

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



**Propuesta de mejora del proceso productivo de ladrillos  
pandereta rayada para incrementar la productividad en la  
empresa Ladrillos Lark**

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

**AUTOR**

**Edwin Jesus Garabito Mel**

**ASESOR**

**Santos Confesor Gabriel Blas**

**<https://orcid.org/0000-0003-0306-108X>**

**Chiclayo, 2023**

## PROYECTO FINAL

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTES PRIMARIAS

---

1

[tesis.usat.edu.pe](https://tesis.usat.edu.pe)

Fuente de Internet

8%

2

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

1%

3

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

4

[pirhua.udep.edu.pe](https://pirhua.udep.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

5

[foros.abc.es](https://foros.abc.es)

Fuente de Internet

<1%

6

[infograficosnaeducacao.blogspot.com](https://infograficosnaeducacao.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1%

7

[repository.javeriana.edu.co](https://repository.javeriana.edu.co)

Fuente de Internet

<1%

8

[www.coursehero.com](https://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

<1%

9

[repositorio.unprg.edu.pe](https://repositorio.unprg.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

---

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.</b> .....	<b>5</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>II. REFERENCIAS</b> .....	<b>27</b>
<b>III. ANEXOS</b> .....	<b>32</b>

## RESUMEN

La simulación es un instrumento muy significativo para evaluar y analizar los procedimientos de una compañía. Entonces, el propósito de esta investigación fue exponer un prototipo de simulación del proceso productivo de ladrillos pandereta, para reducir los desperdicios en la empresa Ladrillos Lark, aplicando el programa Promodel. Para ello, la determinación de la fase de amasado es un paso importante en el proceso, ya que determina la ocurrencia de pérdidas. Por lo que se propone mejorar esta fase implementando un sensor de humedad lo que ayudara a reducir los ladrillos defectuosos. Este estudio se enfoca en la elaboración de ladrillo pandereta porque la rentabilidad y la producción tuvieron proporciones altas de 62% y 65% respectivamente. Se probó que, para la fabricación de este modelo de ladrillo, la compañía mostro dificultades como son, desperdicios 12,5%, detenciones de maquinaria, y pedidos atendidos con retraso 9%. Las dificultades mencionadas ocasionaron un beneficio no percibido de S/ 226 178. En síntesis, se propuso acrecentar el proceso de producción de la empresa Ladrillos Lark para disminuir los ingresos no percibidos. Se implementó la propuesta de mejora, realizando la simulación utilizando el Promodel, se consiguió disminuir los beneficios no percibidos en un 77%. Para concluir, se logró una rentabilidad de S/ 2,71 exponiendo de esta forma que la propuesta es asequible.

Palabras claves: Proceso productivo, desperdicios, Promodel, rentabilidad, producción, ingresos no percibidos.

## ABSTRACT

Simulation is a very significant tool for evaluating and analyzing a company's procedures. So, the purpose of this research was to expose a simulation prototype of the production process of tambourine bricks, to reduce waste in the company Ladrillos Lark, applying the Promodel program. For this, the determination of the kneading phase is an important step in the process, since it determines the occurrence of losses. Therefore, it is proposed to improve this phase by implementing a humidity sensor, which will help reduce defective bricks. This study focuses on the production of tambourine brick because profitability and production had high proportions of 62% and 65% respectively. It was proven that, for the manufacture of this brick model, the company showed difficulties such as 12.5% waste, machinery stoppages, and 9% delayed orders. The aforementioned difficulties caused a non-perceived benefit of S/ 226,178. In short, it was proposed to increase the production process of the company Ladrillos Lark to reduce the non-perceived benefits. The improvement proposal was implemented, performing the simulation using the Promodel, it was possible to reduce the unperceived benefits by 77%. To conclude, a profitability of S/ 2.71 was achieved, thus exposing that the proposal is affordable.

Keywords: Production process, waste, Promodel, profitability, production, lost income.

## I. INTRODUCCIÓN

Según Construcción Latinoamericana [1], indica que estos últimos 10 años, la construcción ha crecido ascendentemente. Crecerá un 85% en el 2030, económicamente 15.500 millones de dólares. Este incremento está concentrando el requerimiento de componentes como los ladrillos, estos son imprescindibles para la construcción inmobiliaria. Principalmente el gigante asiático China es el mayor fabricante de ladrillos gestó \$37,2 millones de dólares en remesas, España se encuentra en siguiente plano obteniendo una entrada de \$ 16,3 millones. Por consiguiente, la elaboración de ladrillos en Latinoamérica, en algunas naciones europeas y africanos es de forma artesana en un 60%. con un 30 % de pérdida de la producción total, que está relacionada con los periodos vacíos, parada en la elaboración, escasos de trabajadores calificados Desperdicio de máquinas, falta de mantenimiento de la maquinaria.

La CCAC [2], nos dice que la mayor parte de la fabricación de ladrillos se encuentra en Asia. Hay aproximadamente 1900 grandes hornos de solera estacionarios en la India, aproximadamente 6000 en la India y aproximadamente 100 000. Bangladés. También hay bastantes en América Latina. Fábrica de ladrillos de las cuales 6.898 en Brazil 300 en el país chileno, 2.453 en Colombia, 17.000 en México, 2.222 en Perú.

Según ALACEP [3], hoy en día la producción de ladrillos impulsa cerca de 9,5 millones de toneladas anuales, lo que simboliza alrededor de S/ 1600 millones.

En el plano nacional, Dela Vega [4], destaca que el departamento ladrillero registró una caída de 13,9% en 2020, pero registró crecimientos de 17,4% y 3,8% el año 2021 y 2022 respectivamente.

Según el Diario Gestión [5], El PIB del departamento de edificación aumentó un 5,6% en la etapa de enero a noviembre de 2018. Esto permitirá que la industria de la construcción siga creciendo, los ladrillos permanecen en el mercado. El 80% de las ladrilleras son informales, esto a llevado a estos negocios a no poder cumplir con los clientes debido a la escasez de preparación, proceso productivo con alto número de periodos vacíos y pérdidas.

Ahora bien, la venta y producción de superficies cerámicas en el país van de la mano con el aumento de la economía en general, el progreso del mercado inmobiliario y el crecimiento de los salarios familiares.

En cuanto a la empresa Ladrillos Lark inició operaciones el 15 de octubre de 1996. Los artículos que producimos y vendemos son ladrillos cerámicos de arcilla cocida de uso común en la edificación domiciliaria, edificios e infraestructura. El proceso se lleva a cabo en una de las fábricas más avanzadas de América del Sur, cuya amplitud cuenta con más de 20 hectáreas de maquinaria técnica italiana, sistemas computarizados de secado y cocción, y una elaboración diaria de 1.500 t.m. Contamos con canales de reparto en todo el país y nuestra presente intervención en el bazar peruano ronda el 35%.

En el periodo 2021-2022, el ladrillo pandereta es el de mayor comercialización y por lo tanto tiene la mayor producción, representando el 60% (7 617 541 ladrillos) y un porcentaje de facturación del 56 % (S/ 2 120 008), por lo que este ladrillo es materia de investigación. La empresa no contaba con un plan y proceso de producción efectivo, por lo que, del pedido total recibido de 7.617.541 ladrillos, solo 6.332.652 ladrillos pudieron ser entregados en el periodo pactado con el comprador, en expresión monetaria, lo que significa una pérdida de ingresos de S./75,215.

Las pérdidas calculadas llegan a un total de 790 739 ladrillos deficientes un 12.5% del resultado de la fabricación, ya que hay desigualdad en la medida de humedecimiento de la mezcla, las pérdidas simbolizan una cantidad considerable (76%) de los beneficios no obtenidos llegando a un total de S/ 2354 296. Siendo este problema el de mayor importancia en la empresa. Por otro lado, las averías de la maquinaria son habituales ocasionando paros en el desarrollo de la fabricación, por otro lado, para realizar el sostenimiento correctivo, en el año 2021 se detuvo el proceso 191 veces con un periodo medio de 23 horas por mes, de tal manera, se obtuvo una entrada no recaudada de S/ 758,88 por la mano de obra no usada mientras las máquinas están en paro. Otros problemas son escasos de formación de los trabajadores de planta, inadecuada distribución de planta y escasos de inspección en la fase de mezcla y cocción. En síntesis, la compañía dejó de recaudar S/ 289 558,24 en el año 2021.

Para concluir, surge la pregunta. ¿Cómo el uso del simulador ProModel en el proceso productivo de ladrillos pandereta rayada mejorara la productividad en la empresa Ladrillos Lark? Para solucionar esta incógnita se plantea como objetivo general: Proponer la mejora del proceso productivo de ladrillos pandereta rayada mediante el uso del

simulador Promodel para aumentar la productividad en la empresa Ladrillos Lark, así pues, los objetivos específicos son diagnosticar el proceso productivo de ladrillos y la productividad, elaborar la propuesta de mejora del proceso productivo de ladrillos pandereta rayada mediante el uso del simulador Promodel, realizar el análisis económico financiero de la propuesta.

