

# Improvement plan to reduce costs in a potato processing company

Montoya-Guzmán Joe<sup>1</sup>, Risco-Muñoz Silvia<sup>1</sup>, Miñano-Cabrera Renato<sup>1</sup>, Castillo-Hurtado Paola<sup>1</sup>, Alegría-Valverde Erick<sup>1</sup> y Geldres-Marchena Teodoro<sup>2</sup>, Master's Industrial Engineering.

<sup>1</sup> Students of Industrial Engineering of Universidad Privada del Norte, Peru, N00111756@upn.pe, N00133278@upn.pe, N00110356@upn.pe, N00062512@upn.pe, N00043354@upn.pe

<sup>2</sup> Engineer Professor of Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, teodoro.geldres@upn.pe

*Abstract– This work was prepared to provide a solution to the problems identified in the company Inversiones Max Papas E.I.R.L. These are identified through a comprehensive diagnosis, using Porter's 5 forces, the Pest tool, the value chain, and SWOT analysis. Different problems were identified in the production and logistics area of the company, such as the high number of non-conforming products, time due to unplanned stops, a high degree of accident rate and waste of raw materials. All these problems have been generating high costs for the company, affecting it economically. For this reason, 3 alternative solutions were proposed, which when evaluated with technical engineering criteria and realistic restrictions, the result was the application of alternative A, which is developed with the tools conformed by the production procedures manual, the quality control technical sheet, preventive maintenance schedule, occupational health and safety training, the Kardex (FIFO) and the material reception control sheet. The improvement plan was simulated using the Promodel software, which for non-conforming products reduced the cost by 80.07%; and the Montecarlo model, which was used for costs regarding unplanned stops of the peeling and cutting machine, obtaining a variation of -79.44% and -56.36% respectively; downtime due to accident, decreasing by 71.43%, and finally for losses per production batch, where a reduction of 80.49% was achieved. Thus, the economic profitability of the improvement plan was demonstrated by obtaining an NPV of S/19,951.47, an IRR of 30.49% and a B / C of 4.49.*

**Keywords-- Implementation; Production, Logistics, ProModel, Montecarlo**

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.335>

**ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

# Plan de mejoras para reducir los costos en una empresa procesadora de papas

Montoya-Guzmán Joe<sup>1</sup>, Risco-Muñoz Silvia<sup>1</sup>, Miñano-Cabrera Renato<sup>1</sup>, Castillo-Hurtado Paola<sup>1</sup>, Alegría-Valverde Erick<sup>1</sup> y Geldres-Marchena Teodoro<sup>2</sup>, Maestro en Ingeniería Industrial

<sup>1</sup>Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, N00111756@upn.pe, N00133278@upn.pe, N00110356@upn.pe, N0062512@upn.pe, N00043354@upn.pe

<sup>2</sup>Ingeniero Docente de la Universidad Privada del Norte, Perú, teodoro.geldres@upn.pe

**Resumen**– El presente trabajo fue elaborado con la finalidad de brindarle solución a los problemas identificados en la empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L. Estos se identificaron mediante un diagnóstico integral, utilizando las 5 fuerzas de Porter, la herramienta Pest, la cadena de valor y el análisis FODA. Se identificaron diferentes problemas en el área de producción y logística de la empresa, como el número elevado de productos no conformes, tiempo por paradas no planificadas, alto grado de accidentabilidad y mermas de materia prima. Todos estos problemas vienen generando a la empresa altos costos, afectándola económicamente. Por ello se planteó 3 alternativas de solución, que al ser evaluadas con criterios técnicos de ingeniería y restricciones realistas, se tuvo como resultado la aplicación de la alternativa A, la cual se desarrolla con las herramientas conformadas por el manual de procedimientos productivos, la ficha técnica de control de calidad, el cronograma de mantenimiento preventivo, la capacitación en materia de seguridad y salud en el trabajo, el Kardex (PEPS) y la ficha de control de recepción de materiales. El plan de mejoras fue simulado usando el software Promodel, el cual para productos no conformes redujo el costo en un 80.07%; y el modelo Montecarlo, que se usó para los costos en lo que respecta a paradas no planificadas de la máquina peladora y cortadora, obteniendo una variación de -79.44% y -56.36% respectivamente; tiempo inactivo por accidente, disminuyendo un 71.43%, y finalmente para las mermas por lote de producción, donde se alcanzó una reducción del 80.49%. Es así como se demostró la rentabilidad económica del plan de mejoras al obtenerse un VANE de S/ 19,951.47, un TIRE del 30.49% y un B/C de 4.49.

**Palabras Clave**-- Implementación; Producción, Logística, ProModel, Montecarlo

## I. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), menciona que, a nivel mundial, la producción de papa alcanzó casi los 388 millones de toneladas en el 2018; siendo los productores principales China, India, Rusia, Ucrania, Estados Unidos y Alemania [1]. En el Perú, la papa ocupa un lugar importante en la economía agrícola, siendo en el 2019 el segundo cultivo de mayor importancia a nivel nacional con una participación del 10.7% en el valor bruto de producción del subsector agrícola [2]. Es por esto que el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), a través del Programa del Desarrollo Productivo Agrario Rural, ha buscado promocionar e impulsar el consumo de papa entre los restaurantes y pollerías, bajo una alianza con una cadena de supermercados y la promoción “Adopta tu tonelada de papa” [3]. De igual modo, el negocio de

procesamiento de papa en tiras para pollerías ha crecido a la par con el crecimiento vertiginoso que ha tenido en el Perú el subsector de restaurantes de pollos a la brasa, que ha pasado de 7,500 pollerías en el año 2014 a 12,500 pollerías en el 2017 con un crecimiento del 40%, el cual ha generado que en la actualidad el volumen del procesamiento de papa para pollerías alcance las 226,800 toneladas, ocupando a unas 3,000 personas con un volumen económico de negocio que supera los US\$ 65,300,000 [4]. En el Perú, varias empresas se dedican al procesamiento de papa, las cuales van en aumento a nivel nacional, al existir una alta demanda por la cantidad de pollerías, restaurantes y supermercados. Esto ha provocado que con el paso del tiempo implementen nuevas herramientas y técnicas de ingeniería que les permitan obtener mejores resultados a un menor tiempo, costo y con un producto de alta calidad para los clientes.

