

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE MEJORA EN PRODUCCIÓN SEGÚN  
TEORÍA DE INGENIERÍA DE MÉTODOS PARA AUMENTAR  
LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA AGROQUÍMICA  
TECNOBIOR, PACANGUILLA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERA INDUSTRIAL**

**Autor:**

Rosita Elvira Paredes Quispe

**Asesores:**

Mg. Miguel Enrique Alcalá Adrianzén

<https://orcid.org/0000-0002-5478-5910>

Mg. Oscar Alberto Goicochea Ramirez

<https://orcid.org/0000-0002-0657-4596>

Trujillo - Perú

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez</b>	<b>18066188</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ing. Mario Alberto Alfaro Cabello</b>	<b>07752467</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Ing. Julio Cesar Cubas Rodríguez</b>	<b>17864776</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

# “Production Improvement Proposal According to Engineering Theory of Methods to Increase Productivity at the Tecnobior Agrochemical Plant, Pacanguilla 2021”

“Propuesta de mejora en producción según teoría de ingeniería de métodos para aumentar la productividad en la planta agroquímica Tecnobior, Pacanguilla 2021”

Rosita Elvira Paredes Quispe, Ingeniera Industrial<sup>1</sup>, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Magister Investigación y Docencia Universitaria<sup>1</sup>, Oscar Alberto Goicochea Ramírez, Magister en Ciencias Económicas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, paredesquisperosita0@gmail.com, miguel.alcala@upn.edu.pe

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, oscar.goicochea@upn.edu.pe

*Abstract- The objective of the research is to determine to what extent the variation in productivity will be with the proposal to improve production according to engineering methods in the Tecnobior S.A.C. agrochemical plant. The type of research is quantitative-proactive, to find the root causes an Ishikawa was carried out and prioritizing with the Pareto diagram its productivity problems, we used the tools: Line balancing and time study; Analyzing the before and after, its main problem is the drying area with non-standardized times, generating losses, acquiring a drying machine (SRCZ-1 continuous rotary) to reduce its productivity problems, carrying out the time study with the new machine, standardizing its process, before it was 238.73 reducing to 2.13 min/sack. In addition, the balancing reduced the stations from 9 to 7, the operators from 20 to 10, and increased the efficiency of the line from 11.68% to 72.21%, reducing its bottleneck from 250.90 to 8.63 min. Finally, the productivity of the company was increased by 62.42%, where the proposal was economically and financially viable, obtaining a VAN of S/83,278.06, an TIR of 39% and a B/C of 1.1, the proposal being profitable and viable improvement.*

**Keywords:** Time study, line balancing, Tecnofos, drying machine, agrochemical plant.

**Resumen-En la investigación tiene como objetivo determinar en qué medida será la variación de la productividad con la propuesta de mejora en producción según ingeniería de métodos en la planta agroquímica Tecnobior S.A.C. El tipo de investigación es cuantitativa-propositiva, para encontrar las causas raíz se realizó un Ishikawa y priorizando con el diagrama de Pareto sus problemas de productividad, utilizamos las herramientas: Balanceo de línea y estudio de tiempos; analizando del antes y después, su principal problema es el área de secado con tiempos no estandarizados generando pérdidas, adquiriendo una máquina de secado (rotativo continuo SRCZ-1) para reducir sus problemas de productividad, realizando el estudio de tiempo con la máquina nueva estandarizando su proceso, antes era de 250.90 reduciendo a 10.78 min/saco. Además, el balanceo redujo las estaciones de 9 a 7, los operarios de 20 a 10 y aumentó la eficiencia de la línea de 11.68% a 72.21% y reduciendo su cuello de botella de 238.73 a 2.13 min.**

*Finalmente, se incrementó la productividad de la empresa en un 62.42%, donde la propuesta resultó viable económica y financieramente, obteniendo VAN de S/83,278.06, un TIR de 39% y un B/C de 1.1, siendo rentable y viable la propuesta de mejora.*

**Palabras clave:** Estudio de tiempos, balanceo de línea, Tecnofos, máquina de secado, planta agroquímica.

## I. INTRODUCCIÓN

La planta agroquímica Tecnobior S.A.C, es una empresa peruana dedicada a la fabricación de enmiendas orgánicas granuladas que permite corregir la falta de nutrientes en el suelo [1]. “teniendo como función de conservar o reforzar el mineral orgánico del suelo mejorando sus propiedades y características físicas, químicas o biológicas del suelo” [2]. Por lo tanto; es importante en el mercado agrícola siendo efectivas para reducir el PSI y la CE de los suelos salinos [3], ya que los suelos sódicos causan descensos o toxicidad en la productividad de los cultivos [4]. Es por ello; que la demanda de los fertilizantes va en crecimiento ya sea pequeños, medianos y empresas grandes siendo altamente volátil y que se ve afectado por factores externos como el clima, el estado de la tierra requiriendo alternativas de solución en un periodo de corto para satisfacer la demanda y aumentar la productividad [5].

Antes de la propuesta, la realidad problemática de la planta agroquímica en el área de producción presentaba pérdidas económicas en el proceso de fabricación de enmiendas orgánicas cuyas causas raíz fueron la falta de organización en el área de producción, máquina pequeña y bajo nivel de productividad [6]. en el área de producción se suele ocasionar desperdicios que no generan valor al proceso, incrementando el tiempo de ciclo, retrasos en la entrega, reprocesos, entre otros factores, ocasionando la insatisfacción de los clientes [7]. Además, para identificar los problemas de la empresa de cada una de sus actividades que limitan la productividad en su proceso se propuso e implementó mejoras con un nuevo método esto implicaría adquirir nueva tecnología [8].

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

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

**DO NOT REMOVE**

En la planta agroquímica Tecnobior S.A.C en su proceso productivo existen cuellos de botella causando retrasos en la orden de la producción, no existe el tiempo estándar ni un método permanente para la ejecución de sus actividades [9]. Además, el estudio de tiempos es una herramienta primordial ya que se llevó un control de los ritmos de trabajo en el proceso productivo para mejorar el ciclo de operación y la capacidad de los equipos [10]. Para asegurar un ciclo constante sin demoras y producción uniforme en toda la planta el balanceo de líneas es una herramienta eficaz permitiendo que el tiempo que pasa el producto por cada estación sea aprovechado al igual que los recursos como el espacio y mano de obra [11].

