

Post-press management proposal through theory of engineering methods to increase the productivity of the box line, Trujillo 2022.

María Gabriela Estrada Pérez, Industrial Engineering¹, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor of Science and Engineering².

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00167337@upn.edu.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Abstract: The present investigation was born from the need to increase the productivity of the box production line using engineering methods and tools, such as study of methods, study of times and line balance. The research approach was quantitative, with a non-applied scope, its level was descriptive-propositive and its design was non-experimental-transversal. The first thing to do was to determinate the productivity, prior to the proposal, of the stations, to later record the data, carry out studies of methods, times and line balancing. Subsequently, the improvement proposal was developed with the determination of roles, standard times and a work method, standardization of processes and the productivity of the proposal for each station was determined, calculating the respective financial evaluation. Finally, it was evidenced that the management proposal through the methods engineering theory in each station does generate a positive influence. In addition, it was verified that this proposal would be economically and financially viable, obtaining an IRR of 90.51%, a NPV of S/ 50,448.36 and a B/C that represents for each sol invested S/ 4.39 of profit.

Keywords: time study and line balancing.

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

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

DO NOT REMOVE

Propuesta de gestión post prensa mediante teoría de ingeniería de métodos para aumentar la productividad de línea de cajas, Trujillo 2022.

María Gabriela Estrada Pérez, Ingeniera Industrial¹, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Magister de Investigación y Docencia Universitaria².

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00167337@upn.edu.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Resumen: La presente investigación nació de la necesidad de aumentar de la productividad de la producción de cajas de autoarmado utilizando herramientas de ingeniería de métodos, tales como estudio de métodos, de tiempos y balance de línea. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, con un alcance de tipo no aplicado, su nivel fue descriptivo-propositivo y su diseño fue no experimental-transversal. Lo primero fue determinar la productividad, previa a la propuesta, de las estaciones, para luego registrar los datos, realizar estudios de métodos, de tiempos y balanceo de línea. Posteriormente se desarrolló la propuesta de mejora con determinación de roles, de tiempos estándar y de un método de trabajo, estandarización de procesos y se determinó la productividad de la propuesta para cada estación, calculando la evaluación financiera respectiva. Finalmente se evidenció que la propuesta de gestión mediante la teoría de ingeniería de métodos en cada estación sí genera una influencia positiva. Además, se comprobó que la presente propuesta sería viable económica y financieramente, obteniendo un TIR del 90.51%, un VAN de S/ 50,448.36 y un B/C que representa por cada sol invertido S/ 4.39 de ganancia

Palabras clave: estudio de tiempos y balance de línea.

I. INTRODUCCIÓN

El inicio de las cajas de cartón se remontó al año 1817 en Inglaterra, cuando Malcolm Thornhill produjo por primera vez de manera comercial láminas de cartón individuales, además, detalló la evolución de las cajas de cartón con el paso de los años [1]. En 1884, se inventó la maquinaria destinada al corte de laterales de cajas, funcionando mediante planchas, que se colocaban en la parte inferior de la máquina, efectuando los cortes al presionar la plancha con el cartón [2].

El objetivo del sector industrial de cajas de cartón o cartón ondulado, en general, fue la sustentabilidad y el reciclaje [3]. Ref. [4] proyectó un crecimiento anual compuesto de 5.7% entre 2021-2026, en la industria de embalaje de cartón corrugado de EMEA (Europa Oriente Medio y África).

En el año 2018, la industria del cartón en España tuvo un crecimiento positivo, consiguiendo una facturación total de € 5.167 millones y brindando empleo a más de 23,600 trabajadores [5]. En España, en el año 2018, el consumo de cartón corrugado en el sector agroindustria fue del 23.3%, para la industria alimenticia representó un 16.4%, el sector de las bebidas utilizó un 15% y para otras industrias fue un total de 8.7% [6]. Así mismo, al finalizar el año 2021 en España se

obtuvo una facturación íntegra de 6.273 millones de euros y dieron trabajo a más de 100,000 personas en toda Europa [7].

La empresa donde se realizó la presente investigación posee maquinarias de impresión en formato Offset, rotativa y digital. Además, está actualmente en proceso de mejora para lograr la certificación FSSC.

Ref. [8] generaron una propuesta de balance de línea, utilizando el establecimiento de tiempo de ciclo, tiempo estándar, estudio de tiempos y movimientos, y balanceo de línea. Como resultado, el cuello de botella fue distribuido en varias estaciones, permitiendo aumentar la tasa de producción en un 43%, con respecto al escenario inicial.

Ref. [9] buscaron reducir los costos unitarios y aumentar la productividad mediante el tiempo estándar, balanceo de línea, teoría de restricciones, y la metodología 5S. Como resultado se consiguió que el costo unitario inicial de S/ 77.34 se reduzca a S/ 69.11, de esta manera el producto se puede ofrecer a un precio inferior al del mercado.

Ref. [10] afirmó que mediante la estandarización de tiempos se logró disminuir los tiempos improproductivos en un 16.28% del área y aumentar en un 9% el desempeño de los operarios.

Ref. [11] en su investigación utilizaron el estudio de tiempos, estandarización de línea y el estudio de métodos. Como resultado, encontraron que se mejoró la capacidad de producción de la línea en un 49.08%.

Ref. [12] mediante el estudio de tiempos, balance de línea y la estandarización de procesos; obtuvo en la simulación de la propuesta un incremento de la productividad total de 59.4%, y un aumento de la mano de obra de 18.7%.

Ref. [13] realizaron el estudio de tiempos identificando el tiempo promedio, tiempo normal y tiempo estándar de cada actividad que interfiera en el proceso estudiado; así mismo, obtuvieron un indicador de beneficio costo equivalente a S/. 1.87; afirmando que como la ganancia por cada sol invertido es mayor a uno es recomendable implementar la propuesta.

La productividad se puede determinar como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de los recursos utilizados en su fabricación [14]. La fórmula para calcular este indicador se describe en (1).

$$p = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{insumos}} = \frac{\text{logrado}}{\text{programado}} = \frac{\text{beneficio}}{\text{costo}} \quad (1)$$

Ref. [15] la tasa de producción se define como: la cantidad de artículos o servicios que se realizan en una cierta cantidad de tiempo; se puede calcular mediante (2).

$$Tp = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{tiempo de producción}} \quad (2)$$

El estudio del trabajo tiene como objetivo evaluar la manera en la que se realiza determinada actividad; para poder simplificar o variar el método de trabajo; de esta manera se reducen o anulan las actividades innecesarias [16].

Ref. [15] definió el estudio de tiempos como el establecimiento de un tiempo estándar adecuado para realizar cada tarea; esto se realiza con base en la medición del trabajo, teniendo en consideración la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables.

Ref. [17] el estudio de tiempos se puede dividir en 6 pasos básicos:

- Preparación para ejecutar el estudio
- Ejecución del estudio
- Valoración del ritmo de trabajo
- Suplementos del estudio de tiempos
- Cálculo del tiempo estándar
- Asignación de trabajo compartiendo tareas

El número de observaciones necesarias: Existen 3 tipos de determinar el número de observaciones necesarias sin embargo se escogió el Método Nomográfico de H.B. Maynard, utilizado en [18]. Para poder aplicar este método hay que seguir los siguientes pasos:

Realizar una toma de observaciones de 10 muestras si su duración es menor a 2 minutos y 5 lecturas si los ciclos son mayores a 2 [18].