En cuanto al impacto académico esta tesis será un aporte para otras investigaciones, les servirá de modelo a otras empresas y poder mejorar la productividad. Socialmente, esta tesis ayudará a aumentar el cumplimiento de los trabajadores. Respecto al ámbito ambiental, se mejorará el orden dentro del proceso, de esta manera reduciremos la contaminación.

Promodel [6] es un reproductor con capacidades de crear y optimizar modelos de simulación. Simula todo tipo de elaboración, provisión, servicio, centros de llamadas, procedimientos de uso de componentes y más. Simule líneas de ensamblaje, ensamblaje, corte, moldeado, centros de llamadas, servicio al cliente y envío. ProModel es un conjunto de simulación programable que no solicita programación. Se ejecuta en Windows y no solicita ningún hardware especial. Es una gran composición de sencillez de uso y maleable para modelos complejos.

Productividad, según Agosín Manuel [7] lo explica como la concordancia entre la producción y la entrada de insumos. En otro término, calcula la eficiencia con la que los insumos productivos, como el trabajo y los bienes, se usan en la economía para generar una determinada escala de fabricación.

Proceso Productivo, según Almarales [8] es el grupo de acciones y técnicas que una empresa ejecuta para producir ingresos. Se deduce como una sucesión de actividades y procedimientos indispensables que se realizan de manera planeada y conjunta para obtener la producción de productos.

Merma, Berreta y Horacio [9]: Determinan que la manufactura ladrillera se entiende por merma a las pérdidas físicas en términos de volumen y peso o proporciones que se

producen en una sustancia por su esencia o inherentes al procedimiento de fabricación. Por otro lado, Donnell [10] los extravíos y decrecimientos en bienes o inventario se denominan mermas, y la mayoría de ellas suelen ser variables, una discrepancia entre el recuento de inventario y la medida real del producto o bienes, lo que hace que la empresa pierda dinero.

La Norma Técnica Peruana 399.613 [11] esta norma se refiere a la inspección de calidad de los ladrillos de arcilla para albañilería, y define los estándares de calidad que deben tener los ladrillos en todo el procedimiento de producción, tales como la proporción de materias primas utilizadas, temperatura y método de deshumedecer, resistencia, módulo de ruptura, etc.

Vilarinho [12] presta atención a la falta de un plan de sostenimiento precautorio. El presente análisis tuvo como meta desarrollar un plan de sostenimiento precautorio en una compañía vehicular. Para solucionar esto, analizamos el estado presente de los equipos y posteriormente formamos asociaciones de todos los sectores de la compañía para realizar el plan de sostenimiento precautorio. Los resultados mostraron que los equipos tenían un OEE de 65% a 75%, lo que indica que se encuentran en una categoría razonable pero no el idóneo. El grupo de trabajo establecido desarrolló un plan de sostenimiento precautorio en raíz a los defectos detectados y, así también formación a los trabajadores de la compañía en el correcto uso. En general, las aplicaciones mantenidas vieron una reducción del 100 % en el tiempo de inactividad no planificado y un aumento en el OEE del 75 % al 85 %, lo que señala que esto está dentro de la norma.

Sepúlveda [13] explicó que la arcilla siempre se ha mostrado como un ingrediente esencial en la elaboración de ladrillos y que existen desiguales modelos de arcilla conforme el modelo de tierra y la zona geográfica. Considerando el alto grado de daño por humedad, la ciudad de Tunja-Boyacá sugirió que los objetivos de la investigación se deben de regir a los modelos de arcilla, así también a su estructura química y ubicación de compresión. Lo primero para usar el método es estudiar los conceptos para comprender las distintas definiciones de arcilla, seguidamente es trasladar los modelos de arcilla al laboratorio para comprender su composición. El resultado que se puede lograr es que la arcilla contenga de 0.6% a 88.2% de perovskita, 0.3% de cuarzo, 26% de filosilicato, 26.9% de magnesio aluminizado, y la resistividad de esta

materia es de 18.427 kg/cm<sup>2</sup>, este valor simboliza el 9.27 % del valor esperado, indicando su bajo uso en construcción.

Chavira y Toledo [14] su estudio está basado en la preparación y gestión operativa para disminuir la inseguridad y garantizar un requerimiento predecible. El problema que encontró la compañía fue su incapacidad para atender los requerimientos, de un pedido total de 512.512,17 k/l en enero y marzo, solo fue capaz de atender 411.680,50 k/l quedando 91.526 pedidos. ,17 k/l, es decir El 19,58% de los pedidos no fueron despachados, su cumplimiento fue del 80,32% y el 12% con deficiencias. El propósito de este estudio es identificar mejoras en los procesos a pequeño y mediano plazo. El método utilizado son los movimientos de implementar el método de mejora (planificación, ejecución, pruebas y operación), es decir, el procedimiento de mejoramiento continuo. Las mejoras dentro del plan incluyen la compra de equipos, la formación de los trabajadores y la mejora de un simulador general de producción.

El desenlace obtenido muestra en detalle la ausencia de reducción de productos completados en el almacén, lo cual es beneficioso y tiene un impacto negativo conveniente en la circulación de caja. Se concluye que al utilizar la metodología de Kaizen se puede calcular e inspeccionar la administración de abastecimiento, debido a que el instrumento puede indicar el pedido de materias primas en el instante exacto, además se puede conservar la comunicación en todos los campos de la industria, y el pedido la eficacia de pagos ha aumentado del 80,32 % al 92 %, el número de defectos se ha reducido al 0 %.

Guerrero Sandoval [15] la empresa se dedica a fabricar y comercializar ladrillos de arcilla y tierra. Setiembre a agosto 2022 a la fecha hemos producido un total de 7,249,472 piedras de pandereta y registró 1.429.062 piedras reducidas o defectuosas, este es el gran problema que presenta la empresa y equivale a un perjuicio monetario de S/ 400 137.36. El estudio tuvo como objetivo diseñar una mejoría en el procedimiento a pequeño y mediano pazo. La metodología empleada fue la estandarización de las etapas del proceso, se implementaron las termocuplas en la fase de cocción. Las conclusiones alcanzadas fueron el mejoramiento de la fase de inspección de la temperatura en el horno, para eliminar pérdidas y el cuello de botella de 130 horas a 100 horas mejora el rendimiento físico. Del 77% al 85%, la fabricación aumentó de 4.437 lotes/mes a 5,76 lotes/mes. Se finalizó que al implementar este desarrollo el proceso será más eficiente, se reducirá la cantidad de merma y por ende se mejoran las utilidades.

Castro y Gonzales [16] la problemática identificada son el mal acondicionamiento de los insumos, la carencia de algunos equipos, el quiebre de ladrillos en la fase de secado, la humedad del aire circundante y el manejo no calificado del producto terminado. El objetivo fue diagnosticar la maleabilidad de las capacidades en la fabricación de ladrillos de una compañía por medio de la representación de técnicas reservadas. La metodología usada fue describir el proceso de producción de ladrillos, reproducir el proceso de producción a través del software Flexsim y proponer renovar el proceso para mejorar la amplitud de fabricación de la compañía. Los resultados al implementar la simulación, la tasa de producción de ladrillos de la empresa estuvo en lo esperado, la empresa fabricó 69.026 ladrillos por semana sin ningún problema. Se concluyó que, aplicando esta metodología, se puede calcular e inspeccionar los procesos. Asimismo, mantiene conexiones en todas las fases del proceso, aumentando la eficacia de despacho de los productos del 82 % al 94 %.

Gálvez Chero [17] en el estudio realizado su objetivo fundamental es optimizar la fabricación de ladrillos para disminuir las pérdidas de la compañía. Por lo tanto, luego de determinar la posición de la empresa, se observó que el problema más importante que genera pérdidas en la empresa fue el desajuste de las materias primas en la fase de mezcla. Con respecto a la metodología se realizó múltiples propuestas para esta etapa y el proceso en su conjunto, incluyendo la implementación técnica en la fase de mezcla, sensores de humedad, capacitación de operadores, mantenimiento preventivo de máquinas y estandarización de la producción, tiempos y finalmente la reorganización del departamento. Los resultados obtenidos aplicando esta metodología nos indica que la pérdida de la empresa disminuyó del 28% al 15%, la productividad de la empresa creció en un 18,4%, la producción de materia prima creció en un 17,5% y el costo para implementar la propuesta fue de S/ 555 156,02.

Se concluye que, al aplicar estas herramientas de mejora, se logró tener un proceso más eficiente y un mejor entorno laboral, así mismo se puede evidenciar que el plan necesita una financiación de 555 156, 02 soles en el transcurso de 5 años, siendo un plan muy beneficioso para la compañía en estudio.

