

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Simulación del proceso productivo de ladrillos pandereta rayada de una
empresa ladrillera para la reducción de mermas**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR

Luis Enrique Hoyos Aguilar

ASESOR

Marcos Gregorio Baca Lopez

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

Chiclayo, 2021

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
Marco Teórico	5
Materiales y Métodos	8
Resultados y Discusión	9
Conclusiones	17
Referencias	18

Resumen

La simulación es una herramienta muy importante para la evaluación y el análisis del sistema de producción de una empresa. Por tanto, la siguiente investigación tiene por finalidad diseñar un modelo de simulación en el software ProModel del sistema de producción de ladrillos pandereta rayada para reducir las mermas en una empresa ladrillera de la región Lambayeque. Para ello, se determinó que la etapa de mezclado es una etapa crítica del proceso, puesto que, es la etapa que condiciona la generación de mermas. Por tanto, se propuso estandarizar esta etapa bajo la Norma Técnica Peruana 399.613:2017, con lo cual se obtuvo una reducción del 10,3% de las mermas, un incremento de la productividad de la materia prima de 86 ladrillos/t de mezcla y un mayor ingreso de S/ 70 006 con respecto a su producción actual.

Palabras clave: Simulación, merma, productividad, estandarizar.

Abstract

Simulation is a very important tool for the evaluation and analysis of a company's production system. Therefore, the following research aims to design a simulation model in the ProModel software of the striped tambourine brick production system to reduce waste in a brick company in the Lambayeque region. For this, it was determined that the mixing stage is a critical stage of the process, since it is the stage that conditions the generation of waste. Therefore, it was proposed to standardize this stage under the Peruvian Technical Standard 399.613: 2017, with which a 10,3% reduction in waste was obtained, an increase in raw material productivity of 86 bricks/t of mixture and a higher income of S / 70 006 with respect to its current production.

Keywords: Simulation, decrease, productivity, standardize.

Introducción

El sector construcción en el Perú se ha visto gravemente golpeado por la pandemia, De La Vega [1] mediante su publicación en el Diario Oficial El Peruano, menciona que en el año 2020 este sector tuvo un decrecimiento del 13,9%, pero que para el presente año y para el año 2022, se prevé un crecimiento del 17,4% y 3,8% respectivamente. Frente a este crecimiento, también se impulsa la demanda de los materiales de construcción, tales como, cemento, ladrillos, fierros, etc. Tal es el caso que, en el año 2019, la industria nacional de ladrillos, movió alrededor de 9 500 000 t de ladrillos, con una producción diaria de 18 000 t, traducido a S/ 1 600 millones. [2].

La empresa evaluada por Guerrero [3] se dedica a la fabricación y comercialización de ladrillos a base de arcilla y tierra. Cuenta con la producción de 4 tipos de ladrillos, King Kong, techo 12, techo 15 y ladrillos pandereta rayada, siendo este último el tipo que en mayor cantidad produce la empresa y también el que mayor merma genera. En el año 2020, en el periodo de enero a agosto, la empresa produjo un total de 7 249 472 unidades de ladrillos pandereta, registrando una merma o ladrillos defectuosos de 1 429 062 unidades, lo que representa un 19,71% de la producción total, traducido a una pérdida económica de S/ 400 137,36. Siendo su productividad actual de 414 unidades promedio/tonelada de mezcla.

Esto se debe a diversos problemas y fallos en el sistema productivo de la empresa, entre ellos, Guerrero [3] detectó que, existe una mala manipulación de los ladrillos crudos y un exceso de mermas en la etapa de secado de los ladrillos, pero su principal causa de ellos es que la empresa no cuenta con una estandarización en la etapa de mezclado, es decir que las proporciones de materias primas que emplean para la elaboración de la mezcla, lo realizan de manera empírica, más no utilizando una cantidad fija. Al no emplear una cantidad fija, se desencadena una serie de problemas, por ejemplo, a la hora de la extrucción, la mezcla no es muy maleable y hace que los ladrillos crudos sean difícilmente manipulados por los operarios y, además, en la etapa de secado, genera que los ladrillos se resquebrajen y dificulte su transporte.

Por todo lo antes expuesto, nace la interrogante ¿Cuál es el efecto que tendrá la simulación del proceso productivo de ladrillos pandereta rayada en las mermas de la empresa? Para resolver esta interrogante, el presente trabajo tiene como objetivo principal Diseñar un modelo de simulación en el software ProModel del sistema de producción de ladrillos pandereta rayada para reducir las mermas de la empresa, por ende, se tiene como objetivos específicos, diagnosticar el estado actual de la empresa, simular tanto la situación actual como la propuesta de mejora del sistema de producción de ladrillos pandereta rayada en ProModel y evaluar el beneficio económico de la propuesta.