Calcular el rango del conjunto de lecturas, a través de (3).

$$\text{Rango} = R = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo} \quad (3)$$

Calcular el promedio de las observaciones realizadas; mediante (4)

$$\text{Promedio} = \bar{X} = (\sum x) / n \quad (4)$$

$\sum x$ = Sumatoria de los tiempos de muestra

n = Número de observaciones realizadas

Determinar el cociente, esta fórmula se indica en (5)

$$\text{Cociente} = R / \bar{X} \quad (5)$$

R = Rango

\bar{X} = Promedio

El cociente se busca en la tabla del método Nomográfico titulada: Tabla para determinar el número de observaciones a realizar, del autor H. B. Maynard [19].

Toma de tiempos: Se utiliza un cronómetro, acumulativo o vuelta a cero, y se marca una vuelta o se regresa a cero cada vez que se cumple un ciclo de trabajo, estos datos y se

registran en una hoja con el formato establecido para esta actividad [19].

El tiempo promedio, es la sumatoria de todas las muestras tomadas dividido entre el número total de las muestras tomadas, revisar la ecuación 3, pero en este caso tiene una denominación de TO (tiempo observado) [19].

Ref. [20] el tiempo normal es el tiempo requerido para que un operario normal ejecute el trabajo a una marcha normal". Ref. [19] afirma que se puede calcular mediante (6), que se presenta a continuación

$$TN = TO * (1 + FW) \quad (6)$$

TO = Tiempo observado promedio

FW = Factor de Westinghouse

El valor resultado de la sumatoria de los valores de la Tabla de Westinghouse calificados, de acuerdo al operario que realizó las muestras seleccionadas [21].

Ref. [22] explica que el tiempo estándar es la herramienta que permite establecer estándares de producción precisos y justos; además, indica la cantidad de producción en un día normal de trabajo. Ref. [20] indica que la fórmula para el cálculo del tiempo estándar es la que se presenta como (7), donde el valor de suplementos por descanso se saca de la sumatoria de valores escogidos en la tabla titulada Tabla de Suplementos de descanso [20].

$$TS = TN * (1 + S) \quad (7)$$

TN = Tiempo normal

S = Suplementos por descanso

Ref. [15] comenta que el balance de línea tiene como objetivo establecer un equilibrio entre la mano de obra y la tecnología, para conseguir maximizar el flujo de las operaciones.

En la teoría de restricciones la manera de acelerar el proceso es utilizar un catalizador en el tiempo más largo y lograr que se trabaje hasta el límite de la capacidad para acelerar el proceso completo; de la misma manera [23].

Como pregunta de investigación se formuló: ¿En qué medida influye la propuesta de gestión post prensa mediante teoría de ingeniería de métodos en la productividad de línea de cajas de autoarmado, Trujillo 2022?

El objetivo general fue determinar en qué medida influye la propuesta de gestión post prensa mediante teoría de ingeniería de métodos en la productividad de línea de cajas de autoarmado, Trujillo 2022.

Como objetivos específicos se formularon:

- Determinar la productividad antes de la propuesta y diagnosticar las causas raíz de las pérdidas monetarias.
- Elaborar la propuesta de gestión post prensa mediante la teoría de ingeniería de métodos.
- Determinar la productividad después de la propuesta.

- Evaluar económica y financieramente la propuesta.

Se formuló como hipótesis: La propuesta de gestión post prensa, mediante teoría de ingeniería de métodos, aumenta la productividad de línea de cajas de autoarmado, Trujillo 2022.

En la imprenta investigada el 91.67% de las veces no cumplió con las fechas de entrega acordadas con los clientes, por lo que se propuso el uso de herramientas y metodologías, tales como: un estudio de métodos, un estudio de tiempos y un balance de línea; porque se determinó la falta de estandarización de los procesos.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, posee un alcance de tipo no aplicado; el nivel de la investigación fue de tipo descriptiva propositiva y el diseño de la investigación fue no experimental - transversal.

La población se determinó como todas las actividades de la línea de producción de cajas. Así mismo, se escogió una muestra censal, lo cual significa que la población y la muestra fueron iguales, por lo que, no se necesitó realizar un muestreo. Las actividades que se incluyeron fueron: el laminado, troquelado, terminaciones manuales y revisión de calidad.

Las técnicas utilizadas fueron la observación de campo y el análisis documental; además, los instrumentos empleados fueron la guía de observación de campo y el registro documental, respectivamente.

Para el desarrollo del proyecto, se utilizaron las siguientes metodologías y herramientas:

- Estudio de métodos
- Estudio de tiempos
- Balanceo de línea

Para el primer objetivo se estudió tanto los procesos hombre-máquina como los procesos totalmente manuales, realizados durante todo el proceso de fabricación de las cajas. El estudio se llevó a cabo mediante la recopilación de información obtenida en la observación de campo y el análisis documental; de esta manera, se realizó el estudio de métodos y estudio de tiempos, lo que permitió evaluar los movimientos, métodos de trabajo, los tiempos de ocio y las pérdidas económicas. Ref. [24] afirmó que el análisis documental posee dos factores importantes la parte interna que se refiere al contenido neto del documento y la parte externa, que se refiere al soporte documental. Para el análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva. Ref. [25], afirmó que la estadística descriptiva es la rama de la estadística que genera representaciones gráficas a modo de resumen de la información, ya sea en cuadros, tablas, gráficos o figuras. Posteriormente, se identificarán las causas raíz mediante el Diagrama de Ishikawa, luego, se calculará la productividad de cada estación encontrada y al final se determinará la pérdida económica generada en cada una de las causas raíz.

En la etapa de elaboración de la propuesta se realizó un análisis de los datos obtenidos en el primer objetivo; además se realizarán estudios de tiempos y estudios de métodos

dependiendo del tipo de proceso. A continuación se realizó una exhaustiva evaluación de los resultados obtenidos y se identificarán los correctos métodos de trabajos y los tiempos estándar para cada actividad; todo esto contribuyó a lograr generar una optimización de la línea de trabajo mediante la estandarización de los procesos y un balance de línea, tomando en cuenta la teoría de restricciones para maximizar el uso de las estaciones, de esta manera se espera reducir los tiempos de ocio, disminuir las pérdidas económicas y maximizar los recursos tanto materiales, de maquinaria como de personal humano.

Como parte del tercer objetivo, se calculó el valor de la productividad propuesta, con la función de identificar el incremento de las unidades producidas en un tiempo determinado, y se comparó con la productividad antes de la propuesta.

Finalmente, para completar el último objetivo se evaluó económicamente la propuesta presentada, mediante los indicadores TIR (tasa interna de retorno) y VAN (valor neto actual), además, del análisis beneficio/costo.

