
Uso de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad de una empresa productora de conserva de pescado**Use of Lean Manufacturing tools to improve the productivity of a canned fish producing company****Uso de ferramentas Lean Manufacturing para melhorar a produtividade de uma empresa produtora de conservas de pescado**

Cahuana Ninaquispe Lariza¹, Ruiz Gavidia Johanna², Hilario Zambrano Yarina Evelyn³

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad usar las herramientas lean manufacturing en la línea de cocido de una planta de conserva para incrementar la productividad. La investigación es tipo aplicada, diseño pre-experimental, una pre y post prueba. La población fueron las actividades de las diversas líneas productivas, la muestra estuvo conformada por la productividad del proceso productivo de filete de caballa. Para el diagnóstico se realizó el análisis del VSM, se determinó que el tiempo de ciclo de la línea fue 0.48 min/caja. Durante la implementación de las herramientas, a través de un checklist del cumplimiento de las 5S se obtuvo, inicialmente, que solo se cumplía con el 59% de los criterios establecidos; además, se contaba con una disponibilidad del 70% de las máquinas en promedio, durante el diagnóstico, la productividad de mano de obra alcanzó un valor de 0.68 cajas/H-h, la productividad de materia prima un valor de 55.71 cajas/H-h. Tras la implementación de la metodología 5S y el mantenimiento autónomo, se produjeron incrementos de 9.6% y 10.5% en los principales indicadores de productividad de la empresa. Concluyendo que, la aplicación del Lean Manufacturing tuvo un impacto positivo dentro del proceso productivo.

Palabras claves: *Lean Manufacturing, productividad de mano de obra y productividad de materia prima.*

Abstract

The purpose of this study was to use lean manufacturing tools in the cooking line of a canning plant to increase productivity. The research is applied type, pre-experimental design, a pre and post test. The population was the activities of the various production lines, the sample was made up of the productivity of the mackerel fillet production process. For the diagnosis, the VSM analysis was carried out, it was determined that the cycle time of the line was 0.48 min/box. During the implementation of the tools, through a 5S compliance checklist, it was initially obtained that only 59% of the established criteria were met; In addition, there was an availability of 70% of the machines on average. During the diagnosis, labor productivity reached a value of 0.68 boxes/H-h, and raw material productivity reached a value of 55.71 boxes/H-h. After the implementation of the 5S methodology and autonomous maintenance, there were increases of 9.6% and 10.5% in the company's main productivity indicators. Concluding that, the application of Lean Manufacturing had a positive impact within the production process.

Keywords: *Lean Manufacturing, labor productivity and raw material productivity.*

Resumo

O objetivo deste estudo foi utilizar ferramentas de manufatura enxuta na linha de cozimento de uma fábrica de conservas para aumentar a produtividade. A pesquisa é do tipo aplicada, delineamento pré-experimental, pré e pós-teste. A população foi constituída pelas atividades das diversas linhas de produção, a amostra foi constituída pela produtividade do processo de produção do filé de cavala. Para o diagnóstico foi realizada a análise do VSM, foi determinado que o tempo de ciclo da linha foi de 0,48 min/caixa. Durante a implementação das ferramentas, através de um checklist de conformidade 5S, obteve-se inicialmente que apenas 59% dos critérios estabelecidos foram atendidos; além disso, houve uma disponibilidade média de 70% das máquinas. Durante o diagnóstico, a produtividade da mão de obra atingiu o valor de 0,68 caixas/H-h e a produtividade da matéria-prima atingiu o valor de 55,71 caixas/H-h. Após a implementação da metodologia 5S e manutenção autônoma, houve aumentos de 9,6% e 10,5% nos principais indicadores de produtividade da empresa. Concluindo que a aplicação do Lean Manufacturing teve um impacto positivo no processo produtivo.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing, produtividade do trabalho e produtividade da matéria prima.*

¹ Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. lcahuanani24@ucvvirtual.edu.pe. <https://orcid.org/0000-0003-1350-4673>

² Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. jruizgav@ucvvirtual.edu.pe. <https://orcid.org/0000-0002-0231-3807>

³ Escuela de Ingeniería Industrial. Magister. Universidad Continental. Cusco. Perú. yhiarioz@continental.edu.pe. <https://orcid.org/0000-0002-1351-2027>

Introducción

El presente estudio se focalizó en la mejora significativa de los indicadores de productividad de la empresa, para ello, se realizó la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing en la línea de cocido, por dicho motivo, se tuvo que realizar una investigación profunda para detectar las problemáticas principales que presentaba el proceso, tales como: baja productividad, exceso de mermas por fallas en el sellado, falta de mantenimientos en los equipos, paradas en las máquinas selladoras, deficiente ejecución de las actividades y errores del personal; es así como Rojas y Gisbert, (2017). establece que se deben eliminar los despilfarros existentes dentro de todos los procesos productivos. Con la aplicación de la metodología de las 5S's, se redujo el grado de desorden que existía en la línea; por otro lado, con la implementación del mantenimiento autónomo se logró una mejora en las máquinas selladoras, todo ello con el fin de mejorar la productividad (Nwanya, Udofia, y Ajayi, 2017). Inicialmente, el Lean Manufacturing se empezó a implementar en empresas automovilísticas como Toyota, Nissan y Mazda hasta extenderse a todo tipo de industrias rindiendo resultados como "mejora del ambiente de trabajo, reducción de defectos, productos de calidad y mostrando aumento de la productividad" (Hernández y Vizán, 2013). Por dichos motivos la empresa necesita resolver los principales problemas que aquejaban el proceso productivo y la organización, cabe resaltar que, la falta de registros, la falta de capacitación de los colaboradores, el aumento de desperdicios del proceso, el desorden y la falta de limpieza, eran problemas que reducían significativamente la productividad, por todo lo mencionado, es importante brindar alternativas de solución que ayuden a resolver los problemas y prevenirlos.