La presente investigación está avalada por las siguientes bases teóricas: Ingeniería de métodos radica en el desempeño efectivo del personal en cualquier tarea, ya que el costo de contratar, capacitar y entrenar a una persona es cada vez más alto, la utilización de la capacidad tecnológica en la empresa dependerá del grado de utilización de su inteligencia, de su potencial de ingenio y creatividad fijándose los métodos más adecuados de producción, para aumentar la productividad [12]. Estudio de tiempos son estándares establecidos que incrementa la eficiencia de las máquinas y los operarios dentro del proceso productivo, mientras que los procesos no estandarizados conducen a altos costos, inconformidades del personal y ha posibles fallas en toda la organización [13]. El Tiempo normal (TN) es el tiempo que requiere cada operario ya sea normal o estándar para ejecutar la operación sin tener ningún percance o demora en su proceso productivo ya sea por razones personales o circunstancias de las máquinas:

$$TN = TO \times Valoración \quad (1)$$

Donde:

TN= Tiempo normal

TO=Tiempo observado

Valoración= Método Westinghouse

Además, considera que el sistema de Westinghouse para la valorización del ritmo de trabajo como la habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia y los tiempos suplementarios, se determinan relacionadas a las necesidades de los operarios en sus diferentes áreas de trabajo se pueden dividir en suplementos constantes o suplementos variables de hombre o mujer como: Necesidades personales o básicas, fatiga, por retrasos especiales y trabajo de pie, posturas, etc. [14]

El tiempo estándar, es el tiempo requerido para un trabajador calificado para que pueda trabajar al ritmo normal del proceso productivo que puede mantener día tras día [15] como se puede observar en la siguiente formula:

$$TE = TN \times (1 + \% \text{de suplementos}) \quad (2)$$

Donde:

TE= Tiempo estándar

TN=Tiempo normal

El balanceo de línea es el esquema de disposición de una planta de acuerdo con el producto (llamado línea de producción) se diseña en función de la secuencia de operaciones necesarias para producir un producto específico,

también es llamado ciclo del balanceo como se indicó la tasa de producción de la línea está determinada por la duración de la estación de trabajo (el cuello de botella) marcando el ritmo de producción, trabajando a máxima capacidad, mientras las demás estaciones experimentan tiempos ociosos, ya que las duraciones son menores una característica de línea de producción es que no se experimente demoras excesivas [16]

Además; es un factor crítico para la productividad, su objetivo es hallar una distribución de capacidad adecuada, para asegurar un flujo continuo de los productos, a través de los diferentes procesos dentro de la planta, encontrando las formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones, para maximizar la mano de obra y del equipo, y de ese modo reducir o eliminar el tiempo ocioso [17]. En la Fig.1 el porcentaje de balance representa la eficiencia del proceso.

Minuto Total del Operario	$\sum_{i=1}^n (\min x_{op})$	Sumatoria del producto entre el tiempo de cada operación y la cantidad de operarios que la realizan
Ciclo de control	$\min > 0$	Es el tiempo mayor entre los tiempos de cada operación
Nº de operarios	$\sum Op$	Sumatoria de los operarios que ejecutan las operaciones
Total, minutos por línea	$Ciclo \text{ de control} \times N^\circ \text{ de op}$	Tiempo que toma la línea en relación con su ciclo de control
% de balance	$\frac{\text{Minuto total del operario}}{\text{Total del minutos por línea}} \times 100$	% del balance de la línea. Este es mayor a medida que los tiempos de las distintas operaciones se aproximan
Ciclo de control ajustado	$\frac{\text{Ciclo de control}}{\text{Desempeño de la línea}} \times 100$	Ciclo de control ajustado según el desempeño de la línea
Unidades/hora	$\frac{60 \text{ minutos}}{\text{Ciclo de control ajustado}}$	Cantidad de unidades por cada hora de trabajo
Unidades/turno	$\left(\frac{\text{Unidades}}{\text{hora}}\right) \times \left(\frac{\text{horas}}{\text{turno}}\right)$	Cantidad de unidades por cada turno de trabajo
Costo x Unidad	$\frac{(N^\circ \text{ de op}) \times (\text{salario diario})}{\text{Unidades/turno}}$	Costo de mano de obra por cada unidad producida
Desempeño de la línea	$1 - \left(\frac{\text{Tolerancias hombre}}{\text{Tiempo por turno}}\right) + \left(\frac{\text{Tolerancias máquinas}}{\text{Tiempo por turno}}\right)$	

Fig. 1 Indicadores de balanceo de línea

El tiempo de ciclo es un proceso productivo se puede definir como el tiempo que transcurre entre la producción de dos unidades consecutivas (siempre que se trabaja unidad por unidad) [18]

Tiempo de ciclo = Tiempo disponible/unidades producidas (3)

Takt Time > Tiempo de ciclo

Si es menor se debe de realizar cambios en la línea de producción para aumentar los recursos, como duplicar estaciones de trabajo, horas extras, aprovechar la capacidad sobrante de otros operarios de esta forma la producción acaba siendo superior a la demanda [19]. Productividad de un solo factor nos indica que la razón que hay un recurso (entrada) y los bienes y servicios producidos (salidas) y la productividad multifactor indica la razón que hay entre muchos o todos los recursos (entradas) y los bienes y servicios producidos (salida) [20].

Productividad = Unidades producidas/Cantidad de factor utilizado (input) (4)

En la presente investigación se busca aumentar la productividad en la producción de enmiendas orgánicas en la

planta agroquímica Tecnobior S.A.C, basándose en ingeniería de métodos, ya que sus procesos depende mayormente demano de obra, algunos procesos se tercerizan como en la molienda o el transporte de sus actividades su problema principal que tiene la empresa es en el proceso de secado de enmiendas orgánicas ya que lo realizan de manera artesanal y genera demasiado cuello de botella, obteniendo una productividad baja y no cumple con un programa de producción satisfactoriamente para las necesidades del cliente y por ende la participación en el mercado de fertilizante [21], disminuirán los tiempos que no generan valor agregado, estandarizando los puestos de trabajo y reduciendo la exposición de los trabajos con los productos agroquímicos reduciendo las horas de trabajos obteniendo una eficiencia y motivación para los trabajadores de producción [22],

Conforme a la realidad descrita en la planta agroquímica Tecnobior S.A.C, se presenta el siguiente problema de investigación: ¿En qué medida será la variación de la productividad con la propuesta de mejora en producción aplicando la teoría de ingeniería de métodos en la planta agroquímica Tecnobior SAC?