Así mismo, la presente investigación utilizó información recopilada y analizada tomando siempre en consideración la ética, responsabilidad y no divulgación de la misma; dándole un tratamiento completamente profesional y responsable. Se guardarán las reservas del caso y no se hará pública información respecto a la empresa.

III. RESULTADOS

A. Determinar la productividad antes de la propuesta y diagnosticar las causas raíz de las pérdidas monetarias.

Con el análisis documental se encontró que desde el 11 de abril del 2022 hasta el 20 de mayo del 2022 la empresa tuvo un total de 118 pedidos del sector agroindustrial; de los cuales 62 de ellos fueron entregados fuera de tiempo, eso significa que el 52.54% de los productos tuvieron una entrega tardía al cliente. De los 118 pedidos, 12 son de cajas corrugadas, lo que equivale a un 10.17% del total de pedidos, sumando un total de 71,865 unidades vendidas, de las cuales el 91.67% de los pedidos fueron entregados fuera de tiempo; teniendo como retraso mínimo 1 día y como retraso máximo 17 días. Por lo que, se pudo evidenciar que la empresa presentó un nivel deficiente de productividad y eficiencia en esta línea de producción.

La muestra fueron las actividades post prensa realizadas para un pedido de cajas realizado desde el 11/08/2022 hasta el 15/08/2022. Se procedió a realizar una observación de campo, utilizando guías de observación de campo diseñadas específicamente para cada tiempo de proceso; mediante esta herramienta se pudo determinar la productividad antes de la propuesta en cada estación que participa del proceso desde que sale de prensa y pasa a laminado.

Posteriormente, la productividad se calculó mediante la sumatoria total de unidades producidas en cada estación dividido entre el total de tiempo utilizado para generar dicha

cantidad en cada caso; como resultado de estos cálculos se obtuvieron los valores que se pueden apreciar en la Tabla 1.

TABLA I
PRODUCTIVIDAD ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA POR ESTACIONES DE TRABAJO

Proceso	Tiempo antes (horas)	Unidades	Productividad antes (uds/hora)
Laminado	8.5	7 780	915
Troquelado	6.32	11 715	1 853
Limpieza	2.4	6 500	2 708
Acabados manuales	13.7	11 715	855

Además, se realizó el diagrama de Ishikawa para identificar las causas raíz de la baja productividad de cada estación; este se puede apreciar en la Fig. 1. teniendo en cuenta que se definió el problema como: La baja productividad de la línea de producción de cajas de autoarmado.

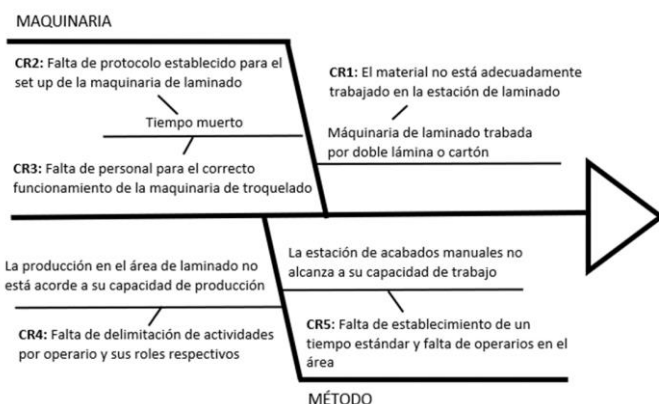


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa.

B. Elaborar la propuesta de gestión post prensa mediante la teoría de ingeniería de métodos.

Se comenzó realizando estudios de métodos y estudios de tiempos durante el proceso productivo de las actividades post prensa.

Para las actividades donde el ritmo de producción era dictaminado por la máquina se realizó un estudio de métodos como fue el caso de la estación de laminado y la estación de troquelado. Además, se desarrolló un estudio de tiempos en la estación de limpieza del producto, en las actividades de acabado las cuales fueron: pasado por máquina y alineación y limpieza; y en el caso de las actividades de calidad son: revisión y contado y finalmente en la actividad de paletizado del producto.

En la estación de laminado, el set up establecido para la preparación de maquinaria es de 21 minutos y posteriormente se debe comenzar la producción, sin embargo, en la observación de campo mediante el estudio de métodos se encontró que los operarios demoran en total 4.9 horas en realizarlo, lo que genera 4.55 horas de desperdicio de tiempo

de producción de la máquina. Lo cual se reflejó en el cálculo de la productividad antes de la propuesta de la estación de laminado de 915 uds/hora. Al sumar el total de tiempo trabajado por el operario 3, da un total de 294 minutos (4.99 horas) a eso se le restan los 21 minutos establecidos por la empresa para el set up de la máquina, dando un total de 273 minutos, dividiéndolo entre 60 dio 4.55 horas.

El costo de la maquinaria encendida por hora es de S/ 560.00, por lo que si se multiplica el costo/hora con el tiempo que no agrega valor dará las pérdidas económicas de la estación; tomando en cuenta el tiempo que no agrega valor como 4.55 horas, el resultado fue un total de S/ 2,548.00 como pérdidas de la estación de laminado.

Para poder identificar las actividades que más afectan al proceso de set up se realizó un Diagrama de Pareto. El gráfico demostró que las actividades que afectan de manera negativa al 80% del proceso fueron: 1 el tiempo de ocio de los operarios (tiempo no trabajado), 2 el trabajo y carga de material en la máquina, 3 la limpieza del área, 4 desatorar la máquina, 5 la limpieza del rodillo, y la actividad 6 que fue la calibración de la maquinaria; este gráfico se puede apreciar en la Fig. 2.

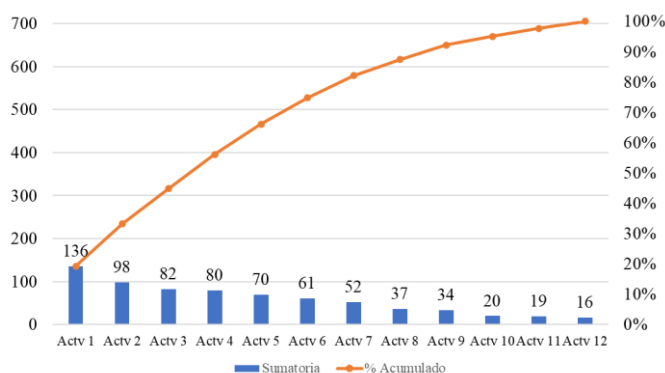


Fig. 2. Diagrama de Pareto de todas las actividades de set up de la máquina de la estación de laminado.

Además, en el análisis de métodos, también salió a relucir que a partir de las 9:43 hasta las 12:30 se comenzaron a realizar las pruebas de producción, pero se descubrió que el 81.71% del tiempo la máquina estuvo parada por atasco de lámina o cartón, haciendo un total de 134 minutos y el 18.29% la máquina estuvo en pruebas de producción dando un total de 30 minutos.

Finalmente se encontró que el operario 3, (que manipuló la máquina de manera constante, desde las 8:05 a.m. hasta las 12:30 p.m.), pasó un total de 41 minutos calibrando la máquina, en cambio el operario experto calibró la máquina por un total de 20 minutos, obteniendo mejores resultados en la línea de producción.