El proyecto de estudio tiene como problema, ¿En qué medida la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing mejorarán la productividad en el área de cocido en la empresa pesquera? Así mismo, el siguiente proyecto se justificó socialmente, dado que, el incremento de la productividad en el área de cocido hizo que la empresa se convierta en una más rentable, lo que significó un impacto monetario positivo para la empresa, así mismo, benefició a los trabajadores y sus familiares, puesto que, la empresa consiguió mejores resultados.

Por otro lado, se enunció una justificación medio ambiental, debido a que se lograron disminuir los despilfarros existentes en el área de cocido, así como los desperdicios de la materia prima, en síntesis, permitió aminorar todo el desecho orgánico que va al medio ambiente. A su vez, se justificó económicamente, en vista de que la correcta implementación de la manufactura esbelta ayudó a la empresa a reducir aquellos tiempos que fueron producto del pobre sistema con el que contaban, aprovechando los recursos al máximo y causando una disminución de los costos elevados que afectaban la rentabilidad de la empresa. Finalmente, se justificó metodológicamente, porque este estudio fue de gran aporte para los futuros investigadores que deseaban profundizar en las variables empleadas en la solución de esta investigación. Teniendo como objetivo principal, Aplicar las herramientas del Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de cocido de la empresa; y como objetivos específicos: Efectuar el diagnóstico del estado actual en el área de cocido. Determinar la productividad inicial en el área de cocido. Aplicar las herramientas del Lean Manufacturing. Evaluar las productividades antes y después de aplicar las herramientas del Lean Manufacturing.

Hernández, Camargo y Martínez (2015), plantearon como objetivo principal determinar el impacto de las 5S en el área de manufactura de las pequeñas empresas. Obtuvieron como resultado que, diagnosticaron las diferentes áreas de manufactura por lo que lograron identificar que el área de producción presentaba el mayor índice en lo que respecta a desorden y suciedad con un valor del 12% y 20% respectivamente. Una vez identificada el área en donde se realizaron las mejoras, llevaron a cabo la implementación de las 5's y luego tomaron 3 medidas para monitorear el desempeño de los factores examinados en este estudio. Los autores concluyeron que, con la implementación de las herramientas la productividad mejoró de 0.17 a 0.29 unidades producidas/minuto, en cuanto al clima organizacional consiguieron mejoras en un 26,60% y, finalmente, las tasas de piezas reelaboradas se redujeron en un 93,00%.

Shivanand, Kumar y Kumar (2019), tuvieron como objetivo principal la realización de un mapa de valor actual y futuro para reducir sus tiempos de fabricación y de procesamiento en el proceso de elaboración de arneses de cables. Obtuvieron como resultado que, a partir de la puesta en práctica del mapa de flujo de valor lograron acrecentar el rendimiento de los factores productivos en un 3.00%; entre tanto, el tiempo de entrega se redujo de 8.6 a 7.3 segundos/unidad, es decir, disminuyó en 1.3 segundos/unidad.

Los autores concluyeron que, la productividad general de la línea y eficiencia de los operadores aumentó en un 5,3% y 7,2% respectivamente, incluso, redujeron los cuellos de botella en un 12% y sus productos alcanzaron una mejor calidad, lo que permitió satisfacer a los clientes tanto internos como externos. Adesta, Prabowo y Agusman (2018), plantearon como objetivo principal evaluar la manera en la que se aplican los 8 pilares del TPM en Indonesia y su impacto en el rendimiento de fabricación. Obtuvieron como resultado que, desarrollaron una recopilación de datos, lo que permitió identificar que solo 22 empresas, es decir, un 44% del total de empresas, fueron elegibles para procesar. Posteriormente, aplicaron y evaluaron los ocho pilares siendo estos: mantenimiento autónomo, mejora continua, mantenimiento preventivo, mantenimiento de la calidad, educación y formación, seguridad salud y medio ambiente, office TPM y gestión del desarrollo. Los autores concluyeron que, la implementación de 8 pilares de TPM en Indonesia en las industrias manufactureras fue relativamente bueno, a tal punto que permitió mejorar la productividad de las empresas en un 9%. Además, se determinó que los 4 pilares como: mantenimiento Autónomo, la mejora continua, el mantenimiento de la calidad y la educación y la formación funcionan muy bien.

Salazar *et al.* (2011), en el artículo denominado “Manufactura esbelta aplicada a una línea de producción de una empresa galletera”, desarrollado en Sonora, México. Se plantearon como objetivo principal aminorar la cantidad de desperdicios o residuos existentes en la línea de producción. Obtuvieron como resultado que, bajo la utilización del Lean Manufacturing, empleando específicamente la herramienta del Mapa de flujo de valor (VSM), lograron reducir el promedio semanal de desperdicios de 63 mil a una cantidad de 42 mil kilos de este, esto representa un 33% de mejora en el proceso. De igual manera, mejoraron el indicador de orden y limpieza de 3.84% a 4.13%. Los autores concluyeron que, a partir de la correcta implementación del Lean Manufacturing, consiguieron mejorar las líneas de producción en un 27% y se generó un mayor orden y limpieza en la línea productiva, lo que generó que el personal tenga mejor rendimiento al momento de ejecutar sus diversas tareas.

Material y métodos

En la investigación se destacaron dos variables de estudio, siendo la primera de ellas la variable independiente, el Lean Manufacturing, la cual se dividió en tres dimensiones: la primera dimensión fue el diagnóstico y se contó con los instrumentos del mapa de flujo de valor, el diagrama de Ishikawa. La segunda dimensión fue denominada aplicación, para ello, se contó con los indicadores del Checklist de las 5S y la disponibilidad de los equipos. La tercera y última dimensión fue el seguimiento, en donde se aplicó nuevamente un diagrama de flujo de valor al proceso para el cálculo de los nuevos tiempos de ciclo. De la misma forma, se contó con una variable dependiente, productividad, cuyas dimensiones la productividad de mano de obra y la productividad de materia prima, todos a una escala de razón.