Fernández [18] el propósito de este trabajo es emplear soluciones para subsanar los fallos que se muestran en la fabricación de ladrillos que ocasionan perjuicios a dicha empresa y aumentar las cualidades de los ladrillos. La problemática encontrada son las fallas en el procedimiento de producción de cerámica, lo que genera que, de 320 000 ladrillos producidos en el mes, solo el 87 % de los ladrillos se pudieron vender y el 13% son ladrillos de descarte. Esto se debió a tres causas: el 16,92% eran ladrillos recocidos, el 38,46% eran ladrillos en bruto y el 44,62% eran ladrillos agrietados. Pero el argumento primordial de tal disminución estuvo vinculado con las etapas de mezcla y cocción de los ladrillos, pues la mezcla se hacía por ensayo y error, y durante la etapa de cocción, uno de los hornos estaba presentando fallas. La metodología aplicada fue elaborar el esquema de Ishikawa, esquema de flujo del proceso, y otras herramientas. Se recomendó también comprar un termómetro de horno digital y comprar un lienzo para la puerta del horno. Como resultado, se pudo reducir el 10,8% de los desechos de ladrillos dañados de la empresa y la eficiencia de producción es actualmente del 97,8%. Se concluyó que los instrumentos de calidad brindan formas de determinar, calcular, averiguar y plantear mejoras a los inconvenientes que obstaculizan la ejecución, la calidad y los resultados de la empresa, así como constituir mejores métodos de decisiones fundamentados en datos, lo que incrementa las perspectivas de triunfo en la empresa.

B. Arévalo Becerra [19] el propósito de la investigación es analizar cómo se comporta la producción de ladrillos de las pymes, y con base a esto, hacer recomendaciones para implementar mejoras, con el fin de aumentar nuevos retos en este ámbito. Se encontró que los principales problemas son los elevados estándares de reelaboración y los periodos de retraso. Para esto, sugirieron mejoras utilizando herramientas de producción Lean como: Poka Yake, Jidoka, TPM (mantenimiento total de producción). La inclusión de estos instrumentos mejora los indicadores más importantes de la compañía. Como resultado se tuvo que, en la fase de molido, el rendimiento incrementó de 62,81 kg/min a 91,48 kg/min, entretanto la eficacia incrementó de 81% a 84,3%. En la fase de extrusión, el rendimiento incrementó de 13 unidades/min a 16 unidades/min, así mismo la eficacia incremento del 40 % al 53,39 %. Las cifras de utilidad bruta de estas empresas mejoraron de 14% a 36,7% a medida que aumentó el rendimiento y eficacia del procedimiento. Se concluyó que al aplicar estas herramientas de producción Lean las empresas mejoran su competitividad en el mercado.

Villamil y Hurtado [20] a través de la simulación de su procedimiento de producción utilizando el software ProModel. La problemática encontrada en la empresa es que no tienen un desarrollo estándar referente a la materia prima que usan, el indicador de mermas representa el 15% de su producción total. Por ello, se tuvo como objetivo, evaluar los volúmenes verdaderos y teóricos de la compañía, por lo tanto, se determinó que la congestión se da en 3 fases del procedimiento: amasado o mezclado, molienda y paletizado. Esto impide que la compañía fabrique a su amplitud máxima de 2.000 ladrillos por día, ya que solo produce 7.433 ladrillos por semana, esto significa que la productividad de la empresa es solo del 61,9%. La metodología usada, fue la implementación del software ProModel. En los resultados obtenidos, la compañía fabrico 1900 ladrillos por día, esto significa que la productividad aumento a 74%. Se dedujo que al implementar este perfeccionamiento el proceso será más eficiente, se reducirá la cantidad de merma y por ende se mejoran las utilidades.

Araujo [21] la problemática encontrada es el exceso de merma en el área de cocción, su objetivo era analizar el procedimiento de deshumedecer con aire ardiente en un horno a 70 °C. La metodología aplicada para deshumedecer los ladrillos se logró a través de la técnica Computational Fluid Dynamics (CFD), que llevó a cabo una sucesión de exámenes en el interior del horno, calculando el volumen de agua, temperatura. Los resultados de este análisis confirman la fuga de calor a través del aire. Igualmente, el área térmica y de calidad de la superficie del material, muestran la desproporción de calefacción y secado, afirmando que el proceso de calcular la temperatura del punto de ladrillo es de mucha consideración en la óptima comprensión del proceso.

Sarmiento Carlos [22] el objetivo es recopilar antecedentes del proceso productivo para su comparación y evaluación preliminar. Todo esto para evaluar el incremento del rendimiento del sector productivo de Mundiplast por medio del empleo del sistema lean manufacturing, De esta manera el sector de producción llegó a concluir. Usando 5S, renové un sitio web que era un elemento innecesario, mejoré el aspecto del espacio de labores y logré una tasa de desempeño de pedidos del 57 %. Así también reduce el tiempo de desarmado de inyectores y ventiladores en un 40% y 14%, respectivamente, y el tiempo de montaje en un 20% y 23%. Menores importe de producción, ya que el usar de manera correcta las materias primas reduce el número de interrupciones en la producción y evita los tiempos de inactividad.

Para resolver el problema propuesto, el modelo se crea de la siguiente manera:

**Determinar el estado presente de la compañía.** La compañía fue diagnosticada aplicando la toma de tiempos durante la producción de ladrillos en el periodo 2021, utilizando la metodología de Mundel, para esto se tomó un muestreo de 12 observaciones y posteriormente utilizamos la tabla de Mundel [23], y realizar los apuntes necesarios en cada fase del proceso. Se utilizó un cronometro marca Casio, las mediciones se realizaron en turnos al azar para hacer la evidencia más realista. Para evidenciar los saberes de los trabajadores sobre el procedimiento de fabricación y regímenes de la compañía se realizó un sondeo de manera presencial a cada trabajador, este sondeo se realizó de Cieza [24], en la cual fue aprobada. Los documentos sobre producción, paro de maquinaria y materia prima del periodo 2021-2022 fue proporcionada por la compañía, esto sirvió para calcular el tiempo de ciclo, productividad e indicadores de eficiencia. Estos documentos fueron proporcionados en Excel. Se evaluaron e identificaron los problemas en la elaboración de ladrillos usando diagramas de Ishikawa. [25] Se dibujaron gráficos de análisis de procesos [26] detallando el tiempo de viaje entre zonas y el tiempo de operación en cada zona. Con base en los resultados que se obtuvieron, comenzamos a promediar el porcentaje de pérdida y los indicadores de rendimiento.

**Simular el sistema de producción real de la compañía y hacer recomendaciones para su implementación.** Durante el desarrollo del proyecto, incluye la planificación y selección de Sensores de humedad industriales, programas de formación, plan de mantenimiento preventivo. [27]. Para el primero se recomienda registrar el inventario de maquinaria y equipo de la empresa, el cual le ayuda a comprender la frecuencia de errores e interrupciones y luego ejecutar el plan de sostenimiento precautorio. Para clasificación e implementar balanza y sensores de humedad se examinó muchos precios de distintas empresas con características de marca, precio, antigüedad y garantía. En el programa de formación propuesto se tuvo en cuenta los temas basados en las deficiencias identificadas en las encuestas. Para la simulación se utiliza el software ProModel, teniendo en cuenta el tiempo de tránsito entre estaciones, el tiempo de funcionamiento de cada estación y la cantidad a elaborar. Posteriormente, se modela el prototipo de diagrama del sistema de elaboración de ladrillos existente de la compañía y se analizan los valores alcanzados.

Para la simulación teniendo en cuenta el planteamiento de modelo de la fase de mezcla se ha desarrollado el diagrama de análisis del procedimiento [28], de elaboración de ladrillos pandereta y se ha propuesto un prototipo actual de simulación en base al mismo, que regula el tiempo de etapa, cantidad y porcentaje de pérdidas. Luego se representó el prototipo con el planteamiento y se analizaron los resultados.

**Determinando los beneficios financieros de la propuesta.** Calculado sobre la base de la reducción de utilidades no devengadas de la empresa por mermas del sistema productivo de ladrillo pandereta rayada. Para la medición de la ganancia - gasto del planteamiento, se dedujo el flujo de caja, de modo que, se obtuvo: S/ 2,71 el cual nos indica que por cada 1 sol asignado se logra una rentabilidad de 1,71 soles.