Por lo que, para lograr reducir los tiempos de set up de la máquina de laminado a 21 minutos se propusieron las siguientes soluciones:

- Registro de dimensiones del cartón corrugado del producto.

Este registro se llenará a la hora de emitir la orden de producción o la hoja de ruta, y se anexará a las instrucciones para el área de laminado. Esto permitirá reducir el tiempo de calibración de la maquinaria ya que no tendrán que medir la lámina de cartón corrugado, ni hacer los cálculos ellos mismos, de esta manera se reducirán los errores en la calibración que a su vez reducirá los tiempos por lámina atorada

- Capacitación del personal para la correcta calibración de la maquinaria

La capacitación tiene como objetivo que los operarios designados como responsables de manipular la máquina (en este caso el operario 3) tenga los conocimientos necesarios para calibrar adecuadamente la maquinaria.

Se deberán abordar temas desde el encendido de la maquinaria, la calibración de la entrada de cartón corrugado, calibración del área de abastecimiento de láminas impresas, y también se verá el adecuado proceso para identificar la falla en la maquinaria o si es falla de un proceso manual del personal que trabaja las láminas impresas o el cartón corrugado.

- Estandarización del método de trabajo

El trabajo del material de laminado tuvo un tiempo total de 98 minutos, en parte porque se necesitó volver a trabajar más de la mitad del material. Por lo que, se diseñó el siguiente procedimiento estandarizado de trabajo del material utilizando las técnicas del operario experto.

1. Se coge una cantidad moderada, que se pueda manejar fácilmente con las manos. (6 seg)
2. La mano izquierda se apoya en el centro del material y la derecha va desde abajo hacia arriba revisando las láminas, cuando ese lado se termina se repite el proceso con la mano izquierda. (15 seg)
3. Se realiza un movimiento ondulado desde las puntas opuestas al operario hacia el mismo; el cartón debe separarse un poco de los demás. (12 seg)
4. Se doblan ligeramente las puntas sobre sí mismas, sin llegar a marcarlas. (24 seg)
5. Se lleva y deposita el lote separado a la paleta de carga de la máquina con la lámina impresa para arriba. (15 seg)

Generando un tiempo total de 72 segundo o 1 minuto con 12 segundos, para el trabajo del material por cada pequeño bloque que el operario puede manejar.

- Determinación de roles de trabajo para el área de laminado.
- Check list de limpieza y organización del área al finalizar la jornada.

Con estas propuestas se espera obtener una productividad propuesta para la estación de laminado de 1822 uds/hora.

En la estación de troquelado se pudieron tomar registro de dos días de producción con un total de 6.32 horas de trabajo; en el primer día trabajaron 2 operarios en la estación, con un set up de 47 minutos, una producción de 7211 unidades en 1 hora y 20 minutos de paro total de la máquina, organización y

limpieza del área, dando un tiempo de ciclo real de 0.60 uds/seg. Sin embargo, en el segundo día trabajó únicamente un operario, con un set up de 1 hora con 32 minutos, una producción de 3 horas con 33 minutos, finalmente su tiempo de organización y limpieza fue de 14 minutos; dando un tiempo de ciclo real de 4.09 seg/uds. Por lo que se puede observar una diferencia de 3.49 seg/uds entre los dos tiempos de ciclos; para identificar el porqué de estas cifras se realizará un estudio de métodos. Su productividad antes de la propuesta en promedio (de los dos días) fue de 1 835 uds/hora.

En este caso, se identificó las actividades realizadas por los operarios y sacando una sumatoria de los minutos que pasaban en esa actividad a través de todo el proceso del primer día; se determinó que la actividad que más consume el tiempo de los operarios fue la carga de material a la maquinaria, con 51 minutos como total de tiempo de ambos operarios. Posteriormente se realizó el mismo análisis en los tiempos del segundo día, encontrando como resultado que la actividad que más tiempo demanda también es la carga de material, sin embargo, al ser un solo operario en la estación se duplicó el tiempo requerido para realizar esta actividad a comparación de la tabla 10 donde trabajan dos operarios en la estación. Además, se evidenció un paro de la máquina por falta de aire a presión de 53 minutos, esto se debe a que no existió una buena comunicación de planificación avisando que la máquina de aire a presión debía tener una reserva para poder comenzar el trabajo de troquelado a primera hora.

Se elaboró un gráfico de barras que muestra la comparación del tiempo total utilizado en las actividades realizadas en el primer día de producción con respecto al segundo día.

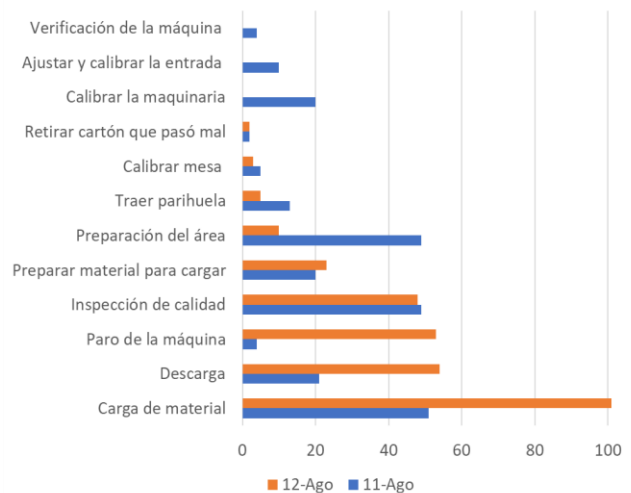


Fig. 3. Comparación de las actividades realizadas el 12/08/2022 contra las del 11/08/2022.

Como se puede ver en la Fig. 3, la primera diferencia fue en la actividad “Carga de material a la máquina”, en ambos días es la actividad que consume más tiempo, siendo 51 minutos en el

11/08/2022, pero en el 12/08/2022 fue el doble con un total de 101 minutos, esto debido que tener un operario menos la carga de material a la máquina se vuelve mucho más tedioso, tardío y laborioso. La segunda diferencia encontrada, es que la descarga en el 12/08/2022 es de 54 minutos y en el 11/08/2022 la descarga es de 21 minutos, con lo cual se puede verificar que supera el doble del tiempo que toma cuando son dos personas. Finalmente, el paro de la maquinaria en el 12/08/2022 se registró un paro de 53 minutos por falta de aire a presión, por falta de reserva en otra máquina, sin embargo, en el 11/08/2022 el único paro registrado fue porque pasó doble lámina la máquina y se apagó la poder trabajar en los ajustes necesarios.

Consecuentemente, se procedió a calcular las pérdidas económicas de la estación únicamente con los tiempos observados en la carga del material a la máquina, siendo estos un total de 50 minutos. Se dividieron los 50 minutos entre 60 para poder multiplicarlo con el costo por hora, dando un resultado de 0.83 horas; el costo de la estación por hora fue de S/ 539.00; obteniendo como resultado una pérdida económica de S/ 449.17 en la estación de troquelado.