El proyecto de estudio pertenece al tipo aplicado en vista de que, agrupó y empleó los diversos aportes teóricos con la finalidad de reconocer los problemas acontecidos en un determinado entorno y posteriormente, proporcionó oportunidades de mejora; además, corresponde a un diseño pre experimental, con el propósito de describir la variable y analizar su incidencia en un determinado momento (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), el cual trabajó con un grupo (Área de cocido) al que se le agregó un estímulo (Lean Manufacturing) que determinó cuan efectiva era la variable dependiente (productividad), precisando así una pre-prueba y post-prueba tras la aplicación del estímulo. La población fue el conjunto de hechos, objetos o eventos que compartían una serie de especificaciones entre sí (Behar, 2008). Por tal motivo, en el actual estudio la población estuvo representada por las productividades de los procesos productivos de las diversas líneas de producción de la empresa: línea de crudo y línea de cocido. Además, como criterio de inclusión se consideró a la productividad de los procesos productivos elaborados en la línea de cocido porque en volumen de producción eran los más representativos. Mientras tanto, como criterio de exclusión se consideró a la productividad de los procesos productivos elaborados en la línea de crudo, en vista de que en volumen de producción eran los menos representativos.

Resultados

Diagnóstico situacional de la línea de cocido

Para el desarrollo del primer objetivo se emplearon 2 instrumentos, el primero fue el diagrama de mapa

de flujo de valor, en el cual se lograron visualizar los tiempos de ciclo de cada actividad y el tiempo de ciclo total del proceso, además, permitió determinar cuáles eran las áreas que necesitaban mejorar. Dicho mapa sirvió para plasmar con mayor detalle la ubicación de cada una de las etapas del proceso.

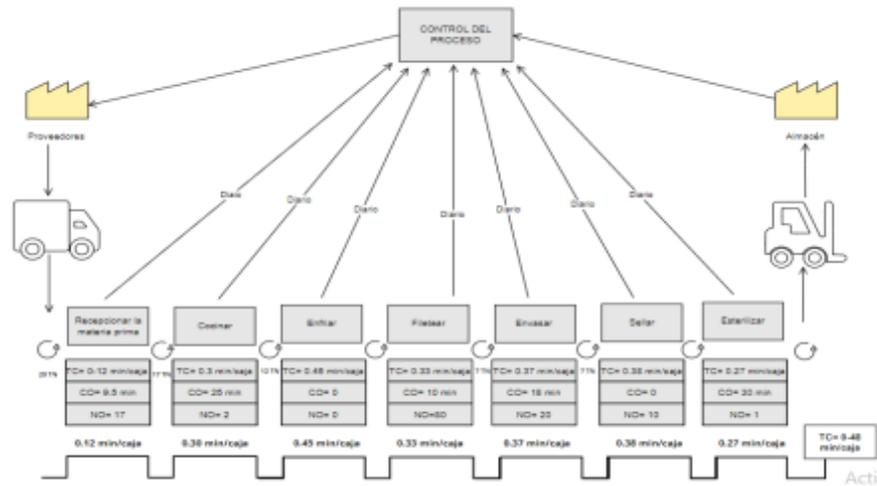


Figura 1. Mapa de flujo de valor

En el mapa de flujo de valor (Figura 1) se logró observar que el tiempo de ciclo de la línea de cocido era 0.48 min/caja, por otro lado, las actividades que poseían un mayor tiempo de ciclo fueron: el fileado 0.33 min/caja, el envasado 0.37 min/caja y el sellado con 0.38 min/caja. A través de un diagrama de Ishikawa se logró determinar cuáles eran las causas raíces existentes que afectaban a la línea, pero sobre todo a las áreas escogidas para el estudio.

La segunda herramienta ejecutada fue el diagrama de Ishikawa (Figura 2) en donde se detalló el problema central de la línea y las sub causas que existían.



Figura 2. Diagrama de Ishikawa

El problema central que aquejaba a la línea eran los altos tiempos de procesamiento. Una de las principales causas raíces fueron los errores del personal que generaban paradas innecesarias y tiempos improductivos. Otra de las causas fue la falta de metodologías en el proceso, la empresa no contaba con ninguna metodología y/o herramienta que permitiese un mayor control en las diversas áreas de procesos, debido a esto se pudo observar un alto grado de desorden en las diversas áreas. Como beneficio tras la aplicación de alguna metodología se esperaba un aumento en la productividad, reducción de tiempos y reducción de costos.

Las etapas en donde se focalizaron la mayor cantidad de problemas fueron en el fileteo, envasado y sellado, debido a que existía un gran flujo del personal en dichas áreas. Los errores que ocurrían con mayor frecuencia diariamente fueron: pérdida de materia prima por caídas, paradas constantes en el sellado por atracones de máquina y caídas del personal debido a que constantemente se encontraban los pisos sucios dificultando así el paso por estas zonas.

Productividad antes de la aplicación del Lean Manufacturing

Para calcular la productividad de mano de obra en la línea de cocido (periodo de pre-prueba), se utilizaron los datos de producción diaria, expresado en cajas, el número de operarios y el tiempo de producción, de tal forma, que permitió determinar la productividad de mano de obra de la línea de cocido antes de la aplicación de la metodología.

La productividad de mano de obra, en promedio, para la organización fue de 0.62 cajas/H-h, es decir, por cada hora hombre de trabajo en la línea de cocido se obtenían 0.62 cajas de conserva. Según los datos mostrados en la tabla resumen (Tabla 1), el mes de diciembre obtuvo el pico en el indicador de productividad de mano de obra puesto que alcanzó un 0.64 cajas/H-h.