Marco Teórico

ProModel es un software especializado en la simulación de procesos, máquinas y sistemas como manufactura, servicios, logística, call centers, entre otros, con la finalidad de planificar, mejorar y diseñar esos sistemas, máquinas o procesos mediante un análisis predictivo frente a

cambios que se puedan dar en su entorno, asimismo, para optimizar los indicadores de sus operaciones, con miras a mejorar el rendimiento de los mismos. [4]

Diagrama de Análisis de Proceso. Según Janania [5], un DAP es una herramienta que facilita el análisis y evaluación de la secuencia de los procesos productivos, relacionando los tiempos de operación y las distancias de recorrido entre actividades.

Productividad. Para Pagés [6], la productividad se define comúnmente como una relación entre el volumen de salida y el volumen de insumos. En otras palabras, mide la eficiencia con la que los insumos de producción, como la mano de obra y el capital, se utilizan en una economía para producir un nivel determinado de producción. Por su parte, FIEL [7] (Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas) afirma que la productividad, a menudo se puede confundir con la cantidad de horas que trabaja un empleado. Si alguien permanece conectado hasta las 7 pm, cuando todos los demás han terminado el día, no significa necesariamente que estén trabajando más duro que los demás. En lugar de monitorear la cantidad de tiempo que alguien está trabajando, la productividad debe medirse por la producción real que está produciendo y la calidad de su trabajo.

La Norma Técnica Peruana 399.613:2017 es aplicada para el control de calidad de los ladrillos de arcilla que serán usados como albañilería, esta norma brinda parámetros de calidad que debe tener el ladrillo a lo largo de todo su proceso de fabricación, tales como, proporciones en el uso de la mezcla de materias prima, temperaturas y tipos de secado, resistencia a la compresión, módulo de rotura, entre otros. [8]

Galvez [9] en su investigación titulada “Mejora del proceso productivo de fabricación de ladrillos para la reducción de mermas en la empresa Cerámicos Dett S.A.C., Rioja – San Martín”, la cual tiene por objetivo principal mejorar el proceso productivo de la fabricación de ladrillos, con la finalidad de reducir las mermas en la empresa. Por ende, se hizo un diagnóstico del estado en la que se encontraba la empresa, donde se encontró que el principal causante de las mermas de la empresa, era la desproporción de la materia prima en la etapa de mezclado. Para ello, se planteó una serie de propuestas relacionados a esta etapa y todo el proceso en general, es así que se implementó una balanza industrial en la etapa de mezclado, sensores de humedad, cursos de capacitación a los operarios de la empresa, mantenimiento preventivo para la maquinaria, estandarización de los tiempos de producción y por último una redistribución de las áreas de la empresa. Con todas las medidas implementadas, se logró reducir el 28% de mermas que tenía la empresa a un 15%, asimismo, se dio un incremento del 18,4% de la productividad de la empresa y un 17,5% en el rendimiento de la materia prima, cuyo costo de implementación de las propuestas alcanzó la cifra de S/ 555 156,02.

Arce y Castro [10] mediante su investigación titulada “Reingeniería del proceso de mezcla y secado para optimizar las propiedades del ladrillo techo 15 en Ladrillera Sagitario”, propusieron optimizar las etapas de mezcla y secado, mejorando las propiedades de los ladrillos techo 15 para minimizar los costos del reproceso de los ladrillos crudos y reducir las mermas de la empresa ladrillera Sagitario. Con ese fin, se hizo uso de diferentes proporciones en el uso de las

materias primas en la etapa de mezclado (tierra, caolín y agua) y posteriormente se evaluó su plasticidad y humedad de la misma para determinar la mezcla óptima que incremente sus propiedades del producto final, además se empleó la Reingeniería de Procesos en la empresa para mejorar la calidad y productividad de su ladrillo techo 15. Con la metodología implementada, se logró determinar que la mejor mezcla de materia prima es 60/40 con una mayor presencia de caolín, puesto que mejora las propiedades del ladrillo permitiendo obtener un ladrillo con la mejor calidad, menor cantidad de mermas en la etapa de secado (1,8%) y minimización de los costos de reprocesamiento de ladrillos crudos.

Castro y Gonzales [11] en su investigación “Simulación de Modelos Discretos para el proceso de elaboración de bloques de arcilla de la empresa Tejar Arcillas Zuligres S.A.S”, que tiene por objetivo evaluar la flexibilidad de la capacidad del proceso de elaboración de bloques de la empresa, mediante la simulación de procesos discretos. Para ello, realizaron la caracterización del proceso productivo de obtención de bloques de arcilla, simularon el proceso productivo mediante el software Flexsim y propusieron mejoras en el proceso para mejorar la capacidad de producción de la empresa. Luego de la aplicación de la simulación del proceso empleada por los autores, se obtuvo que la empresa se encuentra en una baja productividad de bloques de arcilla, puesto que la empresa puede producir sin problemas 69 026 bloques semanales, pero esta solo produce 60 000 bloques, esto se debe a diversos factores como, mala mezcla de arcilla, falta de mantenimiento de algunas máquinas, rotura de los bloques en la etapa de secado, humedad del ambiente y personal no calificado en cargue y descargue del producto terminado.

