VAN	663904,89
TIR	185 %
Relación B/C	7,59

La viabilidad del modelo que se propuso se comprobó mediante una evaluación económica. El indicador de valor actual neto (VAN) obtuvo un resultado mayor a cero ($663904,89 > 0$), la tasa interna de retorno (TIR) obtuvo un valor de $185 \% > 16 \%$, siendo 16% el valor del costo de oportunidad y por último se obtuvo la Relación Beneficio/Costo con un valor de $7,59 > 1$.



JUEZ EXPERTO	20%	40%	60%	80%	100%	PONDERADO	SEMÁFORO
	1	2	3	4	5		
ELOY CHÁVEZ HERNÁNDEZ	0	0	0	15	5	0.85	
ROMEL TANGO NICOLINI	0	0	0	12	8	0.88	
DÉBORA LANDA PÉREZ	0	0	0	9	11	0.91	
LILIAN BRAVO ORELLANA	0	0	3	17	0	0.77	
PABLO LAURENTE UTRILLA	0	0	0	12	8	0.88	

Figura 4. Matriz de los Resultados Obtenidos por el Juicio de Expertos

5. Discusiones

En los entornos competitivos la presencia de un nuevo escenario en cualquier rubro origina que los negocios involucrados busquen alternativas para mejorar sus modelos de producción y lograr la adaptación. A pesar de obtener resultados viables en la simulación que se realizó, esta parte del estudio, no concuerda con Bohigues (2015), quien sostiene que las Mipymes no están preparadas para implementar un sistema LSS debido al costo de inversión que se requiere, por ello los ingresos deben ser mayores a manera de que el control se justifique en los resultados.

Por otro lado, con la aplicación de la herramienta 5'S se logró obtener mayor disponibilidad de recursos necesarios para las actividades de producción mejorando las condiciones laborales en el ambiente de trabajo a través de una adecuada limpieza y orden para todos los colaboradores involucrados.

Además, debido a la implementación del modelo propuesto fue necesario realizar una gestión por procesos que lograra mejorar el control y la supervisión de todas las actividades para obtener resultados de mejora en la eficiencia operativa de la organización. La investigación permitió a la empresa satisfacer a los clientes suministrándoles productos acordes con los nuevos lineamientos del medio ambiente que estableció el Estado en los últimos años. Este resultado coincide con lo sostenido por Alam et. al. (2016) quien considera como los insumos más utilizados para la producción de bioplástico al almidón de maíz con glicerina, el cual da valor agregado a los negocios relacionados con esos sectores como el extruido y trefilado.

Durante el proceso, fue necesaria la implementación de la participación y cooperación de todos los agentes involucrados. De esa manera se pudo justificar las similitudes del modelo aplicado mediante una simulación del proceso biotecnológico

con la metodología Lean manufacturing. Así mismo, en la investigación de Yunez y López (2016) mencionan que “para brindar un mejor soporte al modelo de producción, es necesario el apoyo de herramientas Lean Manufacturing, que permitan optimizar los recursos en los procesos, mediante el establecimiento de estrategias como el ordenamiento, la eliminación de todo lo que no es necesario, disminuyendo los errores y desperdicios en la realización de todos los procesos operativos”.

Finalmente, en contraste con lo expuesto por Masmoudi et al. (2016), quienes especifican que el biopolímero natural que puede sustituir a los combustibles fósiles es el almidón, el cual se presenta como un recurso natural de fácil acceso y costo bajo, existe versatilidad de degradación de las bolsas hechas a base de polímeros biodegradables. Los resultados en base al impacto ambiental generados se sostienen en el tiempo de duración, que oscila entre tres o cuatro años. Esto provoca un impacto menor en el ambiente a diferencia del plástico convencional, que puede demorar hasta 1000 años para degradarse por completo.

Basados en este último para párrafo se puede inferir que una reducción considerable del uso de los plásticos de una sola vida tendría un impacto beneficioso en el planeta y por lo tanto, en la salud de la población mundial. La base del éxito de las bolsas de degradables se encuentra en los componentes que son utilizados para su fabricación como el almidón y la glicerina vegetal. Estos son los principales insumos que hacen que sea un producto innovador y sostenible.

6. Conclusiones

Se obtuvieron valores incrementales en la eficiencia del proceso productivo de un 80,27 % a un 90,26 %, una diferencia de 10 % entre otros resultados. También se tuvo una reducción de mermas generadas en el proceso de recepción de materia prima en 1,25 % y en el proceso de destrucción en 2,56 %. Estos resultados fueron evidenciados de

manera adecuada debido a la implementación de las metodologías Lean manufacturing. La principal ventaja, fue la aplicación favorable a partir de la generación de un producto sostenible e innovador con una velocidad mayor de biodegradación en diferentes entornos y condiciones ambientales.

Gracias a los últimos avances biotecnológicos, se ha logrado la transformación del plástico a través del mejoramiento de su producción, con procesos más eficientes y amigables que logran reducir los impactos negativos y nocivos en el ambiente. Por lo general, la mejora o desarrollo de productos y servicios se enfoca en generar soluciones tecnológicas que permitan la utilización de recursos naturales para mejorar las alternativas de sustitución.

Las empresas del sector plástico se han visto afectadas económicamente con la implementación de la normativa que limita el uso de plásticos de una sola vida. A su vez, se halló **evidencia** que demostró que es posible implementar nuevas tecnologías y nuevos procesos para aumentar la eficiencia y eficacia de las empresas de los sectores afectados. De esta manera, la implementación del Lean manufacturing se presenta como una estrategia viable para la industria.