Tabla 1.
Productividad de mano de obra antes de la aplicación del Lean Manufacturing

Mes - Año	Días de producción	Producción	N° Operarios	Tiempo (Hr.)	Productividad (Cajas/H-H)
Septiembre	14	1059	199	8.9	0.60
Octubre	18	1037	197	8.5	0.62
Noviembre	20	1050	193	8.6	0.63
Diciembre	15	1023	192	8.3	0.64
Productividad promedio					0.62

Del mismo modo, se calculó la productividad de materia prima, a través de la utilización de los datos de producción, expresado en cajas; y el total de materia prima utilizada (caballa). El indicador de productividad de materia prima promedio durante los meses de pre- prueba, fue de 50.42, es decir, por cada tonelada de pescado procesado, se obtenían 50 cajas de conserva en promedio. También, se observó que durante el mes de noviembre se alcanzó un alto índice en la productividad, puesto que se obtuvo un valor de 50.67 cajas/TM. En donde se obtuvieron los siguientes hallazgos:

Tabla 2.
Productividad de mano de obra antes de la aplicación del Lean Manufacturing

Mes - Año	Días de producción	Producción	Caballa (TM)	Productividad (Cajas/TM)
Septiembre	14	1059	21.10	50.20
Octubre	18	1037	20.60	50.45
Noviembre	20	1050	20.70	50.67
Diciembre	15	1024	20.33	50.36
Productividad promedio				50.42

Aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing

La primera herramienta aplicada fue las 5S's, su aplicación se dividió en dos etapas, en donde la etapa inicial consistió en la valorización de un Checklist con la finalidad de detectar el estado de la línea frente a cada una de las "S" y compararla con el estado final tras la implementación de las demás herramientas.

$$\% \text{ de variación del cumplimiento de las } 5S = \frac{91\% - 59\%}{59\%} = 54.24\%$$

La segunda etapa constó de la aplicación de cada una de las 5S's dentro de la línea, dando inicio al uso de tarjetas rojas para determinar cuáles eran aquellos materiales, equipos e instrumentos que debían ser eliminados, reubicados o reparados; en donde se utilizó un diagrama de flujo para la toma de decisiones. La segunda "S" aplicada perteneciente a la herramienta 5S's se denomina "Ordenar", en esta sección se

realizó un listado con aquellos materiales, equipos e instrumentos encontrados durante la etapa anterior con las tarjetas rojas, con el objetivo de brindar un seguimiento a cada artículo observado, cuyo fin pudo haber sido reubicación, reparación o eliminación del mismo, además se detalló el área en el que fueron encontrados, la fecha y el destino.

Tabla 3.

Resumen de los objetos observados con las tarjetas rojas durante la primera semana

Nº Tarjeta	Producto, equipo o material	Área en donde se localizó	Área de destino	Acción
1	Bandejas plásticas rotas	Corte	Contenedores de desechos	Eliminar
2	Canastillas de cocinado en mal estado	Cocinado	Mantenimiento	Reparar
3	Escoba en mal estado	Corte	Punto temporal de acopio de residuos	Eliminar
4	Materiales de limpieza de otras áreas	Corte	Envasado	Reubicar
5	Balanza malograda	Envasado	Mantenimiento	Reparar
6	Aceite para máquinas	Sellado	Mantenimiento	Reubicar
7	Carros de transporte en mal estado	Sellado	Mantenimiento	Reparar
8	Herramientas	Sellado	Mantenimiento	Reubicar
9	Piezas de selladora en mal estado	Sellado	Punto temporal de acopio de residuos	Eliminar

Para la ejecución de la tercera etapa denominada “Limpieza” se aplicó un cuestionario al Técnico del área de Aseguramiento de Calidad, en donde se obtuvo los siguientes resultados: la empresa sí contaba dentro con insumos para la limpieza y desinfección de las áreas, sin embargo, dichos insumos y materiales no se encontraban correctamente identificados, por ende, el personal tardaba en su búsqueda, como consecuencia, se tenían retrasos en la línea. Para evitar estas demoras, se implementaron percheros y se rotularon los materiales de limpieza en cada una de las áreas, además, se asignaron colores con la finalidad de asegurar el orden y la limpieza en las áreas permanentemente.



Figura 3. Antes de Aplicación 5S´s **Figura 3.** Después de Aplicación 5S´s

Para la cuarta “S” o también denominada “Estandarización”, fue necesaria la elaboración de una política en donde se establezca un sistema de orden y limpieza de las diversas áreas de trabajo, a través de esta política se logró que los colaboradores de la empresa se comprometieran a mantener y realizar las nuevas acciones aplicadas partir de la metodología 5S´s.

La última “S” fue la “Disciplina”, para su ejecución se aplicó un checklist, y así se determinó que si existió una mejora en el cumplimiento de los criterios establecidos en la matriz. Los criterios estuvieron basados en evaluar el cumplimiento de todo lo establecido en cada una de las 5S’s. La clasificación 5S’s inicial fue del 59%, lo que indicaba que los criterios se estaban cumpliendo moderadamente, mientras que la clasificación 5S’s final, en la semana 8, fue del 91%, por lo mencionado, se pudo expresar que sí existió un incremento en el indicador de cumplimiento de las 5S’s. El porcentaje de variación fue del 54.24%.

La segunda metodología aplicada fue el mantenimiento autónomo, su aplicación tomó un periodo de 2 meses, antes de aplicar el mantenimiento autónomo en las máquinas selladoras fue necesario calcular el valor del tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparar (MTTR). Para ello, se necesitaron datos de paradas de las selladoras y el historial de fallas de las máquinas.

Se realizaron los cálculos de disponibilidad para las dos máquinas selladoras, se recolectaron datos de Enero (implementación) y Marzo (post-prueba); la primera etapa constó del cálculo de la disponibilidad durante el mes de enero, cuando aún no se aplicaba la mejora en el punto crítico de sellado; por otro lado, se calcularon nuevamente las disponibilidades en la etapa final, cuando ya se había aplicado el mantenimiento correspondiente. En donde, el tiempo de funcionamiento hace referencia al tiempo total de trabajo en el área de sellado, incluido el tiempo de inactividad por paradas.

Tabla 4.