Villamil y Hurtado [12], en su artículo científico titulado “Proceso de fabricación de ladrillos, simulado en ProModel”, que tiene por objetivo principal analizar las áreas de producción de la ladrillera Delta S.A.S., con la finalidad de comparar las capacidades reales y teóricas de la empresa mediante la simulación de su proceso productivo haciendo uso del software ProModel. De acuerdo a ello, se determinó que existe una saturación en 3 etapas del proceso: amasado o mezclado, molido y paletizado. Esto no permite que la empresa produzca al máximo de su capacidad que sería de 2 000 ladrillos por día o 12 000 unid/ semana, puesto que solo llega a producir 7 433 ladrillos por semana, lo que quiere decir que la empresa solo tiene una productividad del 61,9%.

Suhardini, *et al* [13] en su artículo científico “Design and simulation plant layout using Systematic Layout Planning”, que tiene como objetivo general rediseñar la fábrica de materiales de construcción Gunaprima Budiwijaya para aumentar su capacidad de producción. El problema al que se enfrenta esta empresa es que el diseño inadecuado provoca tráfico cruzado en la planta de producción. Es por ello, que plantearon el rediseño en base a: análisis del diseño existente, planeación del diseño de la planta basado en SLP y evaluación y selección de un diseño alternativo utilizando el modelo Simulation Pro Model versión 6. Los resultados mostraron que la capacidad de producción se incrementó hasta en un 37,5% con el rediseño de la planta, reduciendo así el costo de manejo de materiales en un 10,98%.

Fernandes, *et al* [14] en su artículo titulado “Optimization of the production process of sealing bricks in a Ceramic Factory in Urucurituba City in Amazonas – Brazil”, que tiene como objetivo

principal analizar el proceso de producción de ladrillos de la empresa. De acuerdo al uso de herramientas como el Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Flujo del Proceso y las 5W, se determinó que de la producción de 320 000 ladrillos mensuales solo el 87% de esos ladrillos están listos para comercializarse mientras que el 13% son mermas, esto debido a 3 factores: 16,92% se refiere a ladrillos quemados, el 38,46% a ladrillos crudos y el 44,62% a ladrillos fisurados. Pero la causa raíz de esta merma tiene que ver con la etapa de mezclado y cocción de los ladrillos, puesto que la mezcla se hace al tanteo y en la etapa de cocción, uno de los hornos se encuentra en mal estado. Frente a esto, se planteó un cálculo del balance correcto de la mezcla de arcilla (45%), tierra (23%) y agua (32%), además la adquisición de un termómetro digital para el horno y la compra de lonas para cercar la puerta del horno. Con estas propuestas se logró eliminar el 10,8% de los residuos que tiene la empresa con ladrillos defectuosos, y ahora con una eficiencia productiva del 97,8%.

Arévalo, *et al* [15] en su artículo científico “Waste reduction using Lean Manufacturing Tools: a case in the Manufacturing of Bricks”, que tiene por objetivo principal identificar aquellos aspectos de la producción de ladrillos en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) que necesitan mejoras y, a partir de ello, proponer la implementación de dichas mejoras para incrementar la competitividad del mercado. Los principales problemas que encontraron fueron los altos niveles de reprocesamiento y tiempos de espera. Frente a esto, propusieron la implementación de mejoras bajo las herramientas de Lean Manufacturing, tales como: Poka Yoke, Jidoka, TPM (Mantenimiento Productivo Total) y SMED (Cambio de matriz en menos de 10 minutos). La implementación de estas herramientas mejoró los principales indicadores de la empresa. En la etapa de molienda, la productividad aumentó de 62,81 kg/min a 91,48 kg/min, mientras que la eficiencia aumentó de 81% a 84,3%. En la etapa de extrusión, la productividad aumentó de 13 und/min a 16 und/min, mientras que la eficiencia aumentó de 40% a 53,39%. Con los incrementos en la productividad y eficiencia de estos procesos, se mejoró el margen bruto de 14% a 36,7% de estas empresas.

Materiales y Métodos

Con la finalidad de dar solución a la problemática planteada, se procedió a diseñar el modelo de la siguiente manera:

Diagnóstico de la situación actual de la empresa. Se evaluó e identificó la problemática del sistema de producción que tiene la empresa, mediante el uso del diagrama de Ishikawa, asimismo, se extrajo el Diagrama de Análisis de Proceso, donde se detalla los tiempos de recorrido entre estaciones y el tiempo de operación en cada una de ellas. Con los datos obtenidos, se procedió a calcular los porcentajes de mermas e indicadores de productividad.