## II. METODOLOGÍA

La investigación es cuantitativa ya que se dedica a recoger, procesar y analizar datos numéricos de variables determinadas [23], Además; se basa en datos numéricos para presentar sus resultados y datos estadísticos descriptivos haciendo predicciones específicas en porcentajes [24], Dicha investigación está orientada a la utilización e implementación de herramientas de mejora en la producción para aumentar la productividad en la planta agroquímica Tecnobior S.A.C, en la ciudad de Pacanguilla. En la actualidad las empresas se enfocan en ser altamente competitivas y reducir las mudas buscando la mejora continua de sus procesos para lograr ser eficaz [25]. La investigación según el diseño es descriptiva – propositivo, ya que parte de un diagnóstico, se establecen metas y se diseñan estrategias para alcanzarlas [26].

Se comenzó con la visita a la Planta Agroquímica TECNOBIOR S.A.C, ubicado en el distrito de Pacanguilla, provincia de Chepén en la ciudad de Trujillo, departamento de la Libertad, teniendo como finalidad realizar una investigación para aumentar la productividad en la producción de enmiendas orgánicas. Desarrollándose la entrevista con el Gerente General quién es el fundador de la empresa y el jefe de planta con el fin de obtener información sobre la operatividad de la empresa. A partir de ello, teniendo el consentimiento del Gerente General y teniendo información adecuada sobre los procesos productivos se realiza la toma de tiempos en el área de producción de enmiendas orgánicas, luego se realiza el análisis la situación actual de la planta agroquímica de acuerdo con la información adquirida utilizando el FODA, DAP, DOP y los 5 porqués,

Su principal problema de la empresa Tecnobior S.A.C es la baja productividad en la fabricación de Tecnofos con la ayuda del Ishikawa nos permitió detectar las causas raíz de la problemática donde sus causas secundarias fueron: SC1: Personal sin actividad, SC2: Ventas pérdidas, SC3: máquina sin orden, SC4: Productos reprocesados y SC5: Demora de la búsqueda de máquinas y equipos.

Para el análisis de las causas raíces se utilizó los 5 porqués, encontrando que herramientas de Ingeniería de métodos permitiendo mejorar la productividad de la empresa. Como el Balance de línea y estudio de tiempos.

Además, se realizó la monetización de cada uno de los problemas:

TABLA I  
MONETIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR BAJA PRODUCTIVIDAD

Pérdidas por baja productividad	Causa Raíz	Indicador	Costo
Personal sin actividad	CR1: Falta de tecnología	Costo total perdido por utilizar	S/ 8,621.88
Ventas pérdidas	CR2: Falta de mediciones de la productividad.	Costo de oportunidad	S/ 10,745.90
Productos Reprocesados	CR4: Falta de importancia al manejo de las actividades	Costo de Reproceso	S/ 2,951.24
Demora de la búsqueda de máquinas y equipos	CR5: Falta del balanceo de línea	Demora de búsqueda	S/ 1,528.69
Máquina sin orden de trabajo	CR3: Falta de capacidad de producción	Pérdida de parada	S/ 833.10

Con la ayuda de la herramienta del diagrama de Pareto priorizamos el 80% de los problemas más frecuentes en el área de producción. Encontrándose la pérdida monetaria total de S/24,680.81.

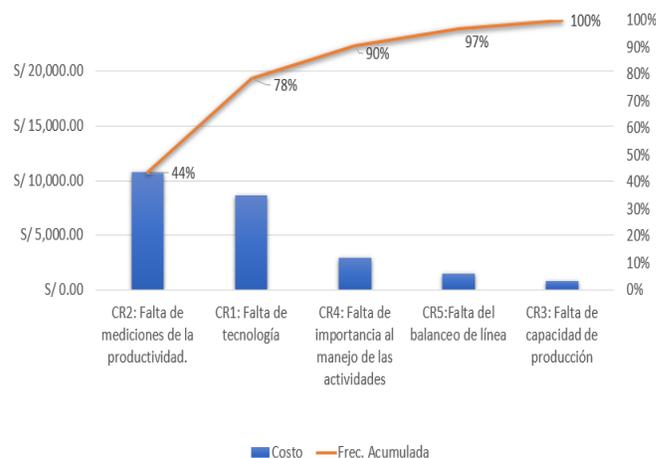


Fig. 2 Diagrama de Pareto de las causas raíz de la Baja productividad

Con el diagrama de Pareto se priorizó solamente las causas raíces de: CR2: Falta de mediciones de la productividad con S/10,745.90; CR1: Falta de tecnología con S/8,621.88; CR4: Falta de importancia al manejo de las actividades con S/2,951.24 y CR5: Falta de balanceo de línea con S/1,528.69, teniendo el problema de la baja productividad.

Para la selección de herramientas se procede a la búsqueda de antecedentes para la investigación, identificando las alternativas de solución como herramientas de ingeniería industrial encontradas en los antecedentes que han dado

resultados óptimos después de realizar la propuesta de mejora, según las investigaciones se realiza el análisis la herramienta se mejora teniendo en cuenta que se relacionen las herramientas al área de producción para escoger la herramienta óptima o eficiente para el reducir o eliminar el problema y aumentar la producción. En base a lo investigado se encontró que las herramientas óptimas parasolucionar son las herramientas de Ingeniería de métodos, como el Balanceo de línea y estudio de tiempos.