Disponibilidad de las selladoras durante el mes de Enero – Etapa inicial

	Enero – Selladora 1				Enero – Selladora 2			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Tiempo de funcionamiento (min)	1175	1170	1550	1275	1175	1170	1550	1275
Tiempo de inactividad (min)	428	551	692	569	536	592	678	531
Número de paradas (fallas)	25	35	38	33	31	32	39	29
MTBF (min/falla)	29.88	17.69	22.58	21.39	20.61	18.06	22.36	25.66
MTTR (min/falla)	17.12	15.74	18.21	17.24	17.29	18.50	17.38	18.31
Disponibilidad (%)	63.57	52.91	55.35	55.37	54.38	49.40	56.26	58.35
Disponibilidad promedio (%)	56.80				54.60			

Se realizaron los cálculos, en donde se encontró que, el MTBF para la selladora 1 era 25 minutos por falla en promedio, es decir cada 25 minutos se producía una falla, mientras que para la selladora 2 era de 22 minutos por falla. Por otra parte, se calculó el MTTR, siendo 17 minutos el promedio para la selladora 1, lo que significaba que se tardaban 17 minutos en reparar una máquina, en promedio, mientras que para la selladora 2 fue de 18 minutos. Como se logró observar en la Tabla 4, los indicadores de disponibilidad de las máquinas selladoras en la etapa inicial eran muy bajos, siendo 56.80% la disponibilidad en promedio de la selladora 1 y 54.60% para la selladora 2.

Posteriormente, se diseñó un formato para la aplicación del mantenimiento autónomo como medida ante el bajo rendimiento de las maquinarias, teniendo en cuenta el historial de fallas en el cual se evidenciaban los principales fallos en los componentes de las máquinas y el número de fallas que presentaban. El objetivo fue aumentar la disponibilidad de ambas máquinas, reducir la cantidad de fallas y/o paradas durante el proceso y reducir tiempos de procesamiento. El formato de mantenimiento constaba de 3 etapas limpieza, lubricación y la inspección. Todos estos pasos tenían que ser repetidos diariamente en los componentes con un tiempo de duración de 25 minutos durante el mes de marzo. A partir de ello, se determinó nuevamente la disponibilidad de los equipos y se comparó con las disponibilidades iniciales.

Tabla 5.
Disponibilidad de las selladoras durante el mes de Febrero – Etapa final

	Marzo – Selladora 1				Marzo – Selladora 2			
	S5	S6	S7	S8	S5	S6	S7	S8
Tiempo de funcionamiento (min)	865	1485	850	1280	865	1485	850	1280
Tiempo de inactividad (min)	338	340	212	208	165	285	186	180
Número de paradas (fallas)	17	19	11	12	9	16	10	10
MTBF (min/falla)	31.00	60.26	58.00	89.33	77.78	75.00	66.40	110.00
MTTR (min/falla)	19.88	17.89	19.27	17.33	18.33	17.81	18.60	18.00
Disponibilidad (%)	60.92	77.10	75.06	83.75	80.92	80.81	78.12	85.94
Disponibilidad promedio (%)	74.21				81.45			

Después de la implementación de un formato de mantenimiento autónomo a las dos máquinas selladoras, se obtuvieron los siguientes resultados:

La disponibilidad de la máquina selladora 1 en el mes de marzo fue de 74.21%, mientras que para la máquina selladora 2 fue de 81.45%, con estos resultados se pudo comprobar que existió un incremento en el indicador de disponibilidad con respecto al mes de enero.

Para la máquina selladora 1:

$$\% \text{ de variación de la disponibilidad} = \frac{74.21\% - 56.80\%}{56.80\%} = 31\%$$

Para la máquina selladora 2:

$$\% \text{ de variación de la disponibilidad} = \frac{81.45\% - 54.60\%}{54.60\%} = 49\%$$

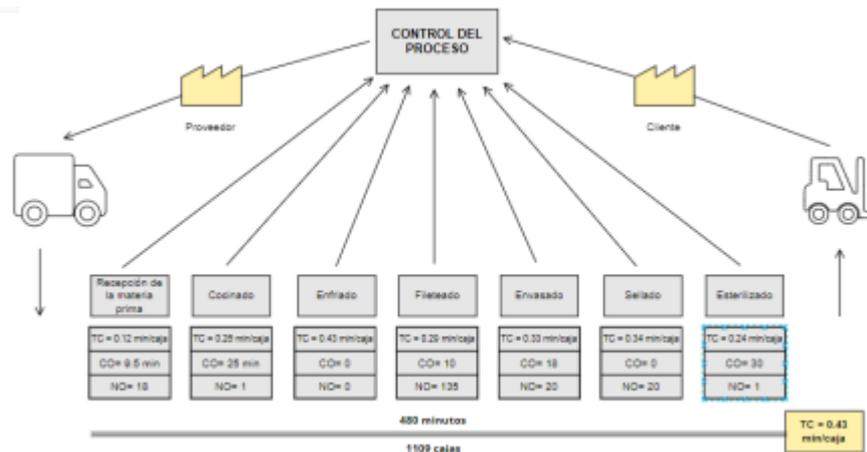


Figura 7. Nuevo mapa de flujo de valor

Se realizó un nuevo mapa de flujo de valor con la finalidad de comparar los nuevos tiempos de ciclo con los tiempos de ciclo hallados en la etapa inicial, se recolectaron nuevos datos pertenecientes al mes de marzo. Durante el diagnóstico, el tiempo de ciclo fue de 0.48 minutos/caja, mientras que el nuevo tiempo de ciclo hallado fue de 0.43 minutos/caja, es decir, por cada día de producción la empresa logró reducir 55 minutos de tiempos improductivos. Dentro de la línea, las áreas que mostraron una notoria mejora fueron: cocinado, fileado y sellado

Productividad después de la aplicación del Lean Manufacturing

Para el cálculo de la productividad de mano de obra en la línea de cocido (periodo de post-prueba), se

utilizaron los datos de producción diaria, expresado en cajas, el número de operarios y el tiempo de producción, de tal forma, que permitió determinar la productividad de mano de obra de la línea de cocido después de la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing.

Tabla 6.

Productividad de mano de obra después de la aplicación del Lean Manufacturing

Mes	Días de producción	Producción	Nº Operarios	Tiempo (Hr.)	Productividad (Cajas/H-H)
Marzo	15	1327	185	10.4	0.69
Abril	16	1389	189	10.9	0.67
Mayo	16	1338	188	10.4	0.68
Junio	13	1304	186	10.2	0.69
Productividad promedio					0.68

La productividad de mano de obra, en promedio, para la organización fue de 0.68 cajas/H-h, es decir, por cada hora hombre de trabajo en la línea de cocido se producían 0.68 cajas de conserva. Según los datos mostrados en la tabla resumen (Tabla 6), durante el mes de marzo, se obtuvo el pico en el indicador de productividad de mano de obra puesto que alcanzó un 0.69 cajas/H-h. Del mismo modo, se calculó la productividad de materia prima, a través de la utilización de los datos de producción, expresado en cajas; y el total de materia prima utilizada (caballa).