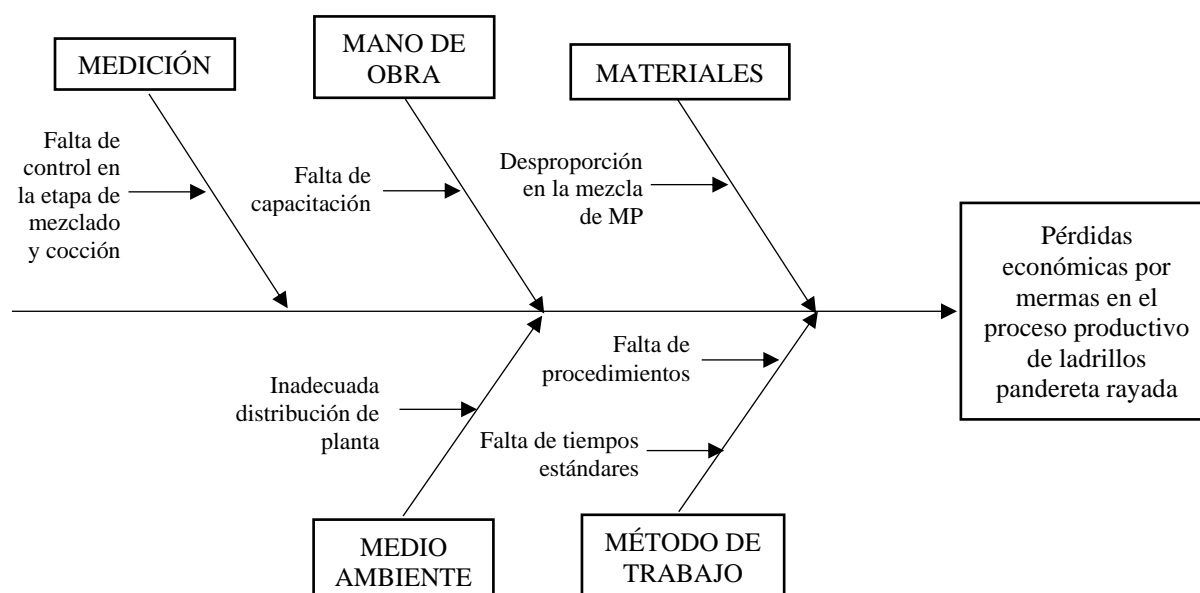
Simulación del sistema de producción actual de la empresa y con la propuesta a implementar. Para ello se hizo uso del software ProModel, bajo la consideración de los tiempos de transporte entre estaciones, el tiempo de operación en cada una de ellas y cantidades a procesar. Luego se simuló el modelo de simulación del sistema de producción actual de ladrillos con el que cuenta la empresa y se analizó los resultados obtenidos.

Para la simulación bajo la propuesta de estandarización de la etapa de mezclado, se diseñó el DAP del proceso de fabricación de ladrillos pandereta y con ello se planteó un nuevo modelo de simulación ajustando tiempos, cantidades y porcentajes de mermas en las etapas. Posterior a ello, se simuló el modelo con la propuesta y se analizó los resultados.

Evaluación del beneficio económico de la propuesta. Se calculó en base a la reducción de la utilidad no percibida de acuerdo a las mermas de la empresa en el sistema de producción de ladrillos pandereta rayada.

Resultados y Discusión

Luego de realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se obtuvo el siguiente diagrama de Ishikawa:



Recursos del Proceso

Son aquellas materias primas que se emplean para la fabricación de los ladrillos, dentro de estas se puede encontrar:

Arcilla. Se encuentra en un 10% en peso dentro de la mezcla.

Caolín: Es un tipo de arcilla que también es llamada “Arcilla blanca” y se encuentra en un 20% en peso dentro de la mezcla.

Tierra negra: Ayuda a que la mezcla sea más plástica en la etapa de amasado y dura cuando esta se seque. Se encuentra en un 40% en peso dentro de la mezcla.

Tierra amarilla: Aporta a la obtención del color del producto final. Se encuentra en un 40% dentro de la mezcla.

Agua: Ingresa en la etapa de amasado, con la finalidad de que se forme la pasta que se requiere para la etapa de moldeado o extrusión de los ladrillos.

Pero la empresa no siempre sigue estos porcentajes establecidos, puesto que, Guerrero [3] menciona que, durante la observación del proceso, los operarios a cargo de la etapa de mezclado, realizan la mezcla de las materias primas de manera empírica.

Diagrama de Análisis de Proceso.