La propuesta de mejora, para la estación de troquelado, fue la de establecer, como parte del procedimiento estándar, tener 2 operarios trabajando en la estación de troquelado para lograr cumplir con la tasa de producción asignada de 0.63 seg/uds.

En la estación de limpieza su capacidad de proceso es de 1.44 seg/uds, y mediante el estudio de tiempo se determinó que su tiempo de ciclo real es de 1.33 seg/ud, por lo que no se realizará ninguna modificación del método de trabajo.

En el área de acabados, se trabajaron las 11 715 unidades en 13.70 horas (viernes 12 6.5 horas, el sábado 5 horas, el lunes 2.2 horas), por lo que su tiempo de ciclo real fue de 4.21 seg/uds, sin embargo, su capacidad del proceso es de 1.20 seg/uds; y su productividad fue de 855 uds/hora. Para comenzar se desglosaron las actividades que realizan, encontrando que poseen una que es pegado de cajas y otra que es la alineación y limpieza de las cajas. Posteriormente, se realizaron los estudios de tiempos a ambas actividades para poder determinar el tiempo estándar de trabajo y también realizar un balance de línea.

La primera actividad del área de acabados manuales fue pasar el material por una máquina que administra goma y pega los dos extremos. Se ejecutó una toma de tiempos, en el cual se utilizó el método Nomográfico de H.B. Maynar para determinar la cantidad de muestras que se necesitaron, las cuales fueron como mínimo 36. En este caso se tomó el tiempo de la actividad más el tiempo muerto o en el cual el operario no trabajaba, realizando un total de 126 para generar un resultado más viable. En 37 minutos registrados en la observación de campo, el 63.40% del tiempo (24.06 min) fue tiempo no operativo o tiempo muerto y el 36.60% del tiempo el operario estuvo trabajando (13.89 min). El proceso completo demoró 13.70 horas, por lo que, se puede suponer que el 63.40% fue tiempo muerto, dando un total de tiempo muerto en esta estación de 8.68 horas. Para calcular la pérdida

económica se multiplicó el total tiempo muerto en horas del proceso (8.69 horas) por el costo de la estación por hora activa que fue de S/ 120.00, lo que da una pérdida total de S/ 1,042.27.

Para desarrollar la propuesta de mejora se procedió a realizar un estudio de tiempo únicamente del tiempo productivo del operario, de lo cual se ejecutaron 83 observaciones. El promedio de las 83 muestras fue de 8.49 seg, dividiéndolo entre la cantidad de unidades que hay en cada muestra nos da un total de 0.85 seg/uds, pasándolo a uds/seg da 1.18. Para la valorización del operario se utilizó la valorización de Weistinghouse, con un puntaje de 0.24, y empleando la fórmula de tiempo normal (6) se obtuvo un tiempo normal de 1.05 seg/uds o 0.95 uds/seg. Finalmente, se utilizaron los suplementos por descanso, con una ponderación total de 0.21 y empleando la fórmula de tiempo estándar (7) da un tiempo estándar de 1.27 seg/uds, que la pasarlo a seg/uds da 0.79, obteniendo una productividad de 2 826 uds/hora en esta parte de la estación de acabados manuales.

En la segunda actividad del área de acabados tenemos al alineado y limpieza del producto, se realizó un estudio de métodos para poder identificar el porqué de los tiempos muertos en la primera actividad. El primer cálculo realizado fue determinar la cantidad de muestras necesarias para esta parte del proceso utilizando el método Nomográfico de H.B. Maynar; obteniendo como resultado un mínimo 22 observaciones, sin embargo, se decidió realizar 84 observaciones, para poder encontrar un resultado más confiable. El promedio de las 84 muestras fue de 53.19 seg, dividiéndolo entre la cantidad de unidades que hay en cada muestra nos da un total de 5.32 seg/uds, pasándolo a uds/seg da 0.19. Para la valorización del operario se utilizó la valorización de Weistinghouse, con un puntaje de 0.23, y empleando la fórmula de tiempo normal (6), se encontró un tiempo normal de 6.54 seg/uds o 0.15 uds/seg. Finalmente, se utilizaron los suplementos por descanso, con una ponderación de 0.23 y empleando la fórmula de tiempo estándar (7), se obtuvo un tiempo estándar de 8.05 seg/uds, que la pasarlo a seg/uds nos da 0.12, representando una productividad de 447.32 uds/hora.

Al comparar la productividad de la actividad de pasar el material de la máquina (2 826 uds/hora) contra la productividad de la actividad de alineado y limpieza del producto (447.32 uds/hora), se apreció un cuello de botella o restricción en la segunda actividad, impidiendo a la primera ir a su productividad máxima. Por lo que, se recurrió al balance de la línea de producción.

Para realizar el balance de la línea se tomó en cuenta el tiempo estándar de producción de pasado por máquina (primera actividad de acabados manuales) para ponerlo como tiempo objetivo y se tomó como restricción el tiempo estándar de alineado y limpieza por cada operario necesario en el proceso, utilizando como catalizar un mayor número de operarios en la parte de la estación que más lo requiera.

TABLA II
BALANCE DE LÍNEA DE ACABADOS MANUALES MEDIANTE
TEORÍA DE RESTRICCIONES

	Pegado	Alineado y limpieza
Uds/(hora*operario)	2 826	447
# operarios en la estación	1	6
Uds/hora	2 826	2 682

Como se observa en la Tabla 2, para que la línea pueda estar balanceada y produzca sin restricciones por parte de la misma se necesitarán 6 personas en la sección de alineado y limpieza, nivelando de esta manera el ritmo de producción de la sección de pegado. Además, se debe considerar que al incrementar el ritmo de trabajo se necesitará añadir una persona que sea la intermediaria para entregar el material que sale de pegado a las de alineado y limpieza. Si se utiliza el balance de línea propuesto compuesto por un total de 8 personas: 1 en pasado por maquinaria, 1 alcance del material y 6 en alineado y limpieza; se lograría acabar el trabajo en 4.37 horas; reduciendo el tiempo de 13.70 horas en un 68.10% del tiempo usado; dando una productividad propuesta de 2 680.78 uds/hora.

Pese a que el siguiente proceso ya no es productivo se realizó un estudio de tiempos para poder determinar el tiempo estándar del área de calidad, debido a que la empresa no posee un tiempo estándar ni promedio del proceso, y tampoco poseen una productividad de total de unidades por hora trabajada.

Este proceso se encuentran dos etapas, la primera es la revisión, contado y separado, y la segunda es el paletizado y acomodado. Para determinar la cantidad de número de observaciones mínimas en la primera actividad se utilizó el método Nomográfico de H.B. Maynar, y se obtuvo que el número de muestras como mínimo debe ser 169; sin embargo, incluyendo los tiempos de transporte se realizaron 180 tomas de tiempos. Para comenzar con el análisis de tiempos se separaron los tiempos de transporte de material por el mismo operario desde acabados hasta calidad en brazos, de la carga del material cuando lo traían en un pallet y finalmente del tiempo trabajado en total. Analizando los datos se determinó que en transporte se perdió 2 956.72 segundos, lo que representa a 49 minutos, y asciende al 33.64%; el de carga de material a 1.26%; el tiempo trabajado fue de 65.10%, y finalmente el tiempo total disponible en las mediciones fue de 8 790.35 segundos, lo cual da un total de 2.44 horas registradas y analizadas.