El indicador de productividad de materia prima promedio durante los meses de post- prueba, fue de 55.71, es decir, por cada tonelada de pescado procesado, se obtenían 55 cajas de conserva en promedio, es decir, por cada día se producían 5 cajas más de conservas, en comparación con la productividad inicial. También, se observó que durante el mes de mayo se alcanzó un alto índice en la productividad, representado con un valor de 55.85 cajas/TM. En donde se obtuvieron los siguientes hallazgos:

Tabla 7.

Productividad de materia prima después de la aplicación del Lean Manufacturing

Mes	Días de producción	Producción	Caballa (TM)	Productividad (Cajas/TM)
Marzo	15	1327	23.87	55.57
Abril	16	1389	24.88	55.82
Mayo	16	1338	23.92	55.90
Junio	13	1304	23.46	55.58
Productividad promedio				55.71

Comparación de los indicadores de productividad

La productividad de mano de obra y productividad de materia prima, antes y después de la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing, se obtuvo un incremento del 9.6% en los indicadores de productividad de mano de obra. El factor principal para el logro de este aumento fue la disminución en los tiempos de producción, reflejado en la reducción de los tiempos de ciclo. Durante la etapa de diagnóstico se contaba con un tiempo de ciclo de 0.48 minuto/caja, mientras que, en la etapa final del proyecto se obtuvo un tiempo de ciclo de 0.43 minutos/caja, es decir, se redujo 0.05 minutos/caja, lo que se traduce a una reducción de 55 minutos en la producción diaria. Por otro lado, a través de la implementación de una cultura basada en la limpieza y el orden se eliminaron los tiempos de espera que existían por el desorden en las diversas áreas y la búsqueda de materiales de limpieza.

La productividad de materia prima incrementó en un 10.5%. Tras la aplicación de la aplicación de la metodología 5S's, se redujo la excesiva pérdida de materia prima por caída del material y/o falta de limpieza, por otro lado, tras la implementación del mantenimiento autónomo, se logró producir más

cajas en un mismo periodo de tiempo, por ejemplo, durante el diagnóstico en promedio se producían 50 cajas por cada hora hombre, mientras que, durante la etapa final del proyecto se alcanzó una producción de 55 cajas por cada hora hombre, es decir, se producían 5 cajas más por hora en promedio.

Discusión

Para el diagnóstico de la línea de cocido en la pesquera, en primer lugar, se determinó el tiempo de ciclo a través de la herramienta del VSM, el tiempo de ciclo inicial de la línea fue 0.48 min/caja, del mismo modo se calcularon los tiempos de ciclo de cada una de las áreas, en donde se encontró que las 3 áreas que poseían un mayor tiempo de ciclo dentro de la línea eran el envasado, envasado y sellado, con tiempos de ciclo de 0.33 min/caja, 0.37 min/caja y 0.38 min/caja respectivamente. Con el diagrama de Ishikawa, se encontró que, el problema central de la línea fueron los altos tiempos de producción, producido por las constantes paradas de las selladoras y la falta de orden y limpieza. Shivanand Kumar y Kumar (2019), en su estudio expresaron que, a través del mapa de flujo de valor (VSM), buscaron reducir los tiempos de entrega, contaban con un tiempo de ciclo de la línea de 8.06 seg/und, por ello, se vieron en la necesidad de cumplir con los pedidos por el incremento de la demanda del sector. Asignaron 2 actividades de mejora, dichas actividades fueron: recepción y empaclado. En estas áreas se encontraron problemas tales como: tiempos excesivos en habilitación de pedidos, productos defectuosos. Los autores expresan que, la herramienta del mapa de flujo de valor (VSM) es de suma importancia para realizar un diagnóstico y determinar cuáles eran aquellas áreas que generaban problemas dentro de un proceso, por ello, se concuerda plenamente con los investigadores.

Los valores de la productividad de mano de obra y materia prima antes de la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing fueron 0.62 cajas/h-H y 50.42 cajas/TM, respectivamente. En relación a la productividad de mano de obra, se obtuvo un índice bajo, puesto que los tiempos de procesamiento eran muy elevados. Por otro lado, con respecto a la productividad de materia prima, se obtuvo un valor de 52.33 cajas/TM, es decir, por cada tonelada de pescado se producían 52 cajas de conserva, debido a las pérdidas de materia prima que existía en el proceso. Estos indicadores fueron calculados con la finalidad de conocer un valor inicial y así compararlos con los resultados obtenidos después de la aplicación del Lean Manufacturing. En tal sentido, Hernández, Camargo y Martínez (2015) en su investigación señalaron que, el valor inicial de la productividad de la línea de espárragos fue de 0.17 unidades producidas/minuto, para el cálculo de este indicador fue necesario utilizar los datos de producción de un periodo de 8 meses. A raíz de los altos tiempos de procesamiento, se contaba con un índice bajo en la productividad. Al comparar los resultados de las dos investigaciones, se concuerda con lo expresado por el autor, puesto que, la productividad es un indicador que te permite al investigador visualizar como se utilizan los recursos de la empresa, por ello, es de suma importancia conocer estos datos.