Luego de definir la posición real del proceso productivo de la compañía, se obtiene el esquema de Ishikawa:

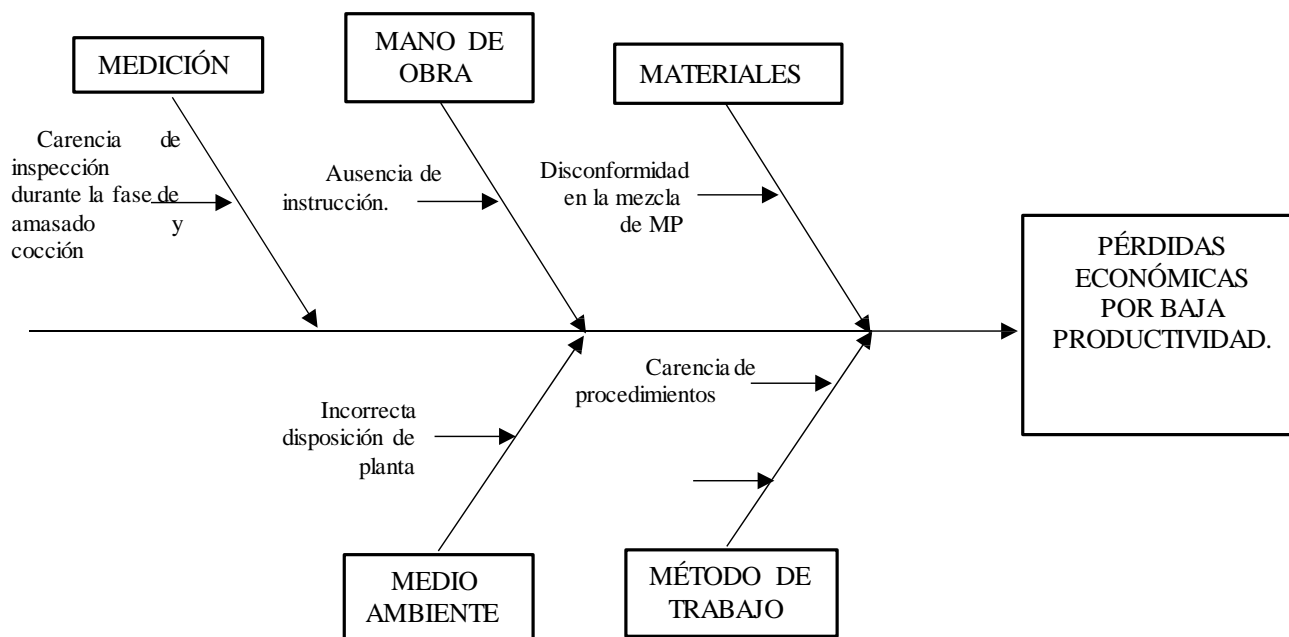


Ilustración 1: DIAGRAMA DE ISHIKAWA.

Utilizando el gráfico de Ishikawa, se identifican las razones primordiales por las que la empresa genera baja productividad siguiendo el enfoque de 6M. La fuerza de trabajo se basa en actividad improductiva (74%), carencia de capacitación y calificación de los operadores (Anexo 01), cambios en la productividad laboral. Entre las razones metodológicas se encontraron falta de planificar (Anexo 02), incomunicación entre fases (Anexo 01), 12,5% de pérdida y tiempo no estándar. Sobre máquinas, defectos de máquinas Finalmente, con respecto a los materiales y medidas, hay indicios de falta de equipos para medir el volumen de humedad y un desequilibrio en la medición de materias primas.

La compañía tiene desarrollado el siguiente DAP correspondiente a la elaboración de ladrillos pandereta rayada:

LADRILLOS LARK		Actividad	S	Cantidad		
<b>Proceso</b>	Fabricación de ladrillos pandereta rayada	Operación	○	8		
<b>Actividad</b>	Proceso de producción	Transporte	⇒	9		
<b>Método</b>	Actual	Espera	⊖	2		
<b>Lugar</b>	Área de producción	Inspección	□	-		
		Almacenar	▽	2		
		<b>Total</b>		292.78h		
<b>Reseña (Sistema presente de fabricación)</b>	<b>Tiempo</b>	○	⇒	⊖	□	▽
Almacenamiento	-					●
Traslado M.P. a fase de mezcla.	15 min		●			
Mezclado de M.P.	1,6 h	●				
Traslado mezcla de MP a molienda	5 min		●			
Moler y Zarandear	1,3 h	●				
Traslado la materia prima molida hacia el área de amasado	6 min		●			
Agregado de agua a la mezcla y amasado	1,18 h	●				
Traslado pasta hacia moldeado	7 min		●			
Moldeado o extruido de la pasta	1,3 h	●				
Traslado pasta extruida al área de cortado	4 min		●			
Cortado de la pasta extruida en ladrillos crudos	1,14 h	●				
Traslado ladrillos crudos al área de secado	17 min		●			
Secado de los ladrillos crudos	12 h			●		
Traslado al área de cocción	10 min		●			
Cocción de los ladrillos crudos	12 h	●				
Traslado los ladrillos hacia enfriado	10 min		●			
Enfriado de los ladrillos	20 min			●		
Traslado hacia almacén	6 min		●			
Almacenamiento de producto terminado	-					●

### Indicadores actuales de Mermas y Productividad.

Desde septiembre de 2021 hasta agosto de 2022, la compañía registró todas las pérdidas, rendimientos y cantidades para la elaboración de ladrillos pandereta rayadas, utilizando datos de Setiembre del 2021 para fines de cálculo y simulación.

Pérdida real		Producción real	
Elaboración	363 M. ladrillos	Producción	363 M. ladrillos
Pérdida	47 M. ladrillos	Cantidad de mezcla	515 toneladas
<b>% Mermas</b>	<b>12.5%</b>		

Ilustración 2: INDICADORES REALES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.

**Tiempo ciclo:** La compañía trabaja en un horario de 24 horas con una elaboración diaria de 12, lo que resulta en la siguiente productividad:

$$p = \text{producción}$$

$$Tb = \text{Tiempo base}$$

$$Tc = \text{Tiempo ciclo}$$

$$Tc = Tb \cdot p$$

$$Tc = 24 \text{ h/día} / 2121 \text{ t/día}$$

$$Tc = 0,0011 \text{ h/t}$$

**Productividad de materia prima:** En 2021 se producirán 5.970.478 toneladas de ladrillos pandereta y se consumirán un total de 22.416,07 toneladas de materias primas. Con ellos tenemos los siguientes cálculos.

$$\text{Productividad de MP} = 5\,970\,478 \text{ ladrillos/año} / 22\,416,07 \text{ toneladas de MP/año}$$

$$\text{Productividad de MP} = \mathbf{266 \text{ ladrillos/tonelada de MP}}$$

Esto señala que por cada tonelada de M.P. que entra a la fábrica se pueden producir 266 panderetas.

**Productividad de mano de obra:** Un total de 40 trabajadores están involucrados en la producción, produciendo 6.671.451 ladrillos pandereta por año durante 8640 horas. Para calcular la productividad laboral, tenemos la división entre la producción total y el número de trabajadores.

$$\text{Productividad de mano de obra} = 6\,671\,451 \text{ unidad ladrillos/año} / 40 \text{ operarios.}$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = \mathbf{166\,786 \text{ unidad ladrillos/operarios año}}$$

La cifra indica que cada operador produce 166.786 ladrillos al año.

**Eficiencia física:** Para la deducción de la eficiencia física, tenemos un total de 16 717 toneladas de ladrillos como salida para la compañía en cuanto a las entradas de M.P. 22 416,07 toneladas.

$$\text{Eficiencia física} = 16\,717 \text{ toneladas de ladrillos/año} / 22\,416,07 \text{ toneladas de MP/año}$$

$$\text{Eficiencia física} = \mathbf{0,745 \cong 74,5\%}$$

Para la explicación, por cada tonelada de M.P. que entra al proceso, el 74,5 % se usa de manera eficiente, permaneciendo un 25,5 % como desperdicio, el cual se debe perfeccionar para reducir esta proporción.

**Eficiencia económica:** Según el estado de pérdidas y ganancias de la empresa, esta vendió 5.970.478 ladrillos de pandereta a 0,38 soles en 2021, con un costo de fabricación de 0,64 soles por ladrillo. Tenemos los resultados.

**Eficiencia económica** =  $5\,970\,478 \text{ ladrillos} * S/ 1.52/\text{ladrillo} / 6\,671\,451 \text{ ladrillos} * S/0.64/\text{ladrillo}$

**Eficiencia económica = 2,13**

Esto demuestra que por cada sol invertido obtenemos 2.13 soles, lo cual es un resultado rentable.

**Capacidad efectiva:** El Anexo 03 describe el número de fallas de las máquinas y horas de reparación debido al mantenimiento correctivo realizado por la empresa, es decir se espera que las máquinas fallen para dar inicio al mantenimiento, se usó el tiempo promedio de horas efectivas. Usando un promedio de 21 horas por mes para mantenimiento, se calculó:

*Número de horas de trabajo = (26 días mes \* 24h días)*

*Número de horas de trabajo = 624 horas/mes*

*∴ 624 h mes \* 21 t h = 13104 t/mes*

lo que da como resultado 624 horas al mes y una fabricación mensual de 13104 toneladas.

**Capacidad ociosa:** Para esta deducción se tiene en cuenta el residuo entre la capacidad esperada y la capacidad real.

### **Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción.**

**Problema: Merma.** En el 2021, las pérdidas totales registradas son 700.973 ladrillos o el 12,5% de la producción total. Según Manayay [29], el promedio límite de pérdida para una fábrica de ladrillos debe ser solo del 10% de la producción total, la compañía ha superado el 2,5% en relación al monto que no recibe por esta concepción, S/ 266 369 , 74. Los motivos de la reducción son:

**Carencia de inspección de los procedimientos.** En la zona de amasado, el técnico ignora el procedimiento, añade un determinado porcentaje de humedad a la masa en base a su experiencia.