La empresa cuenta con el siguiente DAP del proceso de fabricación de ladrillos pandereta rayada:

Diagrama N° 1		Hoja N° 1 de 1	Actividad	S	Cantidad		
Proceso	Elaboración de ladrillos pandereta rayada		Operación	○	8		
Actividad	Proceso de producción		Transporte	⇒	9		
Método	Actual		Espera	D	-		
Lugar	Área de producción		Inspección	□	-		
			Almacenar	▽	2		
			Total		292,78 h		
Descripción (Sistema actual de producción)	Tiempo		○	⇒	D	□	▽
Almacén de materia prima	-						●
Transportar materia prima al área de mezclado	15 min			●			
Mezclado de materia prima	1,6 h	●					
Transportar mezcla seca de MP a molienda	5 min			●			
Moler y Zarandear	1,3 h	●					
Transportar la materia prima molida hacia el área de amasado	6 min			●			
Agregado de agua a la mezcla y amasado	1,18 h	●					
Transportar pasta hacia moldeado	7 min			●			
Moldeado o extruido de la pasta	1,3 h	●					
Transportar pasta extruida al área de cortado	4 min			●			
Cortado de la pasta extruida en ladrillos crudos	1,14 h	●					
Transportar ladrillos crudos al área de secado	17 min			●			
Secado de los ladrillos crudos	108,67 h	●					
Transportar al área de cocción	10 min			●			
Cocción de los ladrillos crudos	130 h	●					
Transportar los ladrillos hacia enfriado	10 min			●			
Enfriado de los ladrillos	46,33 h	●					
Transportar hacia almacén	6 min			●			
Almacenamiento de producto terminado	-						●

Fuente: Elaboración Propia. En base a Guerrero, 2020 [3]

Indicadores actuales de Mermas y Productividad

La empresa cuenta con un registro de todas las mermas, producción y cantidad de mezcla que se generó en el proceso de fabricación del ladrillo pandereta rayada a lo largo del periodo enero-agosto del año 2020, por tanto, para cuestiones de cálculos y simulación se tomó los datos del mes de enero para la evaluación.

Tabla 1: Indicadores actuales del sistema de producción de la empresa

Mermas actuales		Productividad actual	
Producción	875 985 ladrillos	Producción	875 985 ladrillos
Mermas	198 567 ladrillos	Cantidad de mezcla	2 121 toneladas
% Mermas	22,7%	Productividad de MP	413 uds/tonelada de mezcla

Fuente: Elaboración Propia. En base a Guerrero, 2020 [3]

A partir del diagrama de Ishikawa, se descubrió que el principal causante de las mermas de la producción de ladrillos pandereta rayada es la desproporción de la mezcla de materias primas, puesto que desencadena que los ladrillos se resquebrajen en la etapa de secado y se quemen en la etapa de cocción, resultando un 22,7% de mermas totales. Asimismo, Galvez [9], Arce y Castro [10] y Fernandes, *et al.* [14], luego de diagnosticar a su empresa en cuestión, coinciden que la principal causante de las mermas en esas empresas se relaciona con la desproporción de la materia prima en la etapa de mezclado. Galvez [9], durante el diagnóstico obtuvo un 28% de mermas en la producción de ladrillos, mientras que, Arce y Castro un 26,5% y Fernandes, *et al.* [14] un 13% respectivamente.

Simulación del Sistema actual de Producción. Se procedió a simular el proceso actual de la empresa para la fabricación de ladrillos pandereta rayada del mes de enero del año 2020 por un lapso de 576 horas, que son las horas efectivas de trabajo con la que cuenta la empresa, ya que tienen un tiempo de trabajo de 24 horas dividida en dos turnos y laboran 24 días al mes. Luego de la simulación se obtuvo lo siguiente:

Imagen 1: Resultados de la simulación del modelo actual

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio
Materia Prima	2.00	
Mezcla	0.00	
Ladrillo crudo	0.00	
Ladrillo	875.00	
Agua	0.00	
Ladrillo quebrado	135.00	
Ladrillo quemado	199.00	

Mediante la simulación del modelo actual de fabricación de ladrillos pandereta rayada con la que cuenta la empresa, se obtuvo una producción de 875 millares de ladrillos listos para ser comercializados, asimismo, registra una merma de 199 millares para el mes de enero del año

2020, puesto que los ladrillos quebrados pueden ingresar al reproceso en la etapa de molienda, mientras que, los ladrillos quemados son simplemente desechados como merma.

Propuesta de Mejora. Mediante la estandarización de la etapa de mezclado bajo la Norma Técnica Peruana 399.613:2017 se obtuvo lo siguiente [8]:

- Mezcla de MP empleada: Arcilla (22%), Tierra amarilla (33%), Tierra Negra (33%) y Caolín (11%).
- Cantidad de Agua a emplear en la etapa de amasado: 18% de acuerdo a la cantidad de MP que ingresa.
- Se reduce el tiempo de amasado de los ladrillos: de 1,18 horas a 1 hora.
- Se reduce el tiempo de cocción de los ladrillos: de 130 horas a 96 horas.
- La Norma establece los siguientes parámetros producto del ensayo de esta mezcla en una cantidad de ladrillos:

Pérdida por ladrillos rotos: **5% ± 0,3**

Pérdida por ladrillos sobrecoados: **10% ± 0,2**

Por tanto, el modelo de simulación es el siguiente:

- **Locaciones**

Imagen 2: Locaciones del modelo de simulación con la propuesta

Icono	Nombre	Cap.
	Recepción_de_MP	1
	Mezclado	1
	Molienda	1
	Amasado	2
	Secado	1252
	Horno	215
	Horno.1	215
	Horno.2	215
	Horno.3	215
	Enfriado	1300
	Almacenamiento	1300
	Moldeado	1
	Cortado	1
	Reservorio_de_agua	1
	Espera_de_carga	1252
	Almacén_de_desecho	2000

Las capacidades de las máquinas o etapas están de acuerdo a:

Recepción, Mezclado y Molienda. Tienen la capacidad de recepcionar 1 lote de 2 121 000 kg de materia prima (arcilla, caolín, tierra amarilla y tierra negra).