Para el desarrollo del tercer objetivo, aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing; la primera herramienta implementada fue la metodología de las 5S's. Su implementación se dividió en 5 etapas, en donde la primera etapa constó de la ejecución de las tarjetas rojas, ya que permitió separar los elementos que eran útiles dentro del área de aquellos que no lo eran. Tras ello, se aplicó un Checklist, para determinar el cumplimiento de los criterios de las 5S's y así obtener una calificación tanto en la etapa inicial, como en la etapa final, para así finalmente comparar ambos resultados e indicar si existió un incremento en el cumplimiento de los criterios del Checklist. El puntaje del cumplimiento de los criterios de las 5S's en la durante el periodo inicial fue de 50%, este resultado se obtuvo debido a que en el periodo inicial todavía no se instalaban percheros para la colocación de los materiales de limpieza, donde debían estar ubicados la escoba, el recogedor y el jalador de agua. Por otro lado, la calificación del cumplimiento de las 5S's final fue de 91%, debido a que en dicho periodo ya se habían realizado cambios dentro de la línea, además, se contaba con un sistema basado en el orden de las áreas. Finalmente, con respecto al incremento de los puntajes obtenidos en el cumplimiento de los criterios del Checklist, tanto en la semana inicial como en la final, fue de 54.24%. Con los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología 5S's se concuerda con Namuche y Zare (2017), que en su estudio de investigación manifestó que, la aplicación de las tarjetas rojas dentro de un proceso productivo fue útil para eliminar algunos elementos: bandejas rotas, cestos dañados, entre otros. Instalaron 4 letreros para señalar la ubicación de los artículos de limpieza, y de esa forma, se eliminaron los tiempos improductivos en la búsqueda de los mismos. Por último, a través de un Checklist que fue aplicado mensualmente, se obtuvo un puntaje inicial de 68%, mientras que para el periodo final de la

implementación de las herramientas del Lean Manufacturing se obtuvo con un valor de 92%, por ende, hubo un incremento de dicho indicador del 35.29%. Al comparar los resultados de ambas investigaciones, se pudo expresar que la implementación de la herramienta de las 5S's ayudó en la reducción de los tiempos de espera, reducción de tiempos en los transportes y reducción de los tiempos de ciclo.

En cuanto a la implementación de la metodología del mantenimiento autónomo, en primer lugar, se tuvo que hallar las disponibilidades de los equipos, para ello fue necesario calcular los tiempos medio entre fallas (MTBF) y los tiempos medio para reparar (MTTR), en la semana inicial aún no se implementaban las metodologías, mientras que en la etapa final ya se había culminado con la aplicación de la metodología. Con respecto al tiempo medio entre fallas (MTBF), durante el periodo inicial, se obtuvo un promedio de 22.28 minutos, mientras que, en el periodo final se obtuvo un promedio de 70.97 minutos, con que lo que se concluía que, tras la aplicación del mantenimiento autónomo se trabajaba durante más tiempo antes de que ocurra una parada en las selladoras. Por otro lado, se cuenta con el MTTR, durante el periodo inicial se obtuvo un tiempo de 17.48 minutos en promedio, mientras que, durante la etapa final se obtuvo un tiempo de 17 minutos. Finalmente, se hallaron las disponibilidades de las selladoras, para ello, fue necesario recopilar datos de las máquinas selladoras (Espinoza y Lequernaque, 2019). La disponibilidad obtenida durante la etapa inicial, antes de la aplicación del mantenimiento autónomo, para la máquina selladora N° 01 fue de 56.80%, mientras que para la selladora 2 fue de 54.60%. Después de la aplicación de la metodología, la disponibilidad de la selladora 1 se encontraba en 74.21%, mientras que para la máquina selladora N° 02 fue de 81.45%. Como resultados, se reveló que las dos selladoras mostraron un incremento en el valor de sus disponibilidades, siendo 31% y 49% respectivamente. El incremento en el valor de la disponibilidad de las selladoras se logró a través de la implementación de un formato mantenimiento autónomo, dicho formato fue diseñado para ser aplicado en tres etapas: limpieza, lubricación e inspección; el tiempo de aplicación debía ser 25 minutos en promedio. El cumplimiento del formato fue sumamente importante para el presente estudio ya que gran parte de los tiempos de inactividad eran consecuencia de las paradas de las selladoras. Las fallas antes de la implementación de este mantenimiento eran alrededor de 30 semanalmente, pero, para la etapa final se manejaba un promedio de 14 paradas por semana. En ese sentido, Larco (2018) describe a la disponibilidad como un indicador de rendimiento de las máquinas que permite lograr un mejor posicionamiento en el mercado. Durante su estudio, el investigador logró una reducción del 51% al 33%, en cuanto a las paradas no programadas de las selladoras. También, logró una reducción del 38% en las roturas. Por ello, manifiesta que el mantenimiento autónomo fue lo más acertado para alargar la vida útil de los equipos.

Al concluir con la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing, nuevamente se ejecutó el mapa de flujo de valor (VSM), para el cálculo de los nuevos tiempos de ciclo del proceso en las áreas de corte, envasado y sellado, siendo 0.29 min/caja, 0.33 min/caja y 0.34 min/caja respectivamente, además, la línea contaba con un nuevo tiempo de ciclo, siendo 0.43 min/caja. El tiempo de ciclo durante la etapa de diagnóstico fue de 0.48 min/caja, entonces, se puede decir que se redujeron los tiempos de procesamiento en 0.05 min/caja. Asimismo, (Klimecka-Tatar, 2017), en su estudio uso la herramienta del VSM; y obtuvo los siguientes resultados: Antes de la aplicación de las metodologías, la producción de un ventilador le tomaba a la empresa un promedio de 619.34 minutos, mientras que, después de la implementación de las herramientas, la organización manejaba un promedio de 541.98 minutos, es decir, se redujo el tiempo de elaboración de cada ventilador en 77.36. El autor expresó que mapa de flujo de valor (VSM) fue útil para la visualización los tiempos de inactividad de la línea y de cada actividad.