Para la capacidad del proceso productivo de acuerdo con las variables se tomó en cuenta el Cpk es un indicador de la capacidad real de los procesos de la media están fuera de las especificaciones o no estable, utilizando el Software de Minitab, como se puede observar a continuación:

TABLA II  
ACTIVIDADES CON PÉRDIDAS MONETARIAS

Descripción	Cpk
Personal sin actividad	0.56
Ventas pérdidas	0.53
Máquina sin orden de trabajo	0.33
Productos Reprocesados	0.38
Demora de la búsqueda de máquinas y equipos	0.52

Para los productos reprocesados se recomienda el estudio de tiempos para estandarizar y el balanceo de línea se aplica con enfoque global al proceso productivo para mejorar la productividad.

Se realizó la capacidad del proceso para cada una de las causas raíces, donde la principal es de las ventas pérdidas por año, nos quiere decir que ( $P=0.07$ ) es mayor a 0.05, entonces el proceso no difiere significativamente, donde el 75% de las ventas pérdidas de sacos por mes es igual o mayor a 11 sacos. Obteniendo un Cpk de 0.53, un proceso no estable. En la Fig 3.

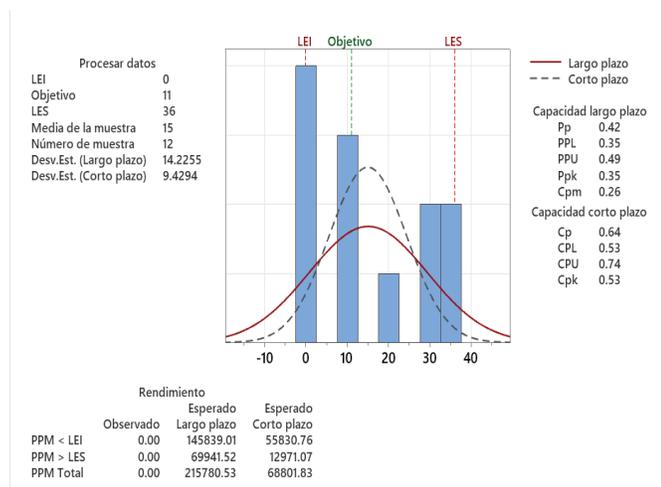


Fig. 3 Capacidad del proceso de Ventas pérdidas del año 2020

A continuación, se desarrollará la metodología para el desarrollo de las herramientas de mejora en la productividad: Sabemos que la empresa su principal problema es la baja productividad en su proceso de secado ya que se realiza de manera natural expuesto al sol teniendo un tiempo de secado

de 2 días que viene hacer el cuello de botella en el proceso de fabricación de Tecnofos, causando demoras de entregas de pedido al cliente. Es por ello, que el secado es una de las etapas más importantes en el proceso de producción, de esta etapa depende la calidad y el resultado del producto con respecto a la humedad.

La empresa Tecnobior S.A.C, necesita aumentar la producción y rendimiento del proceso productivo de Tecnofos, es por lo que se necesitará realizar cambios de proponer nueva maquinaria en dicho proceso. Teniendo en cuenta que la calidad del producto y la tecnología deben de ir de la mano para obtener beneficios que necesita la adquisición de la nueva maquinaria.

Se propone implementar la máquina de secado para el grano llamada (secador rotativo continuo -SRCZ-1), que ayudará a reducir el cuello de botella de días a horas para aumentar la producción y cumplir a tiempo con los pedidos de los clientes. El secador rotativo continuo – SRCZ-1 se utiliza para el secado del germen de grano teniendo como proceso de secamiento basándose en el aire caliente en contra flujo con el producto, para que ocurra dicho proceso entra en la cámara rotativa, permaneciendo en el proceso de agitación por algunos minutos, tiempo necesario para la pérdida de exceso de humedad del grano, su capacidad es de 500 hasta 1000 Kg/h. Además, al realizar una investigación de que empresas utilizan la máquina de secado rotativo se encontró que empresas molineras del norte – Lambayeque utilizan la máquina como la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.AC y Molino Latino S.A.C, teniendo una capacidad de (30 sacos/hora).

Es por ello, que se realizó una investigación teniendo como dato el tiempo de ciclo del secador rotativo continuo SRCZ-1, por cada 100 lotes de sacos de arroz de cáscara se obtuvo un valor de (3 horas) teniendo un tiempo de ciclo de (0.1 días). Es por ello, que se obtiene un tiempo de secado de 3 horas aumentando su producción, ventas, utilidades e incrementó de la productividad y calidad del producto, aumentando la satisfacción del cliente en el corto plazo.

Al implementar la máquina se obtuvo el nuevo tiempo de ciclo de proceso de 19.06 min/saco, donde se trabajará para el estudio de tiempos y el balanceo de línea.

La herramienta del estudio de tiempo es para la línea de producción de Tecnofos para reducir los productos reprocesados y actividades que no agregan valor por búsqueda de máquina y equipos en la línea por la falta de importancia en el manejo de sus actividades que actualmente la empresa viene trabajando, ya que los operarios desconocen los estándares en cada uno de sus procesos, obteniendo un total de 124 observaciones para el estudio. Asimismo, se tomó en cuenta la calificación de sistema de Westinghouse para el ritmo de trabajo como la habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones, además se consideró el sistema de suplementos por descanso de 9% que es necesidades personales 5% y por fatiga de 4%. Teniendo los nuevos tiempos estándares se realizó el cálculo para 1 saco de Tecnofos los nuevos valores estándares.

En la Tabla III. se observa que al realizar el estudio del proceso productivo antes su tiempo por fabricar un saco era de 19.06 min, al estandarizar las operaciones se obtuvo un total de 16.7 min por cada saco de Tecnofos, reduciendo en 14.13%.

TABLA III  
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS DE LA EMPRESA TECNOBIOR S.A.C

Operación	TO total	Calificación	TN total	N° de observa.	TN promedio	Tiempo (min/saco)
E1	90	1.02	91	124	0.73	0.8
E2	81	1.24	100	124	0.81	0.9
E3	99	1.19	117	124	0.94	1.0
E4	202	1.19	240	124	1.94	2.1
E5	319	1.18	376	124	3.03	3.3
E6	633	1.15	728	124	5.87	6.4
E7	142	1.12	159	124	1.28	1.4
E8	63	1.15	73	124	0.59	0.6
E9	17	1.13	19	124	0.15	0.2
TOTAL						16.7

El proceso de Tecnofos, no cuenta con tiempos definidos en sus actividades produciendo demoras en la búsqueda de máquinas y equipos, trabajadores sin realizar sus actividades, de largas distancias en el área de proceso por la deficiencia de la línea ya que los trabajadores no cuentan con tareas exactas y se dividen en las diferentes estaciones de trabajo causando bajo porcentaje de balance, eficiencia de línea y demoras en cada estación de trabajo incumpliendo la demanda requerida. Además, generó máquinas sin orden de trabajo. Por ello, se aplicó el balance de línea.