Las pérdidas más significativas en la producción de ladrillos pandereta rayada se debe, entre otras cosas, escases de inspección en la fase de amasado y cocción. Se tiene como precedente que si el mecanismo aplica más compresión durante la operación se procede a agregar más corriente de agua a la composición, modificando el porcentaje de humedecimiento especificado de 14% a 20%, que es cuando la composición ingresa al siguiente proceso.

Este procedimiento debe ejecutarse con mucha atención, ya que, si la composición no satisface el rango de humedecimiento especificado, es decir, si no llega al 14-20% de humedecimiento, producirá ladrillos fangosos o blandos (malos). De lo opuesto, es decir si la composición cae por debajo del rango de proporción de humedecimiento anterior y la mezcla está muy seca, dañará el equipo utilizado en la fabricación.

En la fase de amasado de la composición, se añade agua a la composición de manera empírica, esta etapa no cuenta con un operario que inspeccione los porcentajes de humedecimiento que debe de tener la composición, esta acción da como resultado ladrillos inservibles en los procesos de formación de ladrillos y extrusión.

Cabe citar que, según Domenech, El porcentaje de humedad utilizado para formar ladrillo crudo de calidad, debe estar entre 14% y 20% para disminuir mermas. [30]

Por lo que se recomienda utilizar un sensor de humedad para comprobar estos indicadores, se evaluaron los precios y se tuvo en cuenta la matriz de calificación de suma ponderada, 3 vendedores fueron calificados: PCE Inst Corporation. Usando el sensor modelo PCE-P18, Belimo usó el modelo 22UTH-13, y finalmente SPARKFUN con el sensor de humedad modelo SEN-10167 logró un puntaje total de 3.143, donde los factores especiales fueron la precisión de uso de la máquina, el precio cómodo y la garantía. En el anexo 15 se describen las características técnicas del sensor, donde tiene un valor de \$1.800 y el vendedor lo envía a la compañía.

#### **Solución sugerida:**

√ Implementación de sensor de humedad.

## Desarrollo de la propuesta.

### Mejora: Implementación de sensor de humedad para el proceso de amasado.

**Sensor de humedad:** En la fase de amasado, el operador improvisando agrega agua a la mezcla en basándose a su conocimiento empírico, y se aclara en el Anexo 1 de la encuesta aplicada al operador que desconoce los parámetros de humedad que la mezcla debe tener, esta acción provoca la pérdida de ladrillos en las etapas siguientes de amasado y cortado respectivamente. Cabe decir que conforme a Domenech [31], la proporción de humedecimiento utilizado en la producción de ladrillo crudo debe de estar entre 14% y 20% para prevenir alteraciones, por lo que se recomienda utilizar un sensor de humedecimiento para inspeccionar este indicador.

Se evaluaron ofertas de tres abastecedores y se revisaron matrices de aprobación y calificación, 3 vendedores fueron calificados: PCE Inst Corporation. Utilizando el tipo de sensor PCE-P18, Belimo utiliza el modelo 22UTH-13 y finalmente gana SPARKFUN con su sensor de humedad modelo SEN-10167 con una puntuación total de 3143, las características que resaltan son la precisión, disponibilidad de compra y garantía del instrumento. La figura 12 describe la diferenciación técnica de un sensor de humedad que cuesta \$1800 y el abastecedor es responsable de enviarlo hasta las instalaciones de la compañía.

**Cálculo y Análisis económico financiero:** El valor íntegro de las mejoras al proceso de fabricación propuesto es de S/ 7,202.70 soles, el cual incluye la adquisición del sensor de humedad (S/ 6,444.00) y costos de instalación. El beneficio de la disminución de costos después de la mejora es: La empresa Ladrillos LARK dejó de recibir S/266,369 por pérdidas, disminuyó en un 70.6% al implementar las mejoras, según Quiteños. [30], Posteriormente se recupera el 70.6% del monto no recibido, lo que significa que la empresa obtiene S/188,056,514 de ingresos por concepto. La empresa entregó un total de 570.643 ladrillos fuera de fecha acordada con el consumidor, lo que representa un beneficio no percibido de S74.184/74.184, que se espera disminuya hasta en un 90% con mejoras en la implementación como la introducción de sensores de humedad industrial. Esto dará como resultado un ingreso de S/66,765.6. En resumen, Ladrillos Lark obtendrá una facturación anual S/265,800.00. Para calcular el costo-beneficio de la propuesta se calcula el flujo de caja, por lo que tenemos la siguiente métrica: S/2.71, lo que significa que por cada 1 Sol invertido se logra una ganancia de 1.71 soles, obteniendo un desenlace animador. Por consiguiente, la aplicación del estudio es factible.

**Simulación del Sistema actual de Producción.** Se procedió a realiza la simulación presente de Ladrillos Lark para la fabricación de ladrillos pandereta en setiembre del 2021, por un transcurso de 26 días, teniendo en cuenta la jornada laboral de 24 horas fraccionado en 2 turnos, y respetando los días feriados. Después de la simulación, se obtienen los siguientes resultados:

















Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo
MATERIA PRIMA	0.00	
MEZCLA	515.00	
LADRILLO CRUDO	0.00	
LADRILLO	363.00	
AGUA	0.00	
LADRILLO QUEBRADO	94.00	
LADRILLO QUEMADO	47.00	

Al simular el modelo de producción de pandereta rayada existente de la compañía, se alcanzó una fabricación de 363 millares de ladrillos preparados para la comercialización, de igual forma se reconoce una pérdida de 47 millares de ladrillos en el periodo setiembre del 2021, porque los ladrillos rotos pueden reprocesarse en la fase de trituración, y los ladrillos carbonizados se desechan como inservibles.

**Propuesta de Mejora.** Mediante la instalación de un sensor de humedad en la fase de amasado del proceso productivo, se mejoró la eficiencia del proceso, pues ahora los porcentajes de humedecimiento de la mezcla serán los recomendados entre 14% - 20%, y esto repercute en calidad de la mezcla y posteriormente en el producto final que es el ladrillo pandereta rayada.

Se define el prototipo del proceso:

- **Locaciones**

Locaciones		
Icono	Nombre	Cap.
	ALMACEN_DE_MATERIA_PRIMA	1
	MEZCLADO	1
	MOLIENDA_Y_ZARANDA	1
	AMASADO	2
	ALMACEN_AGUA	1
	MOLDEADO	1
	CORTADO	1
	SECADO	1252
	ALMACEN_DESECHO	2000
	HORNO	1252
	ENFRIADO	1300
	ALMACEN_PT	1300
	ALMACEN_REPROCESO	1
	INSPECCIÓN	1

Los volúmenes de las maquinarias o fases se describen a continuación:

**Recepción, Mezclado y Molienda.** Son capaces de aceptar 1 lote de 2 121 000 kg de M.P.

**Amasado.** Son capaces de aceptar el lote de 2 121 000 kg de M.P., así como el de agua que entra al proceso.

**Cortado y Moldeado.** Son capaces de aceptar el lote mezclado de M.P. + Agua.








**Secado y Espera de carga.** Son capaces de aceptar 1 252 millares de ladrillos crudos que ingresan de la fase anterior. Por otro lado, en la zona de espera de carga se almacenan los ladrillos que esperan ser entregados al horno.