Para poder obtener el tiempo estándar de la actividad se utilizaron solo los tiempos productivos del operario, posteriormente se dividieron los tiempos entre la cantidad de unidades que se trabajaron en cada tiempo y finalmente se calculó que el promedio de las muestras fue de 0.90 seg/uds, pasándolo a uds/seg da 1.11. Para la valorización del operario se utilizó los factores de Weistinghouse, con un puntaje de

0.16, y empleando la fórmula de tiempo normal (6), se obtuvo un TN de 1.05 seg/uds o 0.96 uds/seg. Finalmente, se utilizaron los suplementos por descanso, con una ponderación de 0.18 y la fórmula (7), obteniendo un tiempo estándar de 1.23 seg/uds, que la pasarlo a uds/seg da 0.81 y eso representa una productividad de 2 917 uds/hora.

Finalmente se realizó el estudio de tiempos de la segunda actividad de calidad que fue paletizado y acomodado. Primero se determinó la cantidad mínima de muestras a utilizar mediante el método Nomográfico, obteniendo como mínimo 103 muestras, sin embargo, para asegurar la certeza de los cálculos se tomaron 121 muestras. El promedio de las muestras fue de 26.3 seg, y dividiéndolo entre las 25 unidades que son cada muestra de un total de 1.04 seg/uds, pasándolo a uds/seg da 0.96. Para la valorización del operario se utilizó la valorización de Weistinghouse, con un puntaje de 0.16 y utilizando la fórmula de tiempo normal (6) se obtuvo un TN de 1.21 seg/uds o 0.83 uds/seg. Finalmente, se utilizaron los suplementos por descanso, con una ponderación de 0.18, y la fórmula de tiempo estándar (7) obteniendo un TS de 1.43 seg/uds, que la pasarlo a uds/seg da 0.70 y eso representa una productividad de 2 525 uds/hora.

C. Determinar la productividad después de la propuesta.

Se determinó la productividad después de la propuesta. Para lo cual se utilizó la fórmula de la productividad (1), tomando en cuenta que la cantidad de unidades son las mismas que en la Tabla 1.

TABLA III
PRODUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA PROPUESTA POR
CADA ESTACIÓN

Proceso	Tiempo antes (horas)	Productividad antes (uds/hora)	Tiempo después (horas)	Productividad después (uds/hora)
Laminado	8.50	915	4.27	1 822
Troquelado	6.32	1 853	5.25	2 231
Limpieza	2.40	2 708	2.40	2 708
Acabados manuales	13.70	855	4.37	2 682

El porcentaje de mejora se obtiene de la diferencia del total de tiempo antes de la propuesta menos el propuesto y todo eso se divide entre el tiempo antes de la propuesta; esto se hace para cada estación. Como se puede observar en la tabla 22, el porcentaje de mejora en la estación de laminado asciende a 99.13%, el de la estación de troquelado es de 20.40%, el de la estación de limpieza no se realizó ninguna mejora puesto que su porcentaje es nulo y finalmente en acabados manuales se mejoró en un 213.68%. Se agrupó la información en un gráfico de barras, con el objetivo de poder visualizar de una manera más clara la comparación de la productividad antes de la propuesta y de la productividad propuesta en cada una de las estaciones.

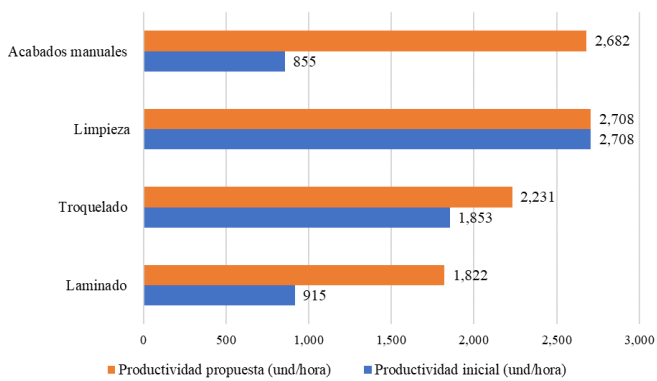


Fig. 4. Productividad inicial vs. Productividad después de la propuesta por cada estación

D. Evaluar económica y financieramente la propuesta.

Para realizar la monetización de la inversión se utilizó el sueldo regular de los operarios (S/ 2 050.00) y la cantidad de operarios que se necesitan contratar en cada estación. En laminado se puso una contratación debido a que el operario 2 no participó del proceso y el operario experto no debería estar en la línea de producción, solo debería vigilar el proceso. En troquela se consideró una persona para que la carga de la maquinaria se reduzca a la mitad (tiempo mínimo registrado de la actividad). En acabados manuales se contratarán 5 persona para que ingresen a la parte de alineado y limpiado de las cajas, de esta manera se podrá nivelar la estación y eliminar los tiempos muertos de la misma.

Sabiendo que en el año 2022 se recibieron un total de 15 pedidos de este producto y que previo a la producción los nuevos operadores ya deben estar capacitados; se realizó la extrapolación anual multiplicando la inversión por lote por 16 jornadas de trabajo, con el objetivo de hallar el costo anual. Se procedió a calcular el costo de operario por hora, dando como resultado S/ 10.68. En cada estación se multiplicó el número de operarios a contratar por el costo de operario por operario, a su vez se multiplicó por la cantidad de horas propuestas a trabajar por cada estación, y finalmente ese resultado se multiplica por la cantidad de lotes por año, en este caso 16. En la estación de laminado se necesita contratar 1 empleado más, generando un costo de S/ 729.46; en la estación de troquelado se propone contratar 1 operario más, generando un costo de S/ 896.88; en la estación de acabados manuales se propuso contratar 5 personas, generando un costo de S/ 3,731.01. Obteniendo S/ 5,357.34 en total, como costo total de inversión anual de la empresa en las 16 jornadas de los nuevos operarios

Además, se procedió a calcular el costo de las capacitaciones necesarias para cada causa raíz, multiplicando la cantidad de operarios a capacitar por el costo de hora de operarios, y esto a su vez por el tiempo en horas que estarán siendo capacitados. Tomando en cuenta que las capacitaciones para los operarios solo se realizarán 2 veces al año. Para el CR1, se propone “Correcto trabajo del material”, el encargado de la capacitación sería el operario experto, el número de operarios a capacitar sería 3 y el total de horas de capacitación

sería de 3.5, generando una inversión anual de S/ 224.22. Para el CR2, se propone el tema “Calibración de la maquinaria y correcta manipulación de la misma”, el encargado de la capacitación sería el operario experto, solo se capacitaría a 1 operario y la capacitación duraría un total de 12 horas; generando una inversión anual de S/ 256.25. Para el CR3, se propone el tema “Inducción en el trabajo de carga y operación de la maquinaria”, el encargado de la capacitación sería el operario encargado, solo se capacitaría a 1 operario y la capacitación duraría un total de 4 horas; generando una inversión anual de S/ 85.42. Para el CR4, se propone el tema “Inducción en los roles por operario y sus actividades establecidas”, el encargado de la capacitación sería el jefe de producción y el operario experto, se capacitaría a 3 operarios y la capacitación duraría un total de 3 horas; generando una inversión anual de S/ 192.19. Así mismo, para el CR5, se propone el tema “Alineado y limpieza de las cajas”, el encargado de la capacitación sería el operario encargado, se capacitaría a 5 operarios y la capacitación duraría un total de 1.6 horas; generando una inversión anual de S/ 170.83.