La utilización de recursos naturales que sustituyen las materias primas de los polímeros plásticos tiene beneficios sobre el medio ambiente, la imagen de la organización y la sociedad. Cumpliendo así, con los mínimos requisitos que exigen las nuevas políticas de gestión en cuanto a responsabilidad social corporativa.

Finalmente, la implementación de nuevas herramientas de gestión permite a las empresas innovar en sus procesos y desarrollo de productos para atender las nuevas necesidades del mercado. La competitividad de los sectores, en sumatoria con las nuevas normativas cada vez más exigentes en materia de gestión ambiental, logran que las empresas se esfuercen en utilizar tecnologías limpias y mejoren sus

procesos internos con la finalidad de ser más competitivos y mantener su posicionamiento de mercado.

Conflictos de intereses

Los autores firmantes del presente trabajo de investigación declaran no tener ningún potencial conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

Rol de los autores

Los autores han realizado la conceptualización, Investigación, Escritura-Preparación del borrador original, Redacción-revisión y edición.

Fuentes de financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación, sector gubernamental ni comercial o sin fines de lucro.

Aspectos éticos / legales:

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos ni haber omitido normas legales.

ORCID y correo electrónico

Ernesto Altamirano Flores	ealtamirano@lamolina.edu.pe
	https://orcid.org/0000-0002-8634-9689
Oscar Rafael Tinoco Gómez	otinocog@unmsm.edu.pe
	https://orcid.org/0000-0002-7927-931X
Diego Samar Tarazon	dssamar_18@hotmail.com
	https://orcid.org/0000-0002-6047-8503
Alejandro Tapia Landa	alejandrotapialanda28@hotmail.com
	https://orcid.org/0000-0001-9402-9573

7. Referencias

- Alam, M.S.; Kaur, J.; Khaira, H. y Gupta, K. (2016). Extrusión y productos extruidos: cambios en los atributos de calidad afectados por los parámetros del proceso de extrusión: una revisión. *Revisiones críticas en ciencia de los alimentos y nutrición* 56(3): 445-473.
- Arango, D. y Ángel, B. (2012). Plan de implementación de six Sigma en el proceso de admisiones.
- AvaniEco. (2020). *Solución global para producto ecológico*. <https://www.avanieco.com/>
- Bermúdez, J.; Betancurt, L. y Muñoz, J. (2016). Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio Ingeniare. *Revista espacios* 37(9): 9.
- Bohigues, A. (2015). *Desarrollo e implementación de un Modelo Seis Sigma para la mejora de la Calidad y de la productividad en Pymes industriales* (tesis de maestría). *Universitat Politècnica de València*, España.
- Diario El Peruano. (2018). *Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes--n-30884-1724734-1/>
- European Plastic. (2020). *Bioplastics News*. <https://www.european-bioplastics.org/>
- Green Cycles. (s.f.). *Soluciones hidrosolubles, biodegradables y compostables*. <http://www.hidrosoluble.com/>
- Guerrero, D.; Silva, J. y Bocanegra-Herrera, C. (2019). Revisión de la implementación de Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior. *Revista chilena de ingeniería* 27(4): 652-667.
- Hernández, R., Fernández, P. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F., México: Mcgraw-Hill/Interamericana.
- Herrera, M. (2017). *Propuesta de un Modelo de Optimización de Recursos para Mejorar la Eficiencia en el Proceso de Transformación del Plástico* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2019). *Panorama de la Economía Peruana 1950 – 2018*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1654/libro.pdf
- Masmoudi, F.; Bessadok, A.; Dammak, M.; Jaziri, M. y Ammar, E. (2016). Biodegradable packaging materials conception based on starch and polylactic acid (PLA) reinforced with cellulose. *Environmental Science and Pollution Research* 23(20): 20904-20914.
- Mundo Plast. (2017). *La Revista Profesional del Plástico y sus Tecnologías*. <https://mundoplast.com/produccion-mundial-plasticos-2017/>
- Napper, I.E. y Thompson, R.C. (2019). Deterioro ambiental de bolsas de transporte de plástico biodegradables, oxo-biodegradables, compostables y convencionales en el mar, el suelo y al aire libre durante un período de 3 años. *Ciencia y tecnología ambiental* 53(9): 4775-4783.
- Oficina Internacional del Trabajo [OIT]. (2013). *El desarrollo sostenible, el trabajo decente y los empleos verdes*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_210289.pdf
- Pérez-López, E. y García-Cerdas, M. (2014).

- Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha* 27(3):88-106.
- Rujnić-Sokele, M. y Pilipović, A. (2017). Desafíos y oportunidades de los plásticos biodegradables: una mini revisión. *Gestión e investigación de residuos* 35(2):132-140.
- Sociedad Nacional de Industrias [SIN]. (2018). Percepción Frente a los Proyectos de Ley sobre el Plástico de un Solo Uso. [http://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Produccion/files/ppt/4ta_\(2\)sesion_presentaci%C3%B3n_ing._salazar_congreso_02-10-18.pdf](http://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Produccion/files/ppt/4ta_(2)sesion_presentaci%C3%B3n_ing._salazar_congreso_02-10-18.pdf)
- Van Der Aalst, W.M.; La Rosa, M. y Santoro, F.M. (2016). No olvide mejorar el proceso. *Gestión de Procesos de Negocio* 58(1): 1-6.
- Yunez, P. y López, E. (2016). *Propuesta de Mejora de un Sistema para la Planificación y Control de la Producción de una Empresa Manufactura de Bolsas y Empaques Plásticos* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.