**Horno.** Son capaces de aceptar 1300 millares de ladrillos.

**Enfriado y Almacenamiento.** Son espacios donde se acumula hasta 1 300 millares de ladrillos.

**Almacén de Desecho.** Son espacios donde se acumula hasta 2000 millares de ladrillo.

- **Entidades.**

Entidades	
Icono	Nombre
	MATERIA_PRIMA
	MEZCLA
	LADRILLO_CRUDO
	LADRILLO
	AGUA
	LADRILLO_QUEBRADO
	LADRILLO_QUEMADO

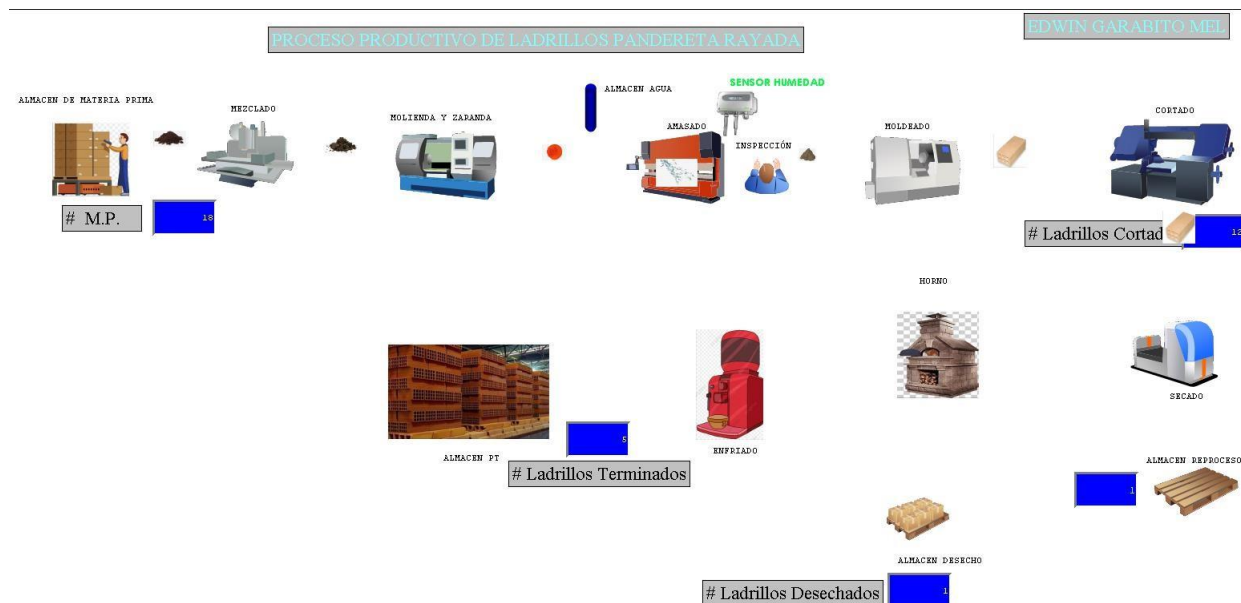
- **Arribos.**

Arribos		
Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...
MATERIA_PRIMA	ALMACEN_DE_MATERIA_PRIMA	1
AGUA	AMASADO	1

**Materia Prima.** Incorpora la suma de 2 121 000 kg, es el antecedente de la combinación que se tomó en promedio el mes de Setiembre del 2021.

**Agua.** Incorpora la suma de 381 780 L, referente al 18% de la M.P. que incorpora, imprescindible para la fabricación de la mezcla.

- **Proceso.**



[https://drive.google.com/file/d/19gzpc\\_itgi\\_7FAySBjitoKZRX9jGj1QR/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/19gzpc_itgi_7FAySBjitoKZRX9jGj1QR/view?usp=sharing).

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo E
MATERIA PRIMA	0.00	
MEZCLA	515.00	
LADRILLO CRUDO	0.00	
LADRILLO	400.00	
AGUA	0.00	
LADRILLO QUEBRADO	67.00	
LADRILLO QUEMADO	39.00	

Simulando el esquema de producción de ladrillos pandereta. se produjeron 400 millares de ladrillos, y una merma de 39millares.

Por tanto, las nuevas mediciones de los sistemas productivos con recomendaciones de mejoramiento son las siguientes:

Concepto	Indicadores antes de la mejora		Indicadores con la mejora		% de variación
Producción para venta	89%		97%		8%
Merma	12,50%		10.05%		2.5%
Productividad de materia prima	266	Ladrillos/ tonelada de MP	288	Ladrillos/ tonelada de MP	8,27%
Productividad de mano de obra	166 786	Unidades ladrillos/operarios año	180 310	Unidades ladrillos/operarios año	8,11%
Eficiencia económica (S/)	2,13		2,3		7,98%
Eficiencia física	74,50%		81%		8,72%
Utilización	90%		98%		8,89%
Pedidos con retraso (S/)	74 184		66 765,60		10%
Merma (S/)	266 369		188 056,54		29%
Perdida de MO no utilizado (S/)	5 572,56		0		100%
Tiempos productivos	26%		111,5%		55%
Tiempos improductivos	74%		39,19%		45%

Ilustración 3: INDICADORES ANTES Y DESPUES DE LA PROPUESTA.

Con el producto de la simulación de la condición presente de la compañía y con el modelo de mejora de la fase de amasado, se comparan los indicadores como se muestra en la Tabla 4.

Al realizar la mejora en la fase de amasado se alcanzó disminuir la proporción de desperdicio de 12,5% a 10%, una reducción de 2,5%, lo que corresponde a 8 millares de ladrillos. En su estudio, Galán [25] también consiguió reducir las pérdidas del 28% al 15%, es decir, una reducción del 13%. Por su parte, Sánchez [31] logró disminuir las pérdidas en un 10,8%.

Por otro lado, la dimensión de elaboración de M.P. aumentó en un 20,1% pasando de 363 millares de ladrillos por tonelada de composición a 400 millares de ladrillos por tonelada de composición. Por su parte Galán [25], consiguió incrementar el rendimiento de la M.P. en 17,5%, Sánchez [31] Del 81% al 84,3%, el rendimiento de las materias primas que ingresan en la fabricación de ladrillos aumentó un 3,3%. Además, la amplitud de fabricación también aumentó en un 21,36%, mientras que, Vital [18], En su estudio, consiguió ampliar la amplitud de fabricación de ladrillos en un 38,1 % al disminuir la saturación del proceso de producción de ladrillos mediante el simulador ProModel.

**Beneficio económico de la propuesta.**

<b>Actual</b>		<b>Propuesta de mejora</b>	
Producción	363 millares ladrillos	Producción	400 millares ladrillos
Mermas	47 millares ladrillos	Mermas	39 millares ladrillos
Precio/millar	S/ 400	Precio/millar	S/ 400
Ingreso	S/ 145200	Ingreso	S/ 160000
Utilidad no percibida	S/ 18800	Utilidad no percibida	S/ 15600
<b>Beneficio neto</b>		<b>S/ 14800</b>	

Ilustración 4: BENEFICIO ECONOMICO DE LA PROPUESTA.

Elaboración Propia

Los efectos de la valoración económica de la oferta de estandarización de la fase de mezcla de M.P. para el sistema de producción de ladrillo, resultó en un aumento de ingresos para la compañía en S/14800, es decir la empresa logró un aumento del 16% en los ingresos al mejorar la fase de amasado. Por lo tanto, es posible implementar programas de perfeccionamiento de la compañía. Arévalo [15] Así mismo, las compañías medianas y pequeñas que evaluó aumentaron sus ingresos en un 22,7%.

En esta parte se analizan las conclusiones obtenidas al mejorar el proceso propuesto, así también las conclusiones de indagaciones elaboradas en distintos entornos. En cuanto a mermas, el diagnóstico de la compañía indicó una pérdida de producción del 12,5 %, y con la implementación de sensores de humedad se podría reducir la cantidad de ladrillos dañados en un 70,6 %, o entre un 12,5 % y un 2,83 % según Chavira y Toledo.

[14] En su estudio consiguieron disminuir la insuficiencia de ladrillos en un 100%, Chero [17] Así mismo, las mermas tras aplicar mejoras se pueden reducir hasta en un 6,5%. Esto reduce la pérdida de ingresos hasta en un 70.6% y la compañía obtendrá S/188,056,514 por este concepto. Al final, es posible reducir el lucro cesante en un 77%, dejando a la empresa con una facturación de S193.629.074.

Se evaluó la situación existente de la compañía Ladrillos Lark con relación a su proceso productivo de ladrillos pandereta, se han identificado varias deficiencias que van desde el empleo inadecuado de las M.P. en la fase de amasado, dando como resultado grietas en los ladrillos en la fase de secado, y en la fase de cocción lleguen a quemarse. Así, se pierde en el proceso el 22.7%, lo que se traduce en un beneficio no recaudado de S/ 79,428.

El proceso de fabricación existente de la compañía se simuló con el software ProModel y la producción fue de 865 millares, y una pérdida de 198 567 ladrillos quemados. Además, la simulación del procedimiento con el esquema mejorado muestra que el valor de salida es de 1,051 millones de ladrillos y la cantidad de ladrillos quemados se reduce en 130 000. Por lo tanto, mejorando el esquema, se pueden reducir las pérdidas de 12.5% a 10%, que es una reducción de 2.5%, lo que corresponde a 68.567 ladrillos.

Se consiguió identificar la rentabilidad del proyecto de mejoramiento, alcanzando así un aumento en la rentabilidad para la compañía en S/ 42 000 generado gracias al descenso de ladrillos inservibles en el proceso.

Se aconseja desarrollar investigaciones de sostenimiento precautorio de la maquinaria y equipos de medición apoyado en la fiabilidad detallada y el sostenimiento productivo general realizado por la compañía. Se aconseja a los socios de la compañía que realicen estudios ergonómicos y estudios integrales de seguridad para disminuir contratiempos en el proceso de producción.

## II. REFERENCIAS

- [1] C. Latinoamericana., «Industria peruana de ladrillo comercializa U\$500 millones anuales.,» KHL, 28 09 2017. [En línea]. Available: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/industria-peruana-de-ladrillo-comercializa-u-500-millones-anuales/4129538.article>. [Último acceso: 24 09 2022].
- [2] s. e. i. La Coalición Clima y Aire Limpio para los Contaminantes Climáticos de Corta Vida (CCAC, «MITIGANDO EL CARBONO NEGRO Y OTROS CONTAMINANTES DE LA PRODUCCION DE LADRILLO.,» 04 2017. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Edwin%20Garabito%20Mel/Downloads/Fact%20Sheet%205%20-%20Bricks%202.4%20FINAL%20Digital%20Spanish%20May2015\\_0.pdf](file:///C:/Users/Edwin%20Garabito%20Mel/Downloads/Fact%20Sheet%205%20-%20Bricks%202.4%20FINAL%20Digital%20Spanish%20May2015_0.pdf). [Último acceso: 24 09 2022].
- [3] D. Gestión., «Industria ladrillera mueve al año S/ 1,600 millones, según ALACEP,» 27 09 2017. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/economia/industria-ladrillera-mueve-ano-s-1-600-millones-alacep-144334-noticia/>. [Último acceso: 30 09 2022].