Para el desarrollo del cuarto y quinto objetivo, fue necesario recopilar los datos de producción de un periodo de 4 meses en la línea de cocido de la pesquera. En donde se obtuvieron los siguientes resultados: se incrementó en un 9.6% la productividad de mano de obra, por otro lado, se incrementó en un 10.5% la productividad de materia prima. En los 2 indicadores se observaron mejoras, el mayor de ellos fue en la productividad de materia prima, debido a la disminución en la merma producida por las fallas en las máquinas selladoras. La productividad de mano de obra mostró un incremento bajo, comparado con el indicador anterior, el principal factor para alcanzar estos valores fue la reducción de los tiempos improductivos causados por el desorden y la poca limpieza de la línea. Adesta, Prabowo y Agusman (2018) en su estudio de investigación comentaron que los resultados obtenidos fueron positivos ya que la productividad de materia prima, donde aplicaron las herramientas del Lean Manufacturing, incrementó en un 9%. Además, manifestó que el logro de una reducción en los tiempos

de ciclo, fallas en las selladoras y las excesivas mermas fue debido al compromiso de los trabajadores con el cumplimiento de las mejoras implementadas. Por otra parte, Ruíz (2016) en su estudio de investigación expresó que la productividad de mano de obra incrementó en un 4%, debido a que se eliminaron los cuellos de botella y sus productos alcanzaron una mejor calidad. Comparando los resultados de los diversos estudios de investigación con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede decir que, para todos los casos, la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing logró cambios dentro de las organizaciones. Es de suma importancia que las empresas conozcan el valor de los principales indicadores de productividad, pero, es más importante aún, no desistir en la búsqueda del incremento de dichos indicadores de productividad con el fin de conseguir mayor rentabilidad para la empresa.

Conclusiones

Se concluye que la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing mejoraron los niveles de productividad en la línea de cocido.

Con respecto al diagnóstico realizado, se aplicó el mapa de flujo de valor (VSM) en donde se obtuvo un tiempo de ciclo de 0.48 minutos/caja, además, el diagrama mostró que los tiempos de ciclo más altos se encontraban en las áreas de fileteado, envasado y sellado, con tiempos de 0.30 min/caja, 0.33 min/caja y 0.37 min/caja respectivamente, estas fueron las áreas escogidas para visualizar la mejora durante el estudio. Los problemas más representativos dentro del proceso fueron: los excesivos tiempos de procesamiento, las constantes fallas en las selladoras, la falta de metodologías, la materia prima, el desorden y la falta de limpieza.

La productividad de mano de obra y materia prima obtenidas antes de la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing fueron 0.62 cajas/h-H y 50.42 cajas/TM respectivamente.

Se implementó la metodología de las 5S's, en donde se obtuvo que, la calificación inicial del cumplimiento de los criterios del Ckeck list fue de 59%, así mismo, la calificación final del cumplimiento de los criterios fue de 91%, obteniendo así una variación del 54%. La segunda

herramienta aplicada fue el mantenimiento autónomo, a través del cálculo de las disponibilidades de las máquinas, la disponibilidad de la selladora N° 1 en la etapa inicial era de 56.80%, mientras que, en la etapa final obtuvo un valor de 74.21%, reflejando un incremento del 31%; para la selladora N°2, durante el diagnóstico se obtuvo una disponibilidad de 54.60%, mientras que, en la etapa final la disponibilidad del equipo fue de 81.45%, mostrando un incremento del 49%.

La productividad de mano de obra obtenida después de la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing fue de 0.68 cajas/H-h, por otro lado, la productividad de materia prima fue de 55.71 cajas/TM.

Tras realizar una comparación de los indicadores de productividad de la investigación se pudo concluir que: La productividad de mano de obra incrementó en un 9.6%, del mismo modo, la productividad de materia prima incrementó en un 10.5%, dicha comparación se realizó entre los valores obtenidos durante los periodos de pre y post prueba.

Referencias

- Adesta, E. Y., Prabowo, H. A., & Agusman, D. (2018). Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 290, No. 1, p. 012024). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1757-899X/290/1/012024
- Behar, D. (2008). Introducción a la metodología de la investigación. 13^a ed. México: Mc Graw Hill.
- Espinoza, G. J., & Lequernaque, K. L. (2019). Aplicación de herramientas de lean manufacturing para mejorar la productividad en la línea de crudo. PANAFODS SAC Santa-2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44299>
- Hernández, E. J., Camargo, Z. M. & Martínez, P. M. T. (2015). Impact of 5S on productivity, quality,

- organizational climate and industrial safety in Caucho Metal Ltda. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 23(1), 107-117. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052015000100013>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6, pp. 102-256). Mc Graw-Hill: México.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI, 178, ISBN: 978-8415061403.
- Klimecka-Tatar, D. (2017). Value Stream Mapping as Lean Production tool to improve the production process organization – case study in packaging manufacturing. *Production Engineering Archives*, 17(17) 40-44. <https://doi.org/10.30657/pea.2017.17.09>
- Larco, C. A. V. (2018). Propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la rentabilidad de la línea de producción de harina de pescado de la pesquera Hayduk S. A sede Malabrigo. <https://hdl.handle.net/11537/13383>
- Nwanya, S. C., Udofia, J. I., & Ajayi, O. O. (2017). Optimization of machine downtime in the plastic manufacturing. *Cogent Engineering*, 4(1), DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/23311916.2017.1335444>
- Shivanand, B. M., Kumar, C. C., & Kumar, D. (2019). Implementation of Value Stream Mapping to reduce Lead Time in manufacturing of wireharness. *International Journal of Engineering and Technology*. Vol. 11, No.3, 627-636, DOI <https://dx.doi.org/10.21817/ijet/2019/v11i3/191103048>
- Ruíz, J. (2016). Implementación de la metodología lean manufacturing a una cadena de producción Agroalimentaria. Tesis (Magíster en Ingeniería Aeronáutica). Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 97 pp. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70759>
- Salazar, M. Á. E., Flores, A. A. N., Soto, E. C., Quintana, M. P. G. A., & Cárdenas, E. R. (2011). Manufactura esbelta aplicada a una línea de producción de una empresa Galletera. *Revista El buzón de Pacioli*, Numero especial 74, Disponible en: <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Paginas/numeros.aspx>
- Namuche, V. E., & Zare, R. A. (2017). Aplicación de Lean Manufacturing para aumentar la productividad de la materia prima en el área de producción de una empresa esparraguera para el año 2016. Escuela de Ingeniería Industrial (Tesis de Grado). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/9990>
- Rojas, A. P., & Gisbert, V. (2017). Lean manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *Revista 3C Empresa, Investigación y pensamiento crítico*, 116-124. <http://hdl.handle.net/10251/102320>