Finalmente se evaluó el ahorro de sobre las pérdidas, restando las pérdidas económicas anuales de cada estación menos la inversión anual de cada estación, y el resultado dividiéndolo entre las pérdidas económicas anuales de cada estación. Se toma en cuenta que el costo por estación/hora en S/ sería para laminado S/ 560.00, para troquelado sería S/ 539.00, para acabados manuales (pasado por máquina) sería S/ 120.00 y finalmente en acabados manuales (alineado y limpieza) sería S/ 98.00.

TABLA IV
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Proceso	Reducción tiempo perdido (horas)	Pérdidas totales por lote en estación	Pérdidas anuales por estación	Inversiones anuales por estación
Laminado	4.23	S/ 2,368.80	S/35,532.00	S/ 1,356.52
Troquelado	1.07	S/ 576.73	S/ 8,650.95	S/ 926.24
Limpieza	0.00	-	-	-
Acabados manuales (pasado por máquina)	8.69	S/ 1,956.81	S/29,352.08	S/ 3,668.65
Acabados manuales (alineado y limpieza)	9.33			
Total	23.32	S/4,902.34	S/73,535.03	S/ 6,286.25

Tomando en cuenta que las pérdidas anuales serían de S/ 73,535.03 y, si se invierte la cantidad de S/ 6,286.25 el porcentaje de ahorro sobre las pérdidas totales es del 91.914%. Todo se puede apreciar mejor en la Tabla IV.

Para realizar una evaluación financiera se determinó que el préstamo total a pedir a la entidad bancaria sería de S/ 6,286.25. Según la Superintendencia de banca, seguros y AFP de la República del Perú el 24/11/2022 las tasas de

interés promedio anual del sistema bancario para un préstamo a pequeña empresa, de cuota fija, y de 181-360 días de pago fueron las siguientes: BBVA 21.80%, Banco de Crédito 13.31% e Interbank con un 30% [26].

Tomando en consideración el interés más alto, 30%, se procedió a realizar el cálculo de las cuotas a pagar mediante Excel; haciendo uso de la fórmula financiera “=pago”; donde en la tasa de interés constante se puso 2.50%, debido a que se debe poner el interés mensual, que sale de dividir 30% entre 12 periodos de pagos o meses, el NPER es el número total de pagos del préstamo por lo que se le atribuyen 12 periodos, y finalmente, Va es el valor actual, siendo el total del préstamo a pedir, que en este caso fue S/ 6,287.00.

El TIR (tasa interna de retorno) generó un valor de 90.51%, lo cual indica que el proyecto sí es viable y rentable, así mismo el VAN (valor neto actual) dio un valor positivo con un total de S/ 50,448.36; como estos dos indicadores dieron un resultado positivo se puede afirmar que el proyecto es viable y rentable para llevar a cabo en la empresa, Además se realizó el análisis B/C (beneficio/costo), el cual indica que por cada sol invertido se genera una ganancia de S/ 4.39.

IV. DISCUSIÓN

Como primer objetivo se determinó la productividad antes de la propuesta en cada estación, tomando en cuenta las unidades producidas y el tiempo empleado para poder generar dichas unidades, en laminado determinó una productividad antes de la propuesta de 915 uds/hora, en troquelado 1,853 uds/hora, en limpieza 2,708 uds/hora y finalmente en acabados manuales la productividad antes de la propuesta fue 855 uds/hora. Ref. [20], en su investigación utilizaron como indicador la productividad antes de la propuesta con respecto al área de producción, obteniendo 10,219.35 jabas/día; además, también utilizaron el indicador de productividad de los operarios, por lo que obtuvieron una vista más global de todo el proceso.

Como segundo objetivo se elaboró la propuesta de gestión post prensa mediante la teoría de ingeniería de métodos; esto se llevó a cabo a través de estudios de métodos y estudios de tiempos, dando como resultado la elaboración de registros, determinación de roles de trabajo, estandarización de actividades, estandarizando la de cantidad de operarios y estandarización del método de trabajo. Ref. [11], en su investigación estandarizaron el tiempo por puesto de trabajo, identificando la mejor práctica o método para dar inicio a su propuesta y posteriormente a la implementación de ésta. Ref. [25] establecieron tiempos estándar por actividad, logrando de esta manera un incremento en la productividad con el estudio de tiempos manualmente. Ref. [12] utilizó el balance de línea para identificar la cantidad de operarios necesarios para poder operar al ritmo estándar establecido para la producción.

Como tercer objetivo se determinó productividad después de la propuesta, esto se llevó a cabo mediante un análisis de la propuesta de cada estación. En laminado se consiguió una productividad de 1,822 uds/hora mejorando en un 99.13%, en troquelado, la productividad propuesta fue de 2,231 uds/hora

mejorando un 20.40%, en acabados manuales, se obtuvo una productividad propuesta de 2,682 uds/hora, mejorando en un 213.68%. Ref. [11], estandarizaron el tiempo por puesto de trabajo y obtuvieron una mejora del tiempo estándar de 31.09%. Ref. [25], establecieron un tiempo estándar de 181,4 segundos por actividad, logrando un incremento del 24,42% en la productividad. Ref. [12], utilizó el balance de línea, y afirma que aumentaron la productividad de línea diaria.

Como cuarto objetivo se evaluó económicamente la propuesta, por lo que, se realizó una extrapolación de los datos obtenidos a la cantidad de veces que se realizaron pedidos del mismo modelo, dando como resultado de pérdidas anuales S/ 73,535.03 y la propuesta de mejora generaría una inversión de S/ 6,286.25 generando un ahorro del 91.45%. Así mismo, se elaboró el TIR obteniendo 90.51%, se realizó el análisis VAN con un resultado total de S/ 50,448.36 y un beneficio costo de S/ 5.39. Ref. [13] realizaron una determinación de ingresos totales normales y los propuestos, finalmente realizaron el análisis beneficio costo, obteniendo S/ 1.87; afirmando que como la ganancia por cada sol invertido es mayor a uno es recomendable implementar la propuesta.

Finalmente, el desarrollo del objetivo general dio como resultado que se evidenció un incremento positivo en la productividad de las estaciones de la línea de cajas de autoarmado.

Las limitaciones de esta investigación fueron: la falta de artículos de investigación que utilicen todas las herramientas de ingeniería de métodos, como lo fueron las aplicadas en este trabajo y la restricción de información a temas económicos por parte de las autoridades en las organizaciones.

V. CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación, se determinó que existe una influencia positiva en la productividad de la propuesta de gestión mediante la teoría de ingeniería de métodos en cada estación.