La presente investigación se realizó en la empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L., dedicada a brindar el servicio de papa procesada en la ciudad de Trujillo. En un diagnóstico inicial se identificó que los problemas de la empresa son: el número elevado de productos no conformes por parte del área de producción, las paradas no planificadas lo que conlleva retrasos en la producción; además, presenta un alto grado de accidentabilidad, los cuales resultan en gastos por días de inactividad laboral y también, se ha identificado que en el área de logística, en el almacén, existe merma de materia prima, ya que, al no contarse con especificaciones técnicas de materia prima para los proveedores y al no tener una adecuada gestión de recepción y almacenamiento, la materia prima se maltrata y caduca, al ser un producto perecible. Todos estos problemas terminan afectando a la empresa generando una pérdida económica de S/ 44,752.31.

La empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L. viene incurriendo en sobrecostos, por lo que se propone el uso de distintas herramientas para mejorar su situación actual. Sobre el manual de procedimientos productivos, se sabe que se utilizan dentro de cualquier organización con el objetivo de fijar políticas, definir funciones, determinar y delimitar responsabilidades, permitir ahorro de tiempo, evitar desperdicios y reducir los costos [5]. Asimismo, la ficha de control de calidad permite a la organización asegurarse de que el producto que no sea conforme con los requisitos establecidos se identifique para prevenir su venta [6].

Para las paradas no planificadas se desarrolla un Cronograma de Mantenimiento Preventivo que es una lista de actividades planeadas que permiten mantener en mejor estado las máquinas más críticas en el proceso productivo [7]. En la Referencia [8], se evidenció que la empresa en estudio después de la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo, donde se facilitó la organización de tareas y rutinas de mantenimiento mediante la creación de registros y cronogramas, se logró reducir en su totalidad las paradas de máquina, lo que representó un ahorro de S/ 65,296.00.

En materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, el desarrollo de un plan o cronograma de seguridad y salud en el trabajo permite dar cumplimiento a la Ley N° 29783 y minimizar los riesgos identificados en cada proceso productivo; asimismo ayuda a crear una cultura preventiva en la empresa, a través de procedimientos, formatos y capacitaciones [9]. Por otro lado, con respecto al Kardex, este es utilizado para llevar un buen control de las existencias en el almacén, que se puede realizar por medio del método FIFO, que se basa en que los materiales que ingresan primero salen primero del almacén, pues poseen una fecha de caducidad de la cual se deben registrar [10].

De esta manera, el objetivo principal de la investigación es determinar en qué medida la simulación de implementación del plan de mejoras reducirá los costos en la empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L. en Trujillo, a través del diagnóstico integral de las áreas involucradas, para desarrollar las herramientas mencionadas en el plan de mejoras y así simular su implementación con el software ProModel y el método Montecarlo con ayuda de Microsoft Excel; y finalmente, evaluar económicamente el plan de mejoras.

## II. METODOLOGÍA

El diseño para la presente investigación se dio bajo el tipo de investigación preexperimental pretest – posttest, porque los datos se obtuvieron por observación de fenómenos con una referencia inicial, luego se condicionaron, en donde se manipuló la variable independiente para obtener una respuesta de la variable dependiente con una referencia final, es decir hubo un seguimiento de los fenómenos identificados [11]. La variable independiente fue dada por el plan de mejoras y la variable dependiente por los costos.

### A. Diagnóstico Integral

El desarrollo del presente estudio fue la empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L., de la cual se recolectó datos a través de un análisis documental y entrevistas realizada al gerente general, jefe de producción y al encargado de almacén.

En base a la información recolectada se realizó un diagnóstico integral, donde también se incluyó el análisis externo de la empresa y sus aspectos positivos (fortalezas y oportunidades), mediante las 5 fuerzas de Porter, la herramienta Pest, la cadena de valor y el análisis FODA. Este diagnóstico permitió identificar y describir los diferentes problemas en el área de producción y logística de la empresa, como el número elevado de productos no conformes, tiempo por paradas no planificadas, alto grado de accidentabilidad y mermas de materia prima, que generaron pérdidas económicas de

S/2,804.52; S/14,766.96; S/12,568.50 y S/13,218.44 respectivamente, en el periodo enero - agosto de 2021.

### B. Selección de la alternativa de solución

En la Tabla I, se plantearon herramientas de solución agrupadas en 3 alternativas excluyentes, que si bien podrían implementarse en conjunto siguen representando 3 caminos de acción distinto, con el fin de mitigar el impacto económico de los problemas identificados.

TABLA I  
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Problemas	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Número elevado de productos no conformes	Manual de procedimientos productivos y ficha técnica de control de calidad	Capacitación en gestión de inocuidad alimentaria	Poka-Yoke
Tiempo por paradas no planificadas	Cronograma de mantenimiento preventivo	TPM	AMEF
Alto grado de accidentabilidad	Capacitación en materia de seguridad y salud en el trabajo	Capacitación en materia de seguridad y salud en el trabajo	Plan de seguridad y salud en el trabajo
Mermas de materia prima	Kardex (PEPS) y ficha de control de recepción de materiales	Metodología 5S	Homologación de proveedores

En la Tabla II, se muestra cómo se seleccionó la mejor alternativa de solución en base a criterios técnicos de ingeniería como el impacto de la solución, complicación de implementación, aplicación de las herramientas de la carrera y la sostenibilidad de la alternativa, calificándolas con una ponderación de 1 si es mala, 2, regular y 3, buena. Al obtener 2 alternativas con puntaje acumulado de 10 en base a los criterios técnicos, se procedió a evaluar la viabilidad de la selección, considerando 5 restricciones realistas (economía, tiempo, política de la empresa, cambios en la infraestructura y recursos), en base a estimaciones iniciales.