- [4] M. d. I. V. Polanco, «Peru puede tener un boom en la construcción.» Diario Oficial El Peruano., 26 04 2021. [En línea]. Available: <https://elperuano.pe/noticia/119555-peru-puede-tener-un-boom-en-la-construccion>. [Último acceso: 24 09 2022].
- [5] D. Gestión., «2020, según la CCL,» 21 10 2019. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/economia/construccion-sector-construccion-creceria-41-en-2019-y-65-en-2020-segun-la-ccl-noticia/>. [Último acceso: 24 09 2022].
- [6] Promodel, «Software Promodel,» [En línea]. Available: <http://promodel.com.mx/promodel/>. [Último acceso: 24 09 2022].
- [7] A. M. R., «La era de la productividad: Cómo transformar las economías desde sus cimientos.» Pagés Carmen, 2018. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/la-era-de-la-productividad-como-transformar-las-economias-desde-sus-cimientos>. [Último acceso: 02 10 2022].
- [8] D. A. Z. Almarales., «MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA HILANDERÍAS UNIDAS S.A.,» 15 06 2021. [En línea]. Available: <https://acvenisproh.com/revistas/index.php/prohominum/article/view/244/623#:~:text=El%20proceso%20productivo%20es%20el,lograr%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20productos..> [Último acceso: 09 10 2022].
- [9] B. y. Horacio, «Manual de producción de ladrillo PET,» 2016. [En línea]. Available: [https://books.google.com.ar/books?id=Q2eUs7KQyfgC&printsec=copyright&hl=es&source=gbs\\_pub\\_info\\_r#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ar/books?id=Q2eUs7KQyfgC&printsec=copyright&hl=es&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false). [Último acceso: 15 10 2022].
- [10] K.O.Donnell, «Manual de producción, Thinkstock,» 2016. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/book/524186112/Manual-De-Produccion-De-Panaderia>. [Último acceso: 15 10 2022].
- [11] INACAL, «NORMA TECNICA PERUANA,» 2019. [En línea]. Available: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-normas-tecnicas-peruanas-y-textos-afines-referentes-resolucion-directoral-no-002-2022-inacaldn-2050811-1/>. [Último acceso: 08 10 2022].
- [12] I. L. y. J. O. S. Vilarinho, ««Decisiones de mantenimiento preventivo mediante modelos de optimización del mantenimiento: un estudio de caso»,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304493>. [Último acceso: 15 10 2022].

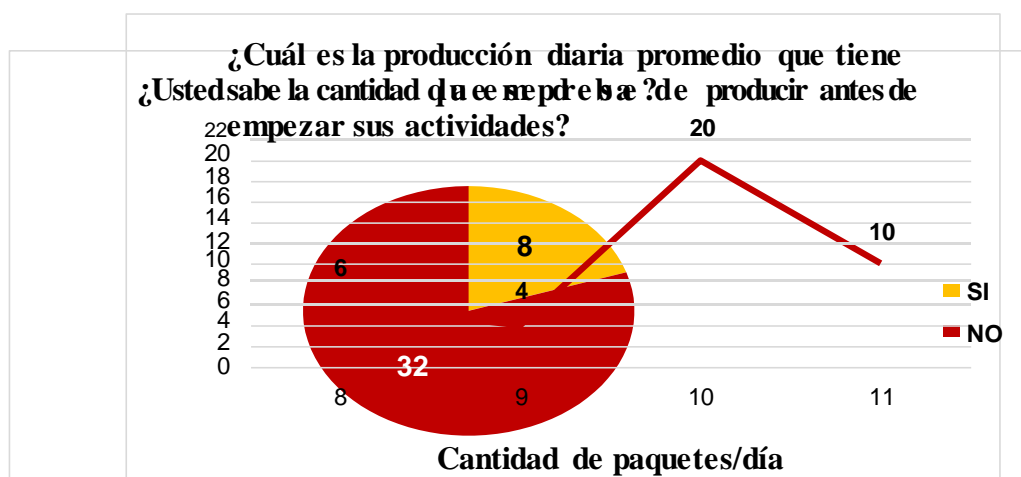
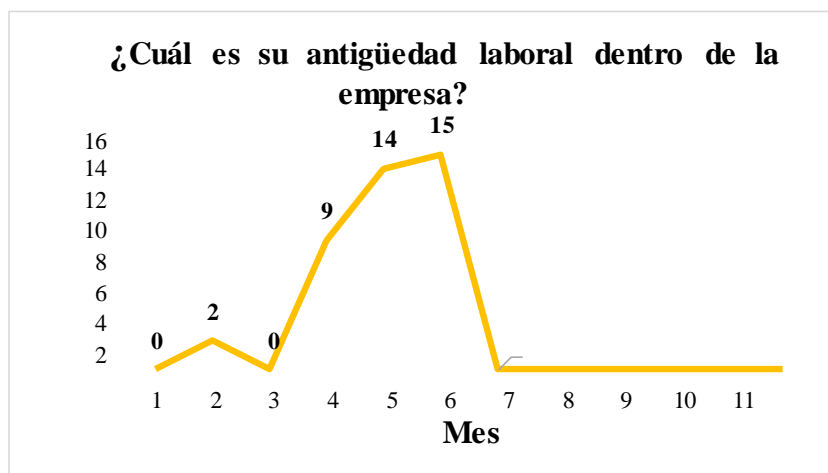
- [13] E. L. Sepúlveda, «Caracterización de Arcillas para la Elaboración de Ladrillos en el Municipio de Tunja-Boyacá,» 2018. [En línea]. Available: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1846>. [Último acceso: 15 10 2022].
- [14] C. y. Toledo, «Plan General de Producción a Corto y Mediano Plazo para el Aseguramiento de Producto Terminado en Empresa de Giro Agropecuario,» 2017. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL\\_ManayaySanchezJose.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL_ManayaySanchezJose.pdf). [Último acceso: 16 10 2022].
- [15] G. S. M. Humberto, «PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA PRODUCTIVO DEL LADRILLO PANDERETA EN LA EMPRESA LADRILLOS TAYSON SAC PARA REDUCIR LAS PERDIDAS ECONOMICAS.,» USAT, 04 2020. [En línea]. Available: [http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/2674/TL\\_GuerreroSandovalMarcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/2674/TL_GuerreroSandovalMarcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 24 09 2022].
- [16] K. J. C. Rodriguez, ««Simulación de Modelos Discretos para el proceso de elaboración de bloques de arcilla de la empresa Tejar Arcillas Zuligres,» 2018. [En línea]. Available: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11547/SIMULACI%C3%93N%20DE%20MODELOS%20DISCRETOS%20EN%20LA%20ELABORACI%C3%93N%20DE%20BLOQUES%20EN%20LA%20EMPRESA%20TEJAR%20ARCILLAS%20ZULIGRES%20SAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 09 10 2022].
- [17] R. B. G. CHERO, «MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE FABRICACIÓN,» USAT, 2019. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2042/1/TL\\_GalvezCheroRomina.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2042/1/TL_GalvezCheroRomina.pdf). [Último acceso: 24 09 2022].
- [18] D. F. Vital, «Optimización del proceso de producción de sellado de ladrillos en una fábrica de cerámica en la ciudad de Urucurituba en Amazonas – Brasil,» 2019. [En línea]. Available: <https://scholarsjournal.net/index.php/ijier/article/view/1728>. [Último acceso: 09 10 2022].
- [19] B. A. Becerra, «Reducción de residuos utilizando herramientas de fabricación ajustada: un caso en la fabricación de ladrillos,» 2019. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8978508>. [Último acceso: 09 10 2022].
- [20] D. V. Moreno, «Proceso de fabricación de ladrillos, simulado en ProModel,» 2020. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/470616423/Fabricacion-de-ladrillo-promodel>. [Último acceso: 09 10 2022].
- [21] Araujo, «Secado industrial de ladrillos cerámicos en horno por CFD,» 2019. [En línea]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31100883/>. [Último acceso: 15 10 2022].