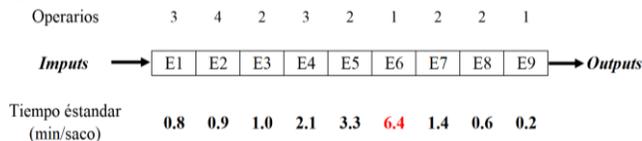


Fig. 4 Diagrama de flujo lineal antes de la mejora y tiempos estandarizados.

Como se observa en la Fig 4 se realizó el balance de línea antes de la mejora. Al realizarlo se obtuvo una eficiencia de línea de 28.99%, en el proceso productivo y un porcentaje de balance de 13.05%, donde se tiene una producción de 29 sacos/turno.

TABLA IV  
BALANCE DE LÍNEA CON MÁQUINA Y ESTANDARIZADO LOS TIEMPOS

Operación	Tiempo (min)	Operario
E1	0.8	3
E2	0.9	4
E3	1.0	2
E4	2.1	3
E5	3.3	2
<b>E6</b>	<b>6.4</b>	<b>1</b>
E7	1.4	2
E8	0.6	2
E9	0.2	1
Min Total Del Operario	16.70	
Ciclo De Control	6.4	
N° De Operarios	20	
Tiempo De Línea	128	
% De Balance	13.05%	
Ciclo De Trabajo Ajustado	6.4	
Und/Hora	4	
Und/Turno	29	
Unidades/Operarios	1	
Costo Por Unidad	S/ 647.13	
Eficiencia De La Línea	28.99%	

En la tabla II, la línea de producción tiene 20 operarios, un cuello de botella de 6.4 min. Se realizó el primer balanceo de línea reduciendo de 20 a 12 operarios con un porcentaje de 42.12%, un cuello de botella de 2.1 min y una eficiencia de línea de 56.16%.

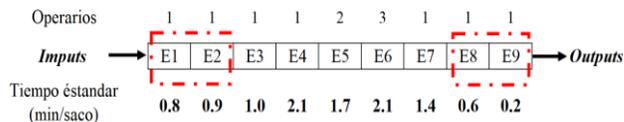


Fig. 5 Diagrama de flujo lineal para el segundo balanceo

Se logró realizar un segundo balanceo de línea en este caso se agrupo las estaciones E1 con E2 y E8 con la E9, ya que; el proceso es lineal. Para ello, se hizo el nuevo cálculo de balance de línea como se observa en la Fig. 5.

TABLA V  
SEGUNDO BALANCE DE LÍNEA MEJORADO

Operación	Tiempo (min)	Operario
E1	1.70	1
E2	1.00	1
E3	2.10	1
E4	1.65	2
E5	2.13	3
<b>E6</b>	<b>1.40</b>	<b>1</b>
E7	0.80	1
Min Total Del Operario	10.78	
Ciclo De Control	2.1	
N° De Operarios	10	
Tiempo De Línea	21.33	
% De Balance	50.55%	
Ciclo De Trabajo Ajustado	2.1	
Und/Hora	5.56	
Und/Turno	45	
Unidades/Operarios	4	
Costo Por Unidad	S/ 208.93	
Eficiencia De La Línea	72.21%	

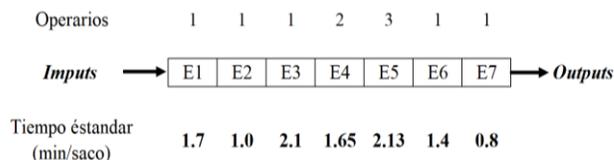


Fig. 5 Diagrama de flujo lineal después de mejora

Al realizar el segundo balanceo de línea se redujo los operarios de 12 a 10, un porcentaje de balance de 50.55%, una producción de 45 sacos/turno y una eficiencia de 72.21%.

Se realizó una comparación del antes y después de la aplicación de las herramientas de mejora, aumentando su productividad en 62.42% de la planta y reduciendo sus pérdidas monetarias por la baja productividad, obteniendo un beneficio de S/21,478.66

La evaluación financiera y económica, se realizó el coste de cada una de las herramientas y la adquisición de la máquina de secado de un total de inversión de S/71,140.00, realizando un préstamo al banco (BCP) con un TEA de 12.55% y un pago por 5 años de S/94,692.09, obteniendo un flujo de caja proyectado para el año 2025, calculando el VAN de S/83,278.06, TIR de 39% y el B/C de 1.1 siendo la propuesta factible y rentable para la empresa.

### III. RESULTADOS

Con las herramientas de ingeniería de métodos se mejoró sus indicadores de productividad de mano de obra, asimismo, reduciendo sus tiempos improductivos (cuello de botella), la mala distribución de sus máquinas, zona de trabajo y mejorando la eficiencia de la línea de producción del proceso de Tecnufos como se puede observar a continuación en la Tabla III

TABLA VI  
RESUMEN DE INDICADORES

Indicador	Antes	Después	%
Productividad de mano de obra	1.67 und/(ope x día)	4.45 und/(ope x día)	62.42%
Eficiencia de la línea	11.68%	72.21%	83.83%
Producción	33 sacos/turno	45 sacos/turno	26.67%
Tiempo ocioso	1058.06 min	0.38 min	99.96%
Tiempo muerto	1897.67 min	4.15 min	99.78%
Cuello de botella	238.73 min	2.13 min	99.11%
Tiempo total de ciclo	250.90 min	10.78 min	95.70%
N° de estaciones	9	7	
N° de máquinas	6	7	

En la tabla IV, se observa la comparación de los indicadores del antes y después de implementar la máquina de secado y las herramientas de mejora como el estudio de tiempos y balanceo de línea. Logrando un incrementó de productividad de 62.42% con respecto a la mano de obra, el aumento de producción de 26.67% y el incrementó de la eficiencia de la línea de 83.83%.