Para la restricción económica se tuvo como presupuesto límite un monto de S/ 4,500.00, pudiendo ser ampliado hasta en S/ 1 000,00 en base a la complejidad y el beneficio que le pueda brindar a la empresa. Con respecto a la restricción de tiempo, la gerencia general determinó que el tiempo máximo de ejecución sería de 120 días, sin posibilidad de ampliación. Asimismo, para la restricción por política se consideró que la empresa no deseaba cambiar de proveedores debido a las alianzas estratégicas vigentes desde el 2006. Además, para la restricción de cambios en la infraestructura, la empresa restringió las propuestas que involucraban remodelación de local, debido a las cláusulas de su contrato de arrendamiento. Por último, para la restricción de recursos, el Gerente General no estaba dispuesto a asignar más de dos colaboradores de la empresa en caso se requiera de personal adicional para el cumplimiento de los plazos estipulados de las alternativas de solución planteadas, con el fin de evitar sobrecarga de trabajo en sus colaboradores, por ende, un bajo nivel de productividad y una menor calidad del producto.

TABLA II  
MATRIZ DE EVALUACIÓN

	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Impacto de la solución	2	2	3
Complicación de implementación	3	2	1
Aplicación de las herramientas de la carrera	3	2	3
Sostenibilidad de la alternativa	2	2	3
Restricciones económicas	Viable	No Viable	No viable
Restricción de tiempo	Viable	No viable	No viable
Restricción por política de la empresa	Viable	Viable	No viable
Restricción por cambios en la infraestructura	Viable	Viable	Viable
Restricción de recursos	Viable	No viable	No viable

### C. Diseño de la alternativa de solución

La alternativa de solución seleccionada incluyó para el área de producción, un manual de procedimientos productivos, ficha técnica de control de calidad, cronograma de mantenimiento preventivo y la capacitación en materia de seguridad y salud en el trabajo. Para el área logística, se consideró las herramientas: kardex (PEPS) y ficha de control de recepción de materiales

Todo el procedimiento descrito fue plasmado en un flujograma de diseño general y se estableció un cronograma de implementación de la alternativa de solución en un Diagrama de Gantt elaborado con el software Ms Project.

### D. Identificación y selección de estándares de ingeniería

Se revisaron estándares tanto a nivel nacional como internacional, en función a las herramientas incluidas en el plan de mejoras. Luego, se elaboró una base de datos con quince estándares entre directivas, leyes, normas y reglamentos, en donde se especificó el país de procedencia, el tipo de fuente (secundaria y/o de origen), la referencia de la fuente y la descripción de cada uno.

Para la selección de los estándares, se estableció un criterio de priorización, donde aquellos con un puntaje 3 se consideraron como los estándares más importantes para el estudio; puntaje 2 como importantes y puntaje 1 como poco importantes. La asignación de cada puntaje tuvo una justificación en específico; el 3 fue asignado a aquellos que detallaban el procedimiento y los requisitos mínimos obligatorios de carácter nacional o internacional para la elaboración e implementación de las herramientas de ingeniería; el 2, para aquellos que funcionaban de manera complementaria a otros estándares internacionales; y el 1, para aquellos que no tenían el mayor efecto sobre la alternativa de solución, es decir, brindaban información muy general. De esta manera, se seleccionaron ocho estándares, de los cuales tres fueron nacionales y cinco, internacionales.

Posteriormente, se realizó una comparación de la alternativa con los estándares de ingeniería seleccionados y se especificó los cambios a nivel estructural o detalle en el diseño y desarrollo de la alternativa al incorporarse estos estándares.

### E. Formulación y cálculo de indicadores

La formulación, descripción y cálculo de los indicadores de logro propuestos para el proyecto, se realizó tomando en cuenta los cuatro problemas identificados: número elevado de productos no conformes, tiempo de paradas no planificadas, alto grado de accidentabilidad y mermas de materia prima, respecto al último mes del periodo Enero – Agosto.

El primer indicador fue el porcentaje de productos no conformes, en la cual se consideró los productos no conformes en kilogramos, entre el total de producción con la misma unidad de medida, como se muestra en (1).

$$\frac{\text{productos no conformes}}{\text{total de producción}} \times 100 \quad (1)$$

En el último mes de agosto se obtuvo que la cantidad de productos no conformes fue de 577 kg entre una producción total de 59.35 t o 59,354 kg, dando como resultado que el 0.97% de la producción no cumpliera con los requisitos de conformidad definidos en un producto terminado. Asimismo, se identificó que entre el 60% destinado a ser reprocesado y un 40%, a ser un elemento desechado, con un costo unitario de S/ 0.27 y S/ 1.10 por kg respectivamente, se produjo un costo total de S/ 345.62.

El segundo indicador fue el porcentaje de tiempo inactivo por paradas no planificadas en horas en la máquina “Peladora Industrial”, originadas por mantenimientos correctivos, entre el total de tiempo disponible, como se muestra en (2).

$$\frac{\text{tiempo por paradas no planificadas Peladora}}{\text{total de tiempo disponible (H-M)}} \times 100 \quad (2)$$

La máquina “Peladora Industrial” tuvo un total de 1.80 h perdidas en el último mes, entre un tiempo disponible de 372 h, al haberse establecido un trabajo de 12 h diarias los 31 días del mes. Además, se determinó que a pesar de que tan solo el 0.48% del tiempo disponible no fue empleado en la producción, se dejó de percibir un ingreso de S/ 655.50, ya que la producción por hora en promedio del mes fue de aproximadamente 0.16 t o 159 kg con un precio venta de S/ 2.30 por kg de papa procesada.