- [22] C. SARMIENTO, «Incremento de la productividad en el área de producción de la empresa Mundiplast mediante un sistema de producción esbelto Lean Manufacturing,» 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19424>. [Último acceso: 15 10 2022].
- [23] A. P. B. Paredes, «TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE,» 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3786/4/04%20IND%20026%20Tesis.pdf>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [24] C. Cieza, «PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA,» 2019. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2417/1/TL\\_CiezaCarrascoCinthya.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2417/1/TL_CiezaCarrascoCinthya.pdf). [Último acceso: 21 10 2022].
- [25] J. S. Galán, «Diagrama de Ishikawa,» 2022. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-ishikawa.html#:~:text=El%20diagrama%20de%20Ishikawa%20es,como%20diagrama%20de%20causa%20Defecto..> [Último acceso: 21 10 2022].
- [26] V. Y. Piqueras, «Diagramas de proceso de operaciones como herramienta en el estudio de métodos,» 2008. [En línea]. Available: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/07/diagramas-de-proceso/>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [27] U. P. d. Norte, «Estandarización de tiempos y diseño de distribución de planta para mejorar la productividad en el área de producción de cal de la empresa minera P'huyu Yuraq II EIRL en Cajamarca,» 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12358>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [28] C. t. Empresa, «¿Qué es un DAP - Diagrama de Actividades Del Proceso?,» 30 09 2020. [En línea]. Available: <https://blog.conducetuempresa.com/2016/05/dap-estructura.html>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [29] J. E. M. SANCHEZ, «MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y AGREGADOS EIRL PARA DISMINUIR LOS INGRESOS NO PERCIBIDOS,» 2021. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL\\_ManayaySanchezJose.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL_ManayaySanchezJose.pdf). [Último acceso: 22 10 2022].
- [30] I. Domnech, «CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LADRILLOS,» 08 03 2017. [En línea]. Available: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/Estudio%20geofisi>

- co%20con%20Georadar%20Arzobispado%20de%20Trujillo.pdf. [Último acceso: 15 10 2022].
- [31] J. E. M. SANCHEZ, «MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y AGREGADOS EIRL PARA DISMINUIR LOS INGRESOS NO PERCIBIDOS,» 2021. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL\\_ManayaySanchezJose.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL_ManayaySanchezJose.pdf). [Último acceso: 21 10 2022].
- [32] P. Corporation, «Software Promodel,» [En línea]. Available: <http://promodel.com.mx/promodel/>. [Último acceso: 12 9 2022].
- [33] G. d. México., «Aspectos básicos sobre la competitividad,» 16 05 2017. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/se/mexicocompetitivo/es/articulos/aspectos-basicos-sobre-la-competitividad?idiom=es>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [34] J. E. M. SANCHEZ, «MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA,» 2021. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL\\_ManayaySanchezJose.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4055/1/TL_ManayaySanchezJose.pdf). [Último acceso: 21 10 2022].
- [35] W. OLARTE C. y B. A, «IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE,» 04 2010. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316066.pdf>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [36] «. d. m. p. y. s. r. c. l. d. A. F. Y. Y. Pinedo, «Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337450992001>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [37] Concur, «Descubra cómo motivar empleados y los principales beneficios de hacerlo,» 16 05 2022. [En línea]. Available: <https://www.concur.pe/news-center/mejorar-experiencia-empleados>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [38] S. Vilarinho, «Decisiones de mantenimiento preventivo a través de modelos de optimización de mantenimiento: un estudio de caso,» 30 06 2017. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304493>. [Último acceso: 21 10 2022].

### III. ANEXOS

#### ANEXO 1: ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA.



#### ANEXO 02: Costo de mano de obra por hora.

Área	Número de operarios	Horas de trabajo al mes por operario (H.op./mes)	Total, de horas trabajadas (H.op./mes)	Sueldo de operario/mes (S/)	Costo de MO/hora (S/)
Mezcla	1	234	234	1000	4,27
Tolva de recepción	1	234	234	950	4,06
Amasado	1	234	234	1000	4,27
Laminado y corte	1	234	234	950	4,06
Estiba de ladrillo en crudo	2	234	468	1900	8,12
Jefe de producción	1	234	234	3200	13,68
Transporte a pampa	1	234	234	1300	5,56
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>1638</b>	<b>1872</b>	<b>10300</b>	<b>44,02</b>

FUENTE: LADRILLOS LARK.

## ANEXO 03: Mermas en el área de secado.

Mes	Total, de paquetes	Unidad de ladrillos por paquetes	Total, de Mermas excedidos (3,75%)	Total, de ladrillos buenos	Valor monetario perdido por merma (S/)
Enero	190	475 000	28 500	446 500	10 830
Febrero	170	425 000	25 500	399 500	9 690
Marzo	226	565 000	33 900	531 100	12 882
Abril	230	575 000	34 500	540 500	13 110
Junio	130	325 000	19 500	305 500	7 410
Julio	368	920 000	55 200	864 800	20 976
Agosto	337	842 500	50 550	791 950	19 209
Septiembre	353	882 489	52 949	829 540	20 120
Octubre	242	604 434	36 266	568 168	13 781
Noviembre	234	586 036	35 162	550 873	13 361
Diciembre	187	468 430	28 106	440 324	10 680
<b>TOTAL</b>	<b>2 668</b>	<b>6 668 889</b>	<b>400 133</b>	<b>6 268 756</b>	<b>152 050</b>

FUENTE: LADRILLOS LARK

## ANEXO 04: Proyección de la demanda del ladrillo tipo pandereta para el periodo 2022.

Año	Mes	Unidades de ladrillos pandereta
2022	Enero	805 320
	Febrero	805 320
	Marzo	745 388
	Abril	699 226
	Mayo	617 553
	Junio	658 698
	Julio	807 250
	Agosto	811 637
	Setiembre	760 741
	Octubre	715 061
	Noviembre	656 506
	Diciembre	686 268

FUENTE: LADRILLOS LARK.

## ANEXO 06: FLUJO DE CAJA NETO.

ITEMS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b><u>INGRESOS</u></b>					
Reducción de mermas	S/188,056.54	S/188,056.54	S/188,056.54	S/188,056.54	S/188,056.54
Reducción de pedidos no atendidos	S/66,765.60	S/66,765.60	S/66,765.60	S/66,765.60	S/66,765.60
Reducción de costo de mantenimiento	S/5,405.30	S/5,405.30	S/5,405.30	S/5,405.30	S/5,405.30
Reducción de MO no utilizada por paradas de máquinas	S/5,572.56	S/5,572.56	S/5,572.56	S/5,572.56	S/5,572.56
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>S/265,800.00</b>	<b>S/265,800.00</b>	<b>S/265,800.00</b>	<b>S/265,800.00</b>	<b>S/265,800.00</b>
<b><u>EGRESOS</u></b>					
Compra de Balanza Industrial y Sensor de humedad	S/36,444.00				
Mantenimiento preventivo	S/18,158.70	S/18,158.70	S/18,158.70	S/18,158.70	S/18,158.70
Plan de capacitación	S/2,600.00		S/2,600.00		S/2,600.00
Imprevistos 10%	S/2,075.87	S/1,815.87	S/2,075.87	S/1,815.87	S/2,075.87
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>S/59,278.57</b>	<b>S/19,974.57</b>	<b>S/22,834.57</b>	<b>S/19,974.57</b>	<b>S/22,834.57</b>
<b>SALDO BRUTO (antes de impuestos)</b>	<b>S/206,521.43</b>	<b>S/245,825.43</b>	<b>S/242,965.43</b>	<b>S/245,825.43</b>	<b>S/242,965.43</b>
Impuestos a la renta (30%)	S/61,956.43	S/73,747.63	S/72,889.63	S/73,747.63	S/72,889.63
<b>SALDO (después de impuestos)</b>	<b>S/144,565.00</b>	<b>S/172,077.80</b>	<b>S/170,075.80</b>	<b>S/172,077.80</b>	<b>S/170,075.80</b>
Depreciación	S/5,177.56	S/5,177.56	S/5,177.56	S/5,177.56	S/5,177.56
<b>SALDO FINAL (déficit/superávit)</b>	<b>S/149,742.56</b>	<b>S/177,255.36</b>	<b>S/175,253.36</b>	<b>S/177,255.36</b>	<b>S/175,253.36</b>
<b>CORRIENTE DE LIQUIDEZ NETA</b>	<b>S/149,742.56</b>	<b>S/177,255.36</b>	<b>S/175,253.36</b>	<b>S/177,255.36</b>	<b>S/175,253.36</b>
<b>B/C</b>	<b>2,71</b>				

FUENTE: LADRILLOS LARK.

## ANEXO 05: Ficha técnica de sensor de humedad.

<b>Modelo</b>	<b>SEN-10167</b>
Marca	SPARKFUN
Rango de operación	HR: 0 - 100%
	Temperatura: -40°C a 80°C
Dimensión (L*H*A)	35 x 58 x 118 mm
Precisión	± 2 % (en el rango 10.....90% <u>H.r.</u> )
	± 3 % (resto de rango)
Uso	Cualquier superficie
Protección	IP 65
Aplicaciones	Aire, suelo y agua
Consumo de energía /hora	1,5 W
Peso	125 g
Precio	\$ 1 800 $\cong$ S/6 444
Forma de pago	Al contado
Lugar de entrega	Hasta la ubicación de la empresa
Garantías	1 años

**Imagen de referencia**