Además, se muestra la comparación de las pérdidas monetarias del año 2020 y del 2021 en donde se puede observar que se ha reducido sus pérdidas monetarias y mejorando sus indicadores de la empresa en la Tabla III. Comparación del antes y después de la pérdida monetaria.

Al implementar las herramientas de ingeniería de métodos disminuyó en un 90.07%; en la pérdida monetaria donde tuvo más impacto la propuesta de mejora fue en las ventas pérdidas, mejorando su cuello de botella de 2.1 min en Fig.6, una reducción de utilidades de la empresa.

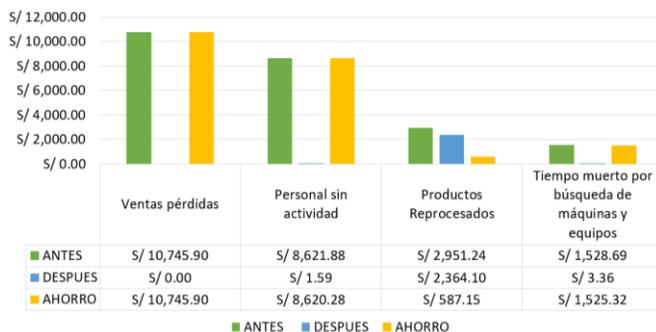


Fig. 6 Antes y después de la pérdida monetaria

A continuación, se puede observar el antes y después del estado de resultados del año 2020 y con la mejora del año 2021 donde tiene un incrementó de S/87,257.57, en la Tabla IV.

TABLA VII  
ANTES Y DESPUÉS DEL ESTADO DE RESULTADOS

Descripción	Antes	Después
Ventas	S/ 523,265.75	S/ 654,177.98
Costo de producción	S/ 399,500.50	S/ 355,377.00
Beneficios		S/ 21,478.66
Utilidad Bruta	S/ 123,765.25	S/ 320,279.64
Gastos administrativos	S/ 41,640.00	S/ 42,000.00
Gastos de ventas	S/ 61,200.00	S/ 61,200.00
Utilidad operativa	S/ 20,925.25	S/ 217,079.64
Amortización de intangibles	S/ 0.00	S/ 71,140.00
Intereses	S/ 0.00	S/ 23,552.09
Utilidad antes de impuestos e interés	S/ 20,925.25	S/ 122,387.55
Impuesto a la renta (14%)	S/ 2,929.54	S/ 17,134.26
Utilidad Neta	S/ 17,995.72	S/ 105,253.29
Incremento		S/ 87,257.57
Utilidad Neta/ Ventas Netas	3.44%	16.09%

En la Tabla IV, se puede observar que se incrementó la rentabilidad en 16.09% y disminuyó sus costos en 11.04%.

### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El primer objetivo específico de la investigación se realizó el diagnóstico de la productividad de su situación actual en el área de producción del año 2020 donde se encontró sus pérdidas monetarias como el personal sin actividad fue de S/8,621.88, sus ventas pérdidas fue de S/10,745.90, productos reprocesados fue de S/2,951.24 y el tiempo muerto por búsqueda de máquinas y equipos fue de S/1,528.69, es por ello; para reducir los problemas de productividad, se utilizaron las herramientas de análisis como el DOP, DAP, FODA y los 5 por qué, para encontrar sus causas raíz y reducirlas por medio de las herramientas de Ingeniería de métodos. Con las herramientas de análisis permitió diagnosticar el sistema de producción actual, encontrando un 80% del problema de baja productividad y aplicar herramientas de ingeniería de métodos para reducirlos [27]. Podemos decir que al utilizar las herramientas de análisis podemos diagnosticar los principales problemas de la empresa.

En el segundo objetivo específico se diseñó la propuesta de mejora según la teoría de ingeniería de métodos para el área de producción, con la herramienta de estudio de tiempos que está relacionado con la pérdida productos reprocesados. En la investigación se encontró que su proceso no se encuentra estandarizado, registrando los valores observados por área, determinando el factor de actuación de Westinghouse y el sistema de suplemento por descanso fue para todas las áreas de 9%, logrando estandarizar el proceso de producción de 250.90 a 16.70 min cada saco e incrementando la productividad

de mano de obra en 62.42%. Se disminuyó el transporte, tiempo de ciclo y la búsqueda de materias y equipos, obteniendo un beneficio al año de S/21,478.66. En el estudio se determinó con el estudio que una tonelada de alimento balanceado no requiere de 230 min, solamente de 176 min, logrando un incremento en 23.48%, al obtener los resultados su productividad mejoró en un 55.87% [28]. Dado esto, se podría decir que el estudio de tiempos minimiza los problemas en la empresa y proporcionando un producto de calidad y confiabilidad.

Además, se aplicó la herramienta de balanceo de línea logrando reducir el tiempo de ciclo de la empresa Tecnobior S.A.C. Donde se realizó el balanceo de línea para una producción de Tecnofos donde antes del balanceo demoraba por cada saco 250.90 min, al observar los problemas y los altos costos que ellos generaban se optó por adquirir una máquina de secado (rotativo continuo SRCZ-1), realizando un rebalanceo en la línea logrando reducir el tiempo muerto de 1897.67 min a 4.15 min, los operarios de 20 a 10 agrupando las estaciones de recepción de materia prima con pesado y llenado con almacenamiento teniendo un total de 7 estaciones con el nuevo balance y una eficiencia de línea 11.68% a 72.21%; además, mejorando los problemas que tenía la empresa y aumentando así la productividad al año, se encontró que su eficiencia de línea fue de 72.73% a 96.15%, reduciendo su tiempo de ciclo de 2,2 días a 0.21 días de un lote de 625 unidades [29]. Se puede considerar que el balanceo de línea ayuda de forma positiva a aumentar la productividad equilibrando su proceso productivo, reduciendo el tiempo de producción y la entrega oportuna de los pedidos.