El tercer indicador también fue un porcentaje de tiempo inactivo por paradas no planificadas en horas, pero para el tipo de máquina “Cortadora Industrial”, como se muestra en (3).

$$\frac{\text{tiempo por paradas no planificadas Cortadora}}{\text{total de tiempo disponible (H-M)}} \times 100 \quad (3)$$

Las 3 máquinas “Cortadora Industrial” tuvieron un total de 3.67 h perdidas, entre un tiempo disponible en conjunto de 1,116 h. Asimismo, se determinó que a pesar de que tan solo el 0.33% del tiempo disponible no fue empleado en la producción, se perdió ventas valorizadas en S/ 1,335.28.

El cuarto indicador se elaboró en relación con el porcentaje de tiempo inactivo por accidentes leves, evidenciado como el único tipo de accidente en la empresa, entre el total de tiempo disponible de los trabajadores, como se muestra en (4).

$$\frac{\text{tiempo inactivo por accidente leve}}{\text{total de tiempo disponible (H-H)}} \times 100 \quad (4)$$

La cantidad de tiempo inactivo por la presencia de 7 accidentes leves con un promedio de 2 días de descanso médico fue de 14 días, entre los 465 días disponibles producto de la jornada laboral de los 15 trabajadores en los 31 días de agosto. El resultado que se obtuvo fue que el 3.01% del tiempo total disponible, los operadores accidentados siguieron percibiendo una remuneración monetaria de hasta S/ 2,793 sin haber laborado, al tomarse en cuenta que la producción promedio diaria fue de 57 jabas (33,33 kg/jaba) con un costo de mano de obra de S/ 3.50 por jaba.

El último indicador fue el porcentaje de merma por lote de producción, en la cual se consideró la merma de materia prima en kilogramos entre el total de materia prima que ingresó al almacén cada mes, como se muestra en (5).

$$\frac{\text{merma de materia prima}}{\text{total de materia prima}} \times 100 \quad (5)$$

La cantidad de merma de materia prima fue de 2,655 kg entre el total de materia prima de 56,000 kg, contenidos en los 7 lotes de 8 t cada uno, que arribaron en el mes de agosto. Es así como se identificó que la papa desechada y reemplazada, tuvo un costo unitario de S/ 0.60, lo que produjo un costo adicional de S/ 1,593.00.

#### F. Elección de modelos de simulación

Para evidenciar las mejoras y calcular los indicadores de logro post implementación de la alternativa de solución propuesta, se consideró una serie de softwares y métodos de simulación conformados por ProModel, Montecarlo, FlexSim, Stella, Crystall Ball y Plant Simulation Runtime. Una vez encontrados los posibles modelos de simulación, se procedió con la selección de los más adecuados para el diseño de la simulación, donde se terminó por elegir al software ProModel por ser capaz de simular cualquier tipo de proceso de manufactura, además de procesos logísticos y procesos de manejos de materiales, en los cuales nos enseña como optimizar los procesos en diferentes escenarios, y así obtener el mejor con el consumo mínimo de recursos; y al método Montecarlo por su capacidad para generar números pseudoaleatorios y automatizar cálculos en base a probabilidades y aproximaciones futuras.

Antes de la ejecución de la simulación, se diseñaron los modelos de simulación en ProModel y Montecarlo. En la Fig. 1 y Fig. 2 se puede observar el proceso de elaboración y funcionamiento de cada uno respectivamente.

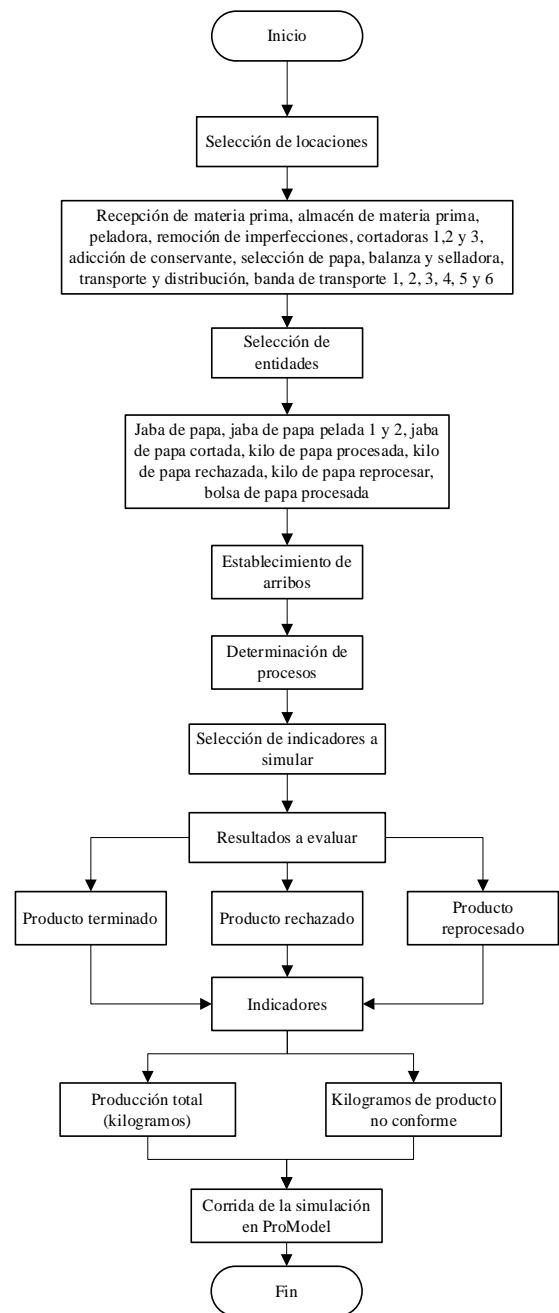


Fig. 1 Flujograma de simulación en ProModel.