Amasado. Tiene la capacidad para recibir tanto el lote de 2 121 000 kg de materia prima, como el lote de agua que ingresa al sistema.

Cortado y Moldeado. Tienen la capacidad de recibir el lote combinado de MP + Agua (Mezcla o Pasta)








Secado y Espera de carga. Tiene la capacidad de recepcionar 1 252 millares de ladrillos crudos que salen de la etapa de Cortado. Mientras que el área de Espera de carga almacena todos los ladrillos que están a la espera de abastecer los hornos.

Hornos. Tienen la capacidad de abastecerse con 215 millares de ladrillos cada uno.

Enfriado y Almacenamiento. Son áreas donde se puede almacenar hasta 1 300 millares de ladrillos.

- **Entidades**

Imagen 3: Entidades del modelo de simulación con la propuesta

Icono	Nombre
	Materia_Prima
	Mezcla
	Ladrillo_crudo
	Ladrillo
	Agua
	Ladrillo_quebrado
	Ladrillo_quemado

- **Arribos.**

Imagen 4: Arribos del modelo actual de simulación

Arribos		
Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...
Materia_Prima	Recepción_de_MP	2121000
Agua	Reservorio_de_agua	381780

Materia Prima. Ingresará la cantidad de 2 121 000 kg, ya que es el dato de la mezcla que se registró en el mes de enero.

Agua. Ingresará la cantidad de 381 780 L, referente al 18% de la materia prima que ingresa, necesario para la elaboración de la pasta.