Como tercer objetivo específico, se realizó la comparación de la productividad actual y mejorada de la propuesta obteniendo una productividad significativa de 62.42%, aumentando su productividad de mano de obra de 1.67 a 4.45 saco/(oper\*turno), una producción de 33 a 45 sacos/turno; implicando una productividad de mano de obra de 72,24 a 472.03 cajas/operario y una producción de 6,088 a 28,322 cajas/día [30]. Se podría decir, que al realizar la comparación del antes y después y con la aplicación de las herramientas de ingeniería de métodos son eficientes para la productividad de la empresa.

Por cuarto objetivo, se analizó la evaluación económica y financieramente en la propuesta, en el flujo de caja proyectado, se obtuvo una inversión de S/71.140.00 donde se realizaría el préstamo del BCP teniendo en cuenta la adquisición de una máquina de secado rotativo continuo –SRCZ-1 y por medio de los indicadores del VAN, TIR y B/C, se obtuvo los valores de: S/83,278.06 siendo factible y obtendrá ganancias por encima de su rentabilidad; un TIR 39% es mayor a la tasa mínima el (TMR) de 1.5% siendo factible y 1.1 siendo mayor a 1, siendo rentable y factible para la propuesta de mejora, la evaluación económica nos permite ver si es viable y rentable la propuesta de mejora, obteniendo un VAN de S/20,378.54, TIR de 72,27% demostrando que es sostenible en el tiempo [31], Además; se podría decir que la propuesta de mejora permitirá tener beneficios a largo plazo para la planta Agroquímica TECNOBIOR S.A.C.

Por último, como objetivo principal, se planteó determinar en qué medida será la variación de la productividad con la

propuesta de mejora en producción aplicando la teoría de ingeniería de métodos en la planta agroquímica Tecnobior S.A.C, logrando incrementar su productividad en un 62.42%. En dicha investigación la productividad de mano de obra de 1.67 a 4.45 sacos/(ope x día) con una producción 33 a 45 sacos/turno. Además, la productividad antes de la aplicación fue de 297.84 sacos/mes y después de 377.13 sacos/mes, aumentando en un 27% su productividad la empresa Molino Don Pancho E.I.R.L [32]. Dado esto, podemos decir que se ha mejorado la productividad en los diferentes factores internos que afectan a la empresa.

La limitación fue en la operación de secado que se requiere invertir en tecnología de un nivel aceptable para dicho proceso que es la (Máquina de secado rotativo continuo - SRCZ-1) se debe adquirir del país de Brasil de la empresa Industrial Machina ZACCARIA S/A, La empresa tiene poca confianza y la cultura de elaborar sus propios equipos de manera artesanal (pero tienen poca información al realizar de manera artesanal la maquinaria tienen costos altos y poco rendimiento de sus indicadores de productividad). Además; al estandarizar sus actividades del proceso productivo, deben de realizar capacitaciones a sus trabajadores de la empresa para el uso adecuado de la maquinaria y el proceso, por tanto, se le debe de asignar un presupuesto para mejorar sus indicadores de productividad.

Se concluyó que fue significativo el impacto del diagnóstico de la situación antes de la propuesta con el análisis de la baja productividad con las diferentes herramientas de ingeniería de métodos en el área de producción.

Se diseñó la propuesta de mejora con el estudio de tiempos, el resultado fue importante al estandarizar el proceso productivo de 19.06 a 16.70 min/saco, logrando una reducción de 12.38% en los problemas de productividad de la empresa.

Se aplicó la herramienta de balanceo de línea logrando reducir el tiempo de ciclo de la empresa Tecnobior S.A.C, al observar los problemas de productividad que generaban se optó por adquirir una máquina de secado (rotativo continuo SRCZ-1), realizando un rebalanceo en la línea aplicando la herramienta dicha herramienta, se logró reducir el tiempo muerto de 1897.67 a 4.15 min, los operarios de 20 a 10 y se agrupó las estaciones teniendo un total de 7 estaciones con el nuevo balance, su cuello de botella de 238.7 a 2.1 min; además, se obtuvo una producción de 33 a 45 sacos/turno, con el balanceo de línea ayuda de forma positiva a aumentar la productividad equilibrando su proceso productivo mejorando los inventarios en procesos, reduciendo el tiempo de producción y la entrega oportuna de pedidos.

Se logró comparar la productividad de la mano de obra antes y después de aplicar las herramientas de mejora de ingeniería de métodos teniendo un aumento de 62.42%.

Se analizó la evaluación económica y financiera por medio de un flujo de caja siendo rentable y factible produciendo ganancias por encima de su rentabilidad por 5 años para la propuesta de mejora.

Últimamente, podemos afirmar que la medida de la variación tiene un incremento de productividad en un 62.42%, con la propuesta de mejora, aplicando la teoría de ingeniería de métodos en la planta agroquímica, reduciendo sus tiempos improductivos y mejorando su rentabilidad de la empresa en un 16.09%.

Con respecto a las implicancias metodológicas influyen significativamente en la productividad en el proceso de fertilizante (Tecnufos), al aplicar las herramientas de Ingeniería de métodos como estudio de tiempos y balanceo de línea, mejorando sus indicadores de la empresa, en la implicancia práctica se debe de revisar, monitorear e inspeccionar el crecimiento de la demanda, con el balance de línea. El incremento de la demanda puede afectar la capacidad de la maquinaria y por ende bajaría sus niveles de productividad. La implicancia teórica se debe de realizar una revisión del sistema de Westinghouse para la valoración del ritmo de trabajo, teniendo en cuenta la habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones de cada operación para la variación del tiempo normal, además los suplementos constantes y variables de los trabajadores en el proceso puede ocurrir una diferencia de ellas.