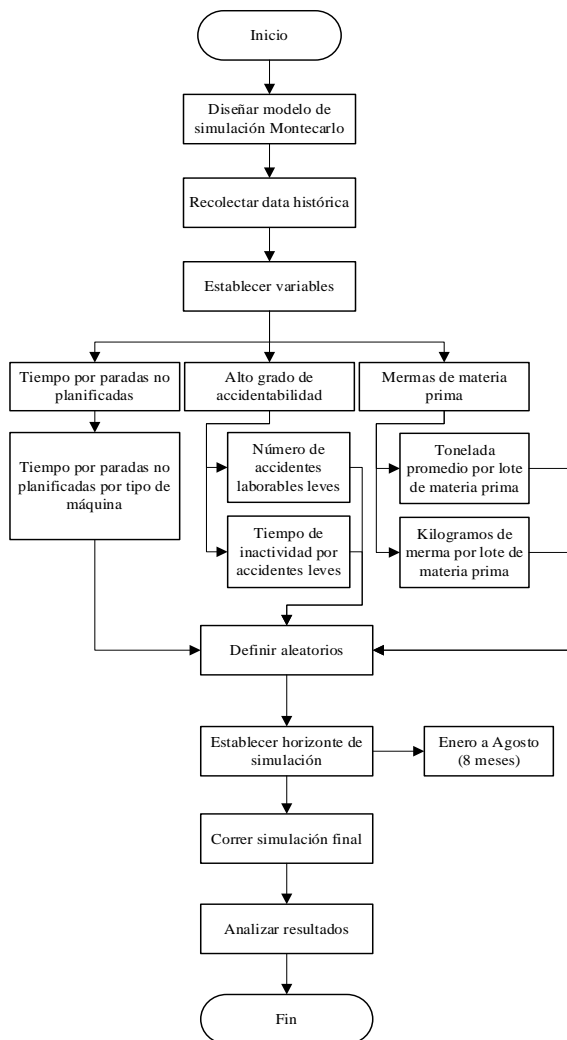


Fig. 2 Flujograma de simulación en Montecarlo.

### G. Ejecución de la simulación

En la simulación del problema número elevado de productos no conformes se utilizó el software ProModel. Como primer paso se identificaron las estaciones y áreas de trabajo dentro del proceso productivo. Para ello se solicitó a la empresa información sobre sus procesos con el fin de contar con un modelo exacto de toda su cadena de producción. A partir de ello, se registraron en el simulador las siguientes locaciones: recepción de materia prima, almacén de materia prima, máquina peladora, máquinas cortadoras, área de remoción de imperfecciones, área de adición de conservante, control de calidad, área de pesado y embolsado, bandas transportadoras y área de distribución. Como siguiente paso se registraron las entidades, las cuales representaron el resultado obtenido en cada proceso. Este apartado del simulador fue de gran importancia debido a que permitió observar la transformación de la materia prima (jaba de papa) en el producto final (bolsa de papa). Posteriormente, se estableció el arribo de materia prima, la cual se configuró basándose en la producción mensual de la empresa, donde pudo observar el número de ocurrencias y la frecuencia establecida para la recepción de una jaba de papa (33.33 kg aproximadamente). En el apartado de procesos del

simulador se describió las operaciones que se llevaron a cabo en una locación, tales como la cantidad de tiempo que la entidad pasó en una locación, o cualquier evento que pudo suscitarse, como el rechazo o reproceso de alguna entidad. Asimismo, el destino de cada entidad durante todo el proceso se apoyó en comandos que ayudaron a dar con el procesamiento de la simulación y la obtención de resultados. En la Fig. 3 se observa que este punto estuvo dividido por entidad, locación y operación, dando seguimiento en sus salidas como una nueva entrada a la siguiente parte del proceso.

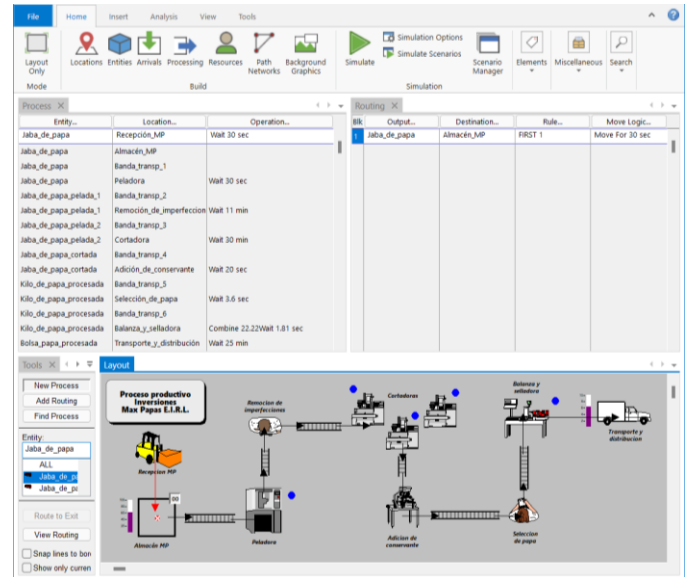


Fig. 3 Simulación en ProModel.

Esta parte del proceso conllevó a demostrar los resultados favorables al simular la producción mensual de la empresa Inversiones Max E.I.R.L. Considerando que se cuenta con una jornada de trabajo de 12 horas diarias todos los días de la semana y una producción diaria de 1.9 t en promedio, se procedió a correr una simulación de un escenario después de la propuesta de mejora, en donde el número de productos no conformes se redujeron a 115 kg, provocando que el porcentaje de productos no conformes también disminuyera a 0.19%. Dando a entender, que en la simulación realizada con manual de procedimientos productivos y fichas técnicas de control de calidad, se logró una disminución mensual de 462 kg de producto no conforme, equivalente a un ahorro de S/ 276.74 y una reducción del 80.07% en costos.