- **Proceso.**

Imagen 5: Layout del sistema de producción de ladrillos pandereta rayada

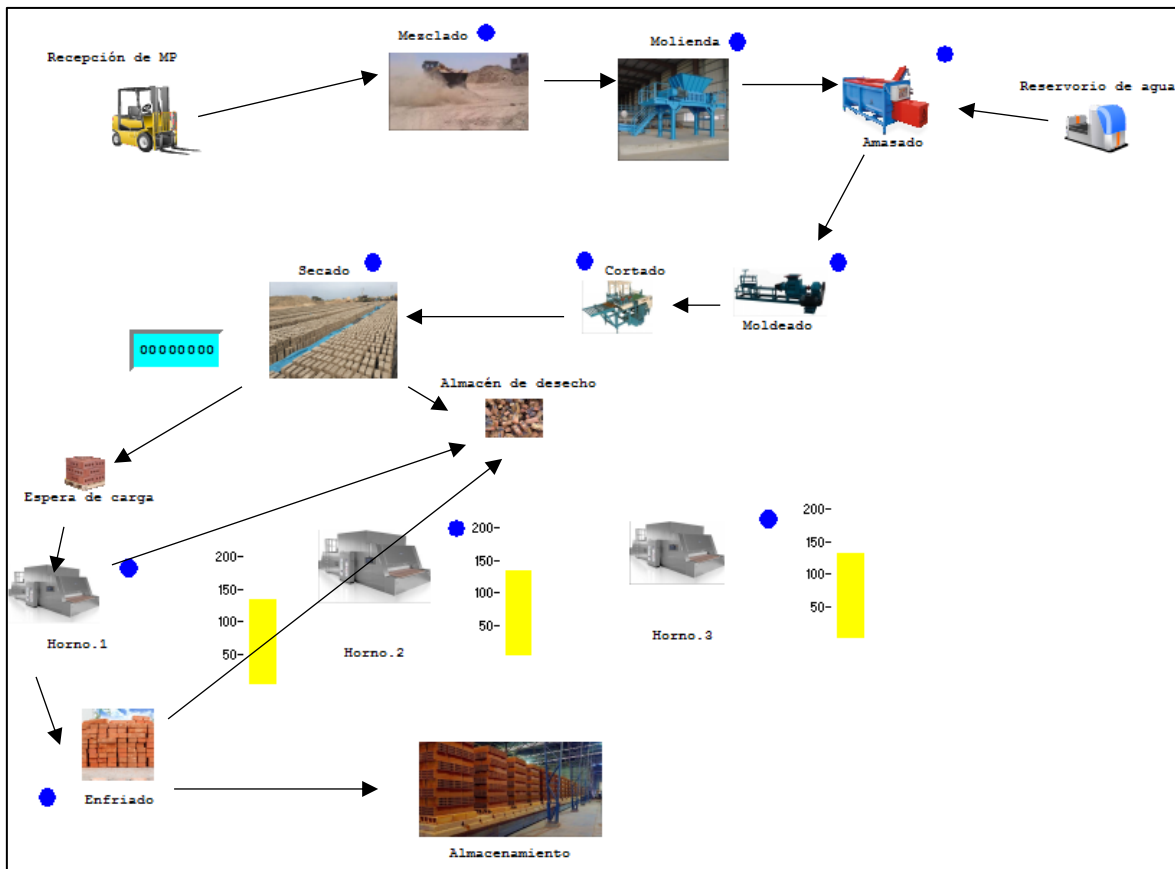


Imagen 6: Proceso del modelo de simulación con la propuesta

Entidad...	Locación...	Operación...
Materia_Prima	Recepción_de_MP	
Materia_Prima	Mezclado	Wait 96 Min
Materia_Prima	Molienda	Wait 78 Min
Agua	Reservorio_de_agua	
Mezcla	Moldeado	WAIT 78 MIN
Mezcla	Cortado	WAIT 68 MIN
Ladrillo_crudo	Secado	WAIT 6520 MINInc Ladrillos
Ladrillo	Horno	WAIT 5760 MIN
Ladrillo	Enfriado	WAIT 2760 MIN
Ladrillo	Almacenamiento	
Materia_Prima	Amasado	COMBINE 2 WAIT 60 MIN
Ladrillo_quebrado	Almacén_de_desecho	
Ladrillo	Espera_de_carga	
Ladrillo_quegado	Almacén_de_desecho	
Materia_Prima	Reservorio_de_agua	

Mediante la simulación de la propuesta de estandarización de la etapa de mezclado bajo la Norma Técnica Peruana 399.613:2017 se obtuvo:

Imagen 7: Resultados de la simulación de la propuesta

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Prom
Materia Prima	2.00	
Mezcla	0.00	
Ladrillo crudo	0.00	
Ladrillo	1,051.00	
Agua	0.00	
Ladrillo quebrado	71.00	
Ladrillo quemado	130.00	

Mediante la simulación de la propuesta de estandarización de la etapa de mezclado durante la fabricación de ladrillos pandereta rayada, se obtuvo una producción de 1 051 millares de ladrillos listos para ser comercializados, asimismo, registró una merma de 130 millares.

Por tanto, los nuevos indicadores del sistema de producción con la propuesta de mejora serían los siguientes:

Tabla 2: Nuevos indicadores del sistema de producción

Mermas		Productividad	
Producción	1 051 000 ladrillos	Producción	1 051 000 ladrillos
Mermas	130 000 ladrillos	Cantidad de mezcla	2 121 toneladas
% Mermas	12,4%	Productividad de MP	496 uds/tonelada de mezcla

Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos de la simulación de la situación actual de la empresa y con el modelo de estandarización de la etapa de secado se realizó una comparativa de los indicadores, los mismos que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3: Comparativa de indicadores

Situación actual		Propuesta de mejora	
% Mermas	22,7%	% Mermas	12,4%
Productividad MP	413 uds/t	Productividad MP	496 uds/t

Elaboración Propia

Mediante la estandarización de la etapa de mezclado, se logró reducir el porcentaje de mermas de un 22,7% a un 12,4%, es decir un 10,3% menos, traducido a 68 567 ladrillos. Asimismo, Galvez [9], en su investigación, logró reducir las mermas de un 28% a un 15%, es decir 13% menos. Mientras que, Fernandes, *et al.* [14] lograron reducir las mermas en 10,8%.

Por otra parte, se incrementó la productividad de la materia prima de 413 ladrillos/ t de mezcla a 496 ladrillos/ t mezcla, lo que resulta un incremento del 20,1%, traducido a 83 ladrillos por cada tonelada de mezcla que ingresa a la producción. Por su parte Galvez [9], logró incrementar

el rendimiento de la materia prima en 17,5%, Arévalo, *et al.* [15] incrementaron del 81% al 84,3%, es decir un 3,3% el rendimiento de materia prima que ingresa al proceso de producción de ladrillos. Además, se incrementó la capacidad de producción en un 21,36%, mientras que, Villamil y Hurtado [12], en su investigación, lograron aumentar la capacidad de producción de ladrillos en 38,1%, mediante la reducción de la saturación del proceso de fabricación de ladrillos haciendo uso de la simulación en ProModel.