Al identificar la productividad antes de la propuesta por cada estación, se obtuvo una idea mucho más realista de las condiciones iniciales de cada parte del proceso, permitiendo que en un futuro se pudieran identificar las fallas y las mejoras a realizar. Mediante el análisis de las pérdidas económicas y el uso del Diagrama de Ishikawa se identificó las causas raíz, lo que permitió tener una base para diseñar la propuesta de mejora.

Se realizó el análisis de la condición de la empresa y la elaboración de la propuesta mediante la ingeniería de métodos, utilizando herramientas como el estudio de métodos, que comenzó realizando un análisis y registro de todas las actividades que se ejecutaron en el proceso productivo, permitiendo identificar las actividades innecesarias, determinar y estandarizar los métodos de trabajo. Otra herramienta que se empleó fue el estudio de tiempos, este instrumento permitió determinar el tiempo estándar de cada proceso manual, y con ese dato se pudo realizar un balance de línea adecuado, mediante la teoría de restricciones que consta

en agregar un catalizador la actividad más lenta, de esta manera se consiguió nivelar los tiempos de producción.

Se determinó la productividad después de la propuesta ajustando los nuevos tiempos establecidos y extrapolándolos a las cantidades a realizar, de esta manera se obtuvieron las mismas unidades realizadas, pero en un menor tiempo, lo que sería la mejora obtenida.

Se evaluó la propuesta económicamente calculando las pérdidas/hora de estación no utilizada en cada caso, y se calcularon las inversiones en personal en cada estación. Posteriormente se sacó el porcentaje de ahorro con respecto a las pérdidas obtenidas y finalmente se realizó el análisis costo-beneficio.

Por lo que, al concluir la investigación se puede especular que, en casos de empresas con baja productividad en sus procesos, utilizar diversas herramientas de ingeniería de métodos solucionaría el problema y reduciría costos a corto y largo plazo.

REFERENCIAS

- [1] Atabal F. (2019). La historia de la caja de cartón: ¿Cuál es su origen? Cartonajes Malaqueños, S.L.
<https://www.cartonajes-malaga.com/es/origen-caja-carton>
- [2] Arriaga R. (2017). Historia de la caja cartón ondulado. Ricardo Arriaga S.A.
<https://ricardoarriaga.com/historia-carton-ondulado-cajas/>
- [3] Fx Sanmarti (2018). Cartón Ondulado: Un producto en continua evolución. 2018
https://fxsanmarti.com/cajas_carton/carton-ondulado-un-producto-en-continua-evolucion/
- [4] Mordor Intelligence (2022) Mercado de embalaje de cartón corrugado de EMEA: crecimiento, tendencias, impacto de covid-19 y pronósticos (2022 - 2027).
<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/emea-corrugated-board-packaging-market>
- [5] Grupo La Plana (2019). Evolución Industria del Cartón en 2018.
<https://laplana.com/noticia/evolucion-industria-del-carton-en-2018/>
- [6] Interempresas (2019). Los fabricantes europeos de envases de cartón reducen su huella de carbono. Canales Sectoriales Interempresas.
<https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/397488-Flexibilidad-en-lugar-de-complejidad-asi-es-como-SER-Wax-embala-sus-velas-perfumadas.html>
- [7] Asociación Española de Fabricantes de Envases y Embalajes de Cartón Ondulado (2021).
<https://afco.es/la-industria-en-cifras>
- [8] Orejuela J. & Flórez A. Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. *Fundación Dialnet*. ISSN 0122-6517. 2019.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7030617>
- [9] Escalante O. Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado. *Revista Industrial data*. ISSN: 1810-9993. 2021.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-99932021000100219
- [10] Muñoz A. Estudio de tiempos y su relación con la productividad, *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración*. 5(17), pp. 40-54, 2021. ISSN: 2616 –8219. 2021.
<http://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v5i17.104>
- [11] Caycho J. & Mendoza C. Estandarización de procesos para mejorar la productividad en una línea de ensamble de una empresa fabricante de baterías automotrices. 2019.
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2728>
- [12] Ramírez S. Propuesta de mejora en el proceso productivo para incrementar la productividad en la empresa Algymar S.R.L. 2021.
<http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/3923>
- [13] Olivera R. & Vásquez L. Plan de mejora de la productividad en la fabricación de pallets mediante la aplicación de la ingeniería de métodos en la empresa maderera Nuevo Perú S.A.C. Chiclayo. 2020.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8074>
- [14] Aguilar F. Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de cajas reductoras para aumentar la productividad en la Factoría Águila Real. 2015.
<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2062>
- [15] Peña D., Neira A. & Ruiz R. Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia Et Technica*. ISSN 0122-1701. 2016.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84950585006>
- [16] Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. Oficina Internacional del Trabajo de Ginebra.
<https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>
- [17] Andrade A., Del Río C. & Alvear D. Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Scielo*. 30(3), 83-94. ISSN 0718-0764. 2019.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300083&script=sci_arttext
- [18] Vásquez R. Estudio de tiempos en la línea de producción de uva fresca en la Empresa Jayanca Fruits S.A.C para mejorar la productividad - Lambayeque, 2016.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4233>
- [19] Torres N. Propuesta de mejora del proceso de producción del pan para incrementar la productividad de la panadería El Pacífico S.A.C. 2020
<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2580>
- [20] Cabrejos D. & Cabrejos E. Aplicación de un estudio de tiempos, para mejorar la productividad, de la línea de pimiento piquillo soasado en la empresa AIB – Motupe 2013. 2013
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5064>
- [21] Zaim, S., Selcuk, H. & Cevikkan, E. Westinghouse Method Oriented Fuzzy Rule Based Tempo Rating Approach. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 2012.
<http://ieom.org/ieom2012/pdfs/393.pdf>
- [22] Domínguez C. Propuesta de balance de línea para la mejora de la productividad y eficiencia del módulo de pijamas de una empresa de confecciones. 2020.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12670>
- [23] Escalona I. (2003). Teoría de las restricciones TOC Theory of constraints. Gestipolis.
<https://www.gestipolis.com/teoria-de-restricciones-toc-theory-of-constraints/>
- [24] Corral A. (2015) ¿Qué es el Análisis Documental? DOKUTENA Gestión documental, arquitectura, tratamiento y recuperación de información
<https://archivisticafacil.com/2015/03/02/que-es-el-analisis-documental/>
- [25] Rendón M., Villasis M. & Miranda M. Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*. ISSN: 0002-5151. 2016
<https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>
- [26] Montero L., Canales E., Luna R., Mallqui J., Muro R., Santillana P., Arias J. & Gutiérrez J. Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones de laboratorio. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, 2017. *Revista Científica EPígmalión*. 1(1) 2017.
<https://revistas.unjpsc.edu.pe/index.php/EPÍGMALION/article/view/533>
- [27] Super Intendencia de Banca, Seguros y AFP (2022). Tasas Activas Anuales de las Operaciones en Moneda Nacional Realizadas en los Últimos 30 Días Útiles Por Tipo de Crédito al 24/11/2022
<https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEPPortal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>