En la simulación del problema tiempo por paradas no planificadas se utilizó el método de Montecarlo. Para ello, se contó con una data histórica diaria sobre las paradas de las máquinas (peladora 1, cortadora 1, cortadora 2 y la cortadora 3) desde enero a agosto del año 2021 y los tiempos de inactividad por parada (min), en la cual hubo variaciones entre 10 y 67 min por parada de máquina. En un inicio, se halló la probabilidad de parada por tipo de máquina, ya sea la peladora, cortadora 1, cortadora 2, cortadora 3 o que no haya parada alguna. Asimismo, se halló la media y la desviación estándar del tiempo de inactividad por parada de máquina. Seguidamente, se tomó en cuenta el cronograma de mantenimiento preventivo

propuesto y se estimó las paradas de máquina para el mantenimiento, es decir se consideraron los tiempos establecidos en el cronograma de mantenimiento como paradas planificadas, donde cada actividad designada se realizó en conjunto según el tipo de máquina. Entonces, para la simulación de la mejora, se halló una nueva probabilidad según tipo de máquina parada, ya sea la peladora, cortadora o no parada. Luego, se halló la probabilidad de tipo de actividad de mantenimiento preventivo para la cortadora y la peladora; además, se obtuvo el tiempo promedio de cada actividad realizada. Después, se generó 243 posibles escenarios, por los días transcurridos entre enero y agosto, considerando los datos anteriores, para verificar que la mejora implementada reducía o no el tiempo de parada de máquina. Para finalizar, se realizó la comparación entre los costos actuales y los costos nuevos producto del plan de mejora, donde la máquina “Peladora Industrial” redujo su tiempo perdido a 0.37 h y las 3 máquinas “Cortadora Industrial” a 1.60 h, lo que resultó en un porcentaje de tiempo inactivo por paradas del 0.10% y 0.14% respectivamente. Es decir, en la simulación realizada para la implementación de un cronograma de mantenimiento preventivo, se alcanzó una reducción mensual de 1.43 h por paradas en la máquina peladora y una reducción de 2.07 h en el caso de las máquinas cortadoras; lo que en valores monetarios fue un ahorro de S/ 520.76 o una variación del -79.44% y S/ 752.61 como una reducción del 56.36%.

En la simulación de este problema también se utilizó el método de Montecarlo. Para ello, se contó con una data histórica sobre los tipos de accidentes laborales (leve) desde enero a agosto y los tiempos de inactividad de cada accidente, en la cual hubo variaciones entre 1 y 2 días perdidos. Al comienzo, se halló la media y la desviación estándar mensual de los accidentes leves, la primera indicando la tendencia central y la segunda, indicando la variación o dispersión de estas. Asimismo, se halló la probabilidad de que en cada accidente la inactividad sea de 1 o 2 días. Luego, se tomó en consideración un cuadro sobre los cuatro tipos de accidentes leves que deberían evitarse para permitir la mejora del problema: contusiones menores, esguinces, excoriaciones y heridas superficiales, con la posibilidad de ocurrencia de 1 en 4 cada mes. Entonces, para la simulación de la mejora, se halló nuevamente la media y la desviación, pero con cada posible accidente leve no controlado con la implementación de una capacitación en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo; y se generó 120 posibles escenarios, como una proyección de 10 años de enero a diciembre. Como producto del plan de mejora, la cantidad accidentes leves en agosto se redujo a 2, con un promedio de 2 días de descanso médico, en otros términos, como un 0.86% de tiempo inactivo por accidentes leves. De este modo, en la simulación realizada para la implementación de un programa de capacitación en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, se alcanzó una reducción mensual de 5 casos de accidentes leves, lo que se traduce a una reducción de S/ 1,995.00; es decir, que se logró una reducción del 71.43%.

En la simulación del problema mermas de materia prima, también se utilizó el método de Montecarlo. Para ello, se contó con una data histórica sobre la cantidad de toneladas de papa

por lote, desde enero a agosto y los kilogramos de merma evidenciados en estos lotes. Al principio, se halló la probabilidad de que un lote tenga un peso entre 6 y 8 toneladas junto a la merma promedio por cada lote en kilogramos. Luego, se tomó en consideración un cuadro sobre los tres tipos de eventos que deberían evitarse para permitir la mejora del problema: mal proceso de inspección, mala manipulación y descuidos del proveedor. Entonces, para la simulación de la mejora, se halló la media y la desviación de las posibles fallas no controladas con la implementación del Kardex (PEPS) y la ficha de control de recepción de materiales. Seguidamente, se generó 59 posibles escenarios, como referencias de los 59 lotes registrados de enero a agosto, pero esta vez considerando los nuevos datos, a modo de verificar que la mejora implementada si reducía los kg merma de materia prima. En la comparación entre los costos actuales y los costos nuevos producto del plan de mejora, se evidenció que al igual que en agosto, los lotes por ingresar serían 7, pero con una carga promedio de 7.43 t, y una merma inferior a los 518 kg, lo que en porcentaje de merma por lote de producción fue de solo el 1.00%. Es decir, que en la simulación realizada para el uso de un kardex (PEPS) y ficha de control de recepción de materiales, se logró una disminución mensual de 2,137 kg de merma de materia prima, lo que representó un beneficio S/ 1,282.20 o una reducción del 80.49%

Los datos mencionados anteriormente se pueden encontrar en la Tabla III.

TABLA III  
INDICADORES PRE Y POST PLAN DE MEJORAS

Indicador	Valor actual		Valor Mejorado		Variación	
	%	Monetario	%	Monetario	Δ%	Monetaria
% productos no conformes	0.97%	S/ 345.62	0.19%	S/ 68.89	-80.07%	S/ 276.74
% tiempo inactivo por paradas no planificadas Peladora	0.48%	S/ 655.50	0.10%	S/ 134.74	-79.44%	S/ 520.76
% tiempo inactivo por paradas no planificadas Cortadora	0.33%	S/ 1,335.28	0.14%	S/ 582.67	-56.36%	S/ 752.61
% tiempo inactivo por accidente leve	3.01%	S/ 2,793.00	0.86%	S/ 798.00	-71.43%	S/ 1,995.00
% merma por lote de producción	4.74%	S/ 1,593.00	1.00%	S/ 310.80	-80.49%	S/ 1,282.20
Total		S/ 6,722.40		S/ 1,895.09	-71.81%	S/ 4,827.31

Se evaluaron los indicadores del mes de agosto.