Beneficio económico de la propuesta

Tabla 4: Beneficio económico de la propuesta

Actual		Propuesta de mejora	
Producción	875 985 ladrillos	Producción	1 051 000 ladrillos
Mermas	198 567 ladrillos	Mermas	130 000 ladrillos
Precio/millar	S/ 400	Precio/millar	S/ 400
Ingreso	S/ 350 394	Ingreso	S/ 420 400
Utilidad no percibida	S/ 79 428	Utilidad no percibida	S/ 52 000
Beneficio neto		S/ 70 006	

Elaboración Propia

Los resultados obtenidos de la evaluación económica de la propuesta al estandarizar la etapa de mezclado de las materias primas del sistema de producción de ladrillos pandereta rayada brinda a la empresa un incremento de sus ingresos en S/ 70 006, es decir, la empresa percibe un 19,9% más de ingresos mediante la estandarización de su etapa de mezclado. Por tanto, la propuesta de mejora es viable para ser implementada en la empresa. Arévalo, *et al.* [15], por su lado, incrementaron un 22,7% el ingreso de las pequeñas y medianas empresas productoras de ladrillos que evaluaron.

Conclusiones

Se diagnosticó el estado actual de la empresa ladrillera con respecto a su sistema de producción de ladrillos pandereta rayada, encontrando así una serie de inconvenientes, los mismos que parten de la mala proporción de materia prima empleada en la etapa de mezclado, originando que los ladrillos se resquebrajen en la etapa de secado y que estos se quemen en la etapa de cocción, obteniendo así un 22,7% de mermas en el proceso, traducido a una utilidad no percibida de S/ 79 428.

Se simuló el sistema de producción actual de la empresa con el software ProModel, obteniendo una producción de 865 millares con una merma de 198 567 ladrillos. Asimismo, la simulación del proceso con la propuesta de mejora, arrojó un valor de producción de 1 051 millares de ladrillos con una merma de 130 000 de ladrillos sobrecoados. Por tanto, mediante la propuesta de mejora se logró reducir las mermas de un 22,7 % a un 12,4%, es decir un 10,3% menos, traducido en 68 567 ladrillos.

Se logró determinar el beneficio económico de la propuesta de mejora, obteniendo así un mayor ingreso para la empresa en S/ 70 006 producto de la disminución de mermas en el sistema productivo de ladrillos pandereta rayada.

Referencias

- [1] M. De la Vega Polanco, «Perú puede tener un boom en la construcción,» *Diario Oficial El Peruano*, 26 Abril 2021.
- [2] Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú, «Mercado del ladrillo: "Una lucha imparables contra la informalidad",» *Perú Construye*, n° 69, 2019.
- [3] M. H. Guerrero Sandoval, «Propuesta de mejora del sistema productivo del ladrillo pandereta en la empresa Ladrillos Tayson S.A.C. para reducir las pérdidas económicas,» Chiclayo, 2020.
- [4] ProModel Corporation, «ProModel,» [En línea]. Available: <http://promodel.com.mx/promodel/>. [Último acceso: 18 Junio 2021].
- [5] C. Janania Abraham, *Manual de tiempos y movimientos - Ingeniería de Métodos*, Ciudad de México: LIMUSA, 2008.
- [6] C. Pagés, *La Era de la Productividad*, Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo, 2010.
- [7] Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas, *PRODUCTIVIDAD, COMPETITIVAD, EMPRESAS Los engranajes del crecimiento*, Buenos Aires: FIEL, 2002.
- [8] INACAL Instituto Nacional de Calidad, «NTP 399.613 2017,» INACAL, Lima, 2017.
- [9] R. B. Galvez Chero, «Mejora del proceso productivo de fabricación de ladrillos para la reducción de mermas en la empresa Cerámicos Dett S.A.C., Rioja – San Martín,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [10] H. L. Arce Tena y J. L. Castro Riveros, «Reingeniería del proceso de mezcla y secado para optimizar las propiedades del ladrillo techo 15 en Ladrillera Sagitario,» Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, 2017.
- [11] K. J. Castro Rodriguez y C. A. Gonzales Mora, «Simulación de Modelos Discretos para el proceso de elaboración de bloques de arcilla de la empresa Tejar Arcillas Zuligres S.A.S,» Universidad Libre Seccional Cúcuta, Cúcuta, 2018.
- [12] D. Villamil Moreno y A. Hurtado Puerto, «Proceso de fabricación de ladrillos, simulado en ProModel,» *Revista Colombiana de Tecnología Avanzada*, vol. X, n° 20, 2020.
- [13] D. Suhardini, D. Septiani y S. Fauziah, «Design and Simulation Plant Layout Using Systematic Layout Planning,» *IOPScience*, vol. 277, 2017.
- [14] D. Fernandes Vital, D. Barbosa de Alencar, M. C. Aparício De Souza, A. P. Tregue Costa, F. C. Tavares Amorim, A. J. Travessa Amorim y C. Eduardo de Oliveira, «Optimization of the Production process of sealing bricks in a Ceramic Factory in Urucurituba City in Amazonas – Brazil,» *International Journal for Innovation Education and Research*, vol. VII, n° 10, pp. 38-55, 2019.
- [15] B. Arévalo Becerra, F. E. Parreño Marcos, J. C. Quiroz Flores y J. C. Alvarez Merino, «Waste Reduction Using Lean Manufacturing Tools: A Case in the Manufacturing of Bricks,» *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2019.