## REFERENCIAS

- [1] Tecnobior. *Tecnobior* S.A.C. (2021). Obtenido de <https://www.tecnobior.com/>
- [2] D. M. Delgado-Londoño. Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, 1(17), 77. (2017). <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>
- [3] D. Castellón Romero, & D. Andrade Foronda. Enmiendas orgánicas para la remediación de suelos salino-sódicos del Valle Alto de Cochabamba. (2020). Obtenido de <http://www.sefosam.com.bo/revagric/pdf/rev62/rev62-7.pdf>
- [4] J. Huaraca Fernandez, L. Pérez Sosa, L. Bustinza Cabala, & N. Pampa Quispe. *Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión*. (2020). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>
- [5] D. De la Torre Cedeño, & K. Asitimbay. Propuesta de mejora de los procesos de los departamentos de ventas y operaciones para una empresa de fertilizantes. (2018). Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/130955/D-CD108958.pdf>
- [6] T. Jacho Macías, & D. Punina Guaquipana. Optimización de la producción de fertilizantes en la planta industrial Navelagro Cía Ltda. del cantón Quito, provincia del Pichincha. (2015).. Obtenido de Repositorio Digital UTEQ: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2455/1/T-UTEQ-0002.pdf>
- [7] R. Julca Huamán, & E. Ramos Farroñan. Propuesta De Mejora De Procesos Mediante Lean Manufacturing Para Incrementar La Productividad En Una Empresa De Chiclayo. (2018). Obtenido De <https://doi.org/10.26495/RtzH1810.327832>
- [8] Jesús Iván Ruíz-Ibarra, & Alberto Ramírez-Leyva, & Karina Luna-Soto, & José Alberto Estrada-Beltrán, & Oscar Javier Soto-Rivera. Optimización De Tiempos De Proceso En Desestibadora y En Llenadora. (2017). Disponible En: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070016>
- [9] N. Díaz, A. Pérez Molina, & V. Gisbert Soler. *Metodología de estudio de tiempo y movimiento, introducción al GSD*. (2017). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.17993/3comp.2017.especial.39-49>
- [10] A. Pacheco & R. Moore Torres. Estudio de tiempos como base para trazar estrategias orientadas al incremento de la eficiencia del proceso de batido de una planta de producción de helados. *André Gianfranco Alfaro Pacheco I Rosa Karol Moore Torres* 2019. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15381/ida.v23i1.16651>
- [11] E. Colletti Romero & A. Riojas Cañari. Balance de línea de producción en una empresa de calzado mediante la metaheurística búsqueda tabú. (2003). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15381/rpcs.v1i1.14853>
- [12] F. Durán. *Ingeniería de Métodos*. Guayaquil-Ecuador. (2007).
- [13] B. Niebel & A. Freivalds. *Ingeniería Industrial Métodos, Estándares Y Diseño Del Trabajo*. México: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. (2009)
- [14] C. Díaz Valladares. *Ingeniería de métodos*. (2012). Lima.
- [15] P. Manyoma & A. Klinger. *El Uso Del Muestreo Estadístico En La Medición Del Trabajo*. (2006). Obtenido De <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6307/3493>
- [16] A. Muñoz Choque. Estudio De Tiempos Y Su Relación Con La Productividad. (2021). Obtenido De <https://www.redalyc.org/journal/6219/621968429003/>
- [17] D. L. Orozco, A. M. García & R. A. Grisales. (2016). Redalyc. Obtenido De <https://www.redalyc.org/pdf/849/84950585006.pdf>
- [18] G. Bocángel Weydert, C. Rosas Echevarría, G. Bocángel Marin, R. Perales Flores & J. Hilario Cardenas, *Ingeniería Industrial-Ingenieríade métodos I*. (2021). Lima.
- [19] Lean Manufacturing 10. (S.F.). Obtenido De <https://leanmanufacturing10.com/takt-time-tiempo-ciclo-definicion-ejemplos>
- [20] M. Favela Herrera, M. Escobedo Portillo, R. Romero López & J. Hernández Gómez. Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la Productividad de una Organización: Modelo conceptual propuesto. (2019). Obtenido de <https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>.
- [21] J. Orna, N. Chuquín, L. Saquina & O. Cueva. Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg. (2018). Obtenido de <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.185>
- [22] A. Muñoz Choque. *Estudio De Tiempos Y Su Relación Con La Productividad*. (2021). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6219/621968429003/>
- [23] Y. Sarduy Domínguez. El Análisis De Información Y Las Investigaciones Cuantitativa Y Cualitativa. (2007). Obtenido De <https://www.redalyc.org/pdf/214/21433320.pdf>
- [24] V. G. Villegas Martínez. Investigación de Mercados Cuantitativa y Cualitativa. Vanchri Grupo Editor S.A de C.V. (2015).
- [25] M. Montoya Reyes, A. González Ángeles, I. Mendoza Muñoz, M. Samaniego Ramos & J. Ling López. *Ingeniería de métodos para aumentar la productividad laboral y eliminar el tiempo de inactividad*. (2020). Obtenido de <https://doi.org/10.3926/ijem.3047>
- [26] Á. Domingo Roget. La práctica Reflexiva en la Formación Inicial de maestros/as. Evaluación de un Modelo. (2008). Obtenido de [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9346/Tesis\\_Angels\\_Domingo.pdf](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9346/Tesis_Angels_Domingo.pdf)
- [27] R. A. Ganoza Vilca. “Aplicación de Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en el área de Empaque de la empresa Agroindustrial Estanislao del Chimú. (2018). Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14846/Ganoza%20Vilca%20Rodrigo%20Alonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [28] A. Livaque Gonzales & D. Peña Figueroa. Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados KIME E.I.R.L - Chiclayo 2019. (2020). Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8031/Livaque%20Gonzales%20C%20Alexander%20%26%20Pe%20C3%20B1a%20Figueroa%20Dany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [29] R. Reaño Villalobos. Propuesta de mejora de la productividad en el proceso de pilado de arroz en el Molino Latino S.A.C. (2015). Obtenido de [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/502/1/TL\\_Reano\\_Villalobos\\_RaulErnesto.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/502/1/TL_Reano_Villalobos_RaulErnesto.pdf)
- [30] R. Vásquez Lozano. 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). Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4233/Vasquez%20Lozano%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [31] F. Jara Ruíz. Propuesta de mejora en gestión de ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la línea de producción de una empresa Textil de la ciudad de Trujillo. (2020). Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24652/Jara%20Ruiz%20Fernando%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [32] L. Arizola Ysla, & A. Azcarate Vázquez. Aplicación de estudio del trabajo para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Molino Don Pancho E.I.R.L - Guadalupe. (2019). Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50385/Arizola\\_YLE-Azcarate\\_VAA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50385/Arizola_YLE-Azcarate_VAA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)