#### H. Evaluación económica

Los costos asociados a la implementación del plan de mejoras en la empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L., incluyen la compra de herramientas e inmuebles: laptop, Tablet, insumos de mantenimiento, equipos de protección personal y nube 200 GB anual, por un total de S/ 3,082.00. Asimismo, se abordan otras inversiones como la legalización de firmas ante el notario por un monto de S/ 20.00. Entre los egresos también destacan las capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo por S/ 400.00, y las capacitaciones relacionadas al Kardex y la ficha de control de recepción de materiales por S/ 120.00. Por

último, se ha programado un mantenimiento anual el primer mes de cada año, por un valor total de S/ 2,500.00.

A continuación, en la Tabla IV se presenta el flujo de caja económico por trimestre. En este escenario se asumió como ingresos a los beneficios generados por el plan de mejoras, obtenidos al promediar la diferencia de los costos antes y después de la implementación para cada mes en el periodo enero – agosto, y como los egresos a todos los pagos que se incurrirán en las operaciones a lo largo de 1 año, desde septiembre hasta agosto del siguiente año. Como resultado, los saldos obtenidos fueron positivos, indicando que los ingresos superan a los egresos, a partir del segundo trimestre.

TABLA IV  
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO

Egresos	0	1	2	3	4
Compra de herramientas	S/ 3,082.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Otras inversiones	S/ 20.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Mantenimiento		S/ 0.00	S/ 2,500.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Capacitación		S/ 400.00	S/ 120.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Costos operativos adicionales		S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Total egresos	S/ 3,102.00	S/ 400.00	S/ 2,620.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Beneficios	0	1	2	3	4
Herramienta 1		S/ 0.00	S/ 830.21	S/ 830.21	S/ 830.21
Herramienta 2		S/ 0.00	S/ 3,104.07	S/ 3,104.07	S/ 3,104.07
Herramienta 3		S/ 0.00	S/ 2,169.56	S/ 2,169.56	S/ 2,169.56
Herramienta 4		S/ 0.00	S/ 2,519.55	S/ 3,779.33	S/ 3,779.33
Total beneficios		S/ 0.00	S/ 8,623.39	S/ 9,883.17	S/ 9,883.17
Flujo trimestral de caja	-S/ 3,102.00	-S/ 400.00	S/ 6,003.39	S/ 9,883.17	S/ 9,883.17

En la evaluación económica se consideró al Valor Actual Neto Económico (VANE), las Tasas Internas de Retorno Económico (TIRE) y la razón beneficio costo (B/C), junto a un Costo de Oportunidad de Capital (COK) mensual del 1.12%.

Para hallar el COK se utilizó el método MYPE, como se puede observar en (6). Este método trató de crear un modelo de fijación de precios (tasas de intereses) que tomen en cuenta el verdadero riesgo que se asumen cuando los proyectos lo realizan los emprendedores del segmento MYPE.

$$COK = (1 + TEA \text{ préstamo}) \times (1 + \% \text{ utilidad deseada}) \times (1 + \% \text{ inflación proyectada}) - 1 \quad (6)$$

En los cálculos se eligió la menor tasa activa anual de los préstamos a cuota fija a más de 360 días (5 años) para pequeñas empresas, en moneda nacional, realizadas en los últimos 30 días útiles al 11/11/2021 donde la más favorable fue la TEA de 5.18% otorgada por el Banco GNB Perú [12]. Asimismo, para la tasa de utilidad deseada se eligió el 5% por los inversionistas y para la tasa de inflación, un rango objetivo esperado del 3.55% [13].

De este modo, el plan de mejoras resultó ser viable económicamente al generar un VANE de S/ 19,951.47; un TIRE del 30.49% y un B/C del 4.49.

### III. DISCUSIÓN

En el presente estudio se identificó como primer problema, al elevado número de productos no conformes, los cuales

ocurrieron más por la mala dirección en los proceso de calidad que por los accidentes de los trabajadores. Al calcular los productos no conformes, en un inicio se obtuvo un costo en agosto de S/ 345.62, el cual al ser sometido a una simulación de implementación de un manual de procedimientos productivos y una ficha técnica de control de calidad, se redujo a S/ 68.89; es decir una variación del -80.07%. Estos datos se asemejan a los resultados obtenidos en la referencia [6], donde se logró que el número de afiches no conformes por registro y tonalidad de colores, se redujeran de 458 a 299 y de 268 a 206 respectivamente, reflejando un ahorro anual de S/ 10,433.00, mediante la implementación de instrumentos de medición, que calibren correctamente los equipos, y guías de procedimiento que brinden al personal el conocimiento adecuado a seguir.

En relación con el segundo problema, se determinó que la presencia de constantes averías y fallas en las máquinas con largos periodos de mantenimiento correctivo afectaba la línea de producción, generando pérdidas en ventas en el mes de agosto de hasta S/ 655.50 a causa de la peladora y S/ 1,335.28 por las cortadoras. Por ello, se propuso la implementación de un cronograma de mantenimiento preventivo a nivel de equipo a fin de cumplir con su vida útil y funcionalidad en condiciones adecuadas, obteniendo mediante la simulación, una reducción de este costo en un 79.44% y 56.36% respectivamente. En la referencia [8] se encontraron coincidencias con estos resultados, debido a que se demostró que, con la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo, que incluía la programación de actividades preventivas, predictivas y defectivas, se redujo a un 0% las paradas en las máquinas por falta de un mantenimiento, las cuales representaban hasta un 15.28% de tasa de horas de parada de planta y un costo anual a la empresa de S/ 65,296.

Respecto al tercer problema, se identificó que la empresa al contar con un alto grado de accidentabilidad, donde tan solo en el último mes se registraron 7 accidentes con un promedio de 2 días inactivos, los costos se elevaban en S/ 2,793.00. No obstante, al simular la implementación de una capacitación en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, tomando énfasis en estándares internacionales como la ISO 45001 y la Ley N° 29783, se logró ahorros de hasta un 71.43%. En la referencia [9] se encontraron similitudes con estos resultados, dado que los autores determinaron que implementar un plan de seguridad y salud en el trabajo, reduce el porcentaje de riesgos de accidentes significativos identificados desde un 70.37% hasta un 22.22%, lo que representó ahorros por multas de la SUNAFIL en más de S/ 115,425.00 anual.

Finalmente, para el cuarto problema identificado, en relación con las mermas de materia prima de alto costo, se determinó que las pérdidas iniciales del último mes (agosto) superaban los S/ 1,593.00; sin embargo, al simular la implementación del Kardex (PEPS) y la Ficha de Control de Recepción de Materiales en el mismo horizonte de tiempo, se logró una reducción en los costos de un 80.49%. Estos datos se asemejan a los resultados obtenidos en la referencia [10] donde los autores determinaron que por medio de la implementación de herramientas 5'S, sistema Kardex y un modelo EOQ se logró



disminuir las compras inexactas de 17.5% a 5.98%, las diferencias de inventarios de 23.11% a 1.84% y la presencia de tiempos muertos de 1.72% a 0.73%; es decir, una variación de los costos de compras inexactas de S/ 14,586.00 a S/ 6,823.50, diferencia de inventarios de S/ 2,000.80 a S/ 996.06 y presencia de tiempos muertos de S/ 1,041.92 a S/ 441.00.

#### IV. CONCLUSIONES

Se determinó que el plan de mejoras reduce los costos en la empresa inversiones Max Papas E.I.R.L. en un 71.81% generando consigo un beneficio económico mensual de S/ 4,827.31.

Se realizó un diagnóstico integral del estado actual de las áreas de producción y logística en la empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L. identificando como sus problemas principales al número elevado de productos no conformes, tiempo por paradas no planificadas, alto grado de accidentabilidad y mermas de materia prima.

Se diseñó y desarrolló el plan de mejoras en la empresa Inversiones Max papas E.I.R.L. considerando las siguientes herramientas de ingeniería: manual de procedimientos productivos, ficha técnica de control de calidad, cronograma de mantenimiento preventivo, capacitación en materia de seguridad y salud en el trabajo, Kardex (PEPS) y ficha de control de recepción de materiales.

Se simuló la implementación del plan de mejoras con el Software ProModel, obteniendo una disminución de 462 kg de producto no conforme; y con el método Montecarlo se alcanzó una reducción mensual de 1.43 h por paradas no planificadas en la máquina peladora, mientras que en la máquina cortadora se alcanzó una reducción de 2.07 h; asimismo, se logró disminuir en 5 los casos de accidentes leves mensuales, y para la merma de materia prima se logró una disminución mensual de 2,137 kg.

Se calculó que los costos asociados al el evado número de productos no conformes se redujeron en S/ 276.74; es decir se logró una variación del -80.07%; además, los costos de paradas no planificadas de la máquina peladora y de las máquinas cortadoras, disminuyeron en S/ 520.76 lo que representa una variación del -79.44%, y S/ 752.61 lo que representa una reducción del 56.36%, respectivamente. Asimismo, los costos del alto grado de accidentabilidad se redujeron en S/ 1,995.00; es decir, -71.43%; y por último, la merma de materia prima presentó un beneficio S/ 1,282.20, alcanzando una reducción del 80.49% en sus costos.

Se evaluó económicamente el plan mejoras en la empresa Inversiones Max Papas E.I.R.L. determinando que su implementación es viable, al obtenerse un VANE de S/ 19,951.47, un TIRE del 30.49% y un B/C de 4.49.

#### REFERENCIAS

- [1] T. Basantes, J. Aragón, L. Albuja, y L. Vásquez, "Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador". *e-Agronegocios*, vol. 6, no. 2, pp. 103-120. Julio 2020
- [2] Análisis de Mercado - Papa 2020, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/1368947-analisis-de-mercado-papa-2020>
- [3] Minagri promueve campaña para generar consumo de papa peruana en

pollerías y restaurantes, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/165763-minagri-promueve-campana-para-generar-consumo-de-papa-peruana-en-pollerias-y-restaurantes>

- [4] W. Perez., "Diseño de una planta procesadora de papa para Dalibry SAC que permita cumplir con las exigencias del reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas.", Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, 2019
- [5] M. Asanza, M. Miranda, R. Ortiz, y J. Espín, "Manual De Procedimiento En La Empresa". *Revista Caribeña De Ciencias Sociales*, no. 1, pp. 1-15, Noviembre 2016
- [6] R. Abanto y L. Cabrera, *Mejora de procesos en impresión offset empleando la metodología Six Sigma para reducir el número de productos no conformes*. Universidad Privada del Norte, 2016
- [7] L. Salinas, "Cronograma de mantenimiento de unidades termoelectricas convencionales en un mercado eléctrico competitivo", *Investigación & Desarrollo*, vol. 18, no. 1, pp. 143-154. Julio 2018
- [8] C. De la Cruz, A. Jara, M. Jave, X. Portilla, N. Ricardo y J. Talledo, "Plan de mejora para reducir los costos operativos de una empresa agroindustrial molinera". 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, Buenos Aires -Argentina, Julio, 2021.
- [9] C. Arce, y J. Collao, "Implementación de un Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo según la Ley 29783 para la Empresa Chimú Pan S.A.C.", Universidad Nacional de Trujillo, 2017
- [10] B. Angulo, D. Carretero, D. Iturrino y J. Vásquez, "Propuesta de mejora en el área de logística sobre los costos operativos de Bermanlab S.A.C Trujillo, 2020". 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, Buenos Aires -Argentina, Julio, 2021.
- [11] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, "Metodología de la investigación", 6ta ed., México D.F.: McGraw-Hill, 2014
- [12] Tasas de interés activas promedio de las empresas bancarias por modalidad (En términos efectivos anuales), Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, <https://www.bcrp.gob.pe/estadisticas/cuadros-de-la-nota-semanal.html>
- [13] Reporte de inflación: Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2023, Banco Central de Reserva del Perú, <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/diciembre/reporte-de-inflacion-diciembre-2021.pdf>