

Tipo de artículo: Artículo original

Factibilidad de aplicación de minería de procesos para el análisis de procesos del Sistema HACCP

Feasibility of process mining application for analysis of HACCP System processes

Grace Liliana Figueroa Morán ^{1*} , <https://orcid.org/0000-0003-2520-765X>

Julio Pedro Paladines Morán ² , <https://orcid.org/0000-0002-8121-3360>

José Nevardo Paladines Morán ³ , <https://orcid.org/0000-0003-1991-1894>

Lenin Jonatan Pin García ⁴ , <https://orcid.org/0000-0001-8272-3816>

¹ Doctor en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Magister en Informática Empresarial, Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Licenciada en Ciencia de la Educación-Informática, Especialista en Redes y Comunicaciones de Datos, Diplomado en Autoevaluación y Acreditación Universitaria. Docente de la carrera de Tecnologías de la Información en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí- Ecuador. E-Mail: grace.figueroa@unesum.edu.ec

² Magister en Informática Empresarial, Ingeniero en Sistema, Especialista en Redes y Comunicaciones de Datos, Diplomado en Autoevaluación y Acreditación Universitaria, Doctorando en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Docente de la carrera de Tecnologías de la Información en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí - Ecuador. E-Mail: julio.paladines@unesum.edu.ec

³ Doctor en Software y Sistemas, Magister en Informática Empresarial, Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Ingeniero en Sistemas, Especialista en Redes y Comunicaciones de Datos, Diplomado en Autoevaluación y Acreditación Universitaria. Docente de la carrera de Tecnologías de la Información en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí - Ecuador. E-Mail: jose.paladines@unesum.edu.ec

⁴ Ingeniero en Sistema, Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Magister en Sistema de Información Gerencial y Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información, Doctorando director de proyecto de investigación, miembro del Consejo de Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí - Ecuador. en Ingeniería, Docente miembro del Consejo de Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí - Ecuador. E-Mail: Jonatan.pin@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: grace.figueroa@unesum.edu.ec

Resumen

El Sistema de análisis de peligro y de punto crítico de Control (HACCP) es una potente herramienta que permite asegurar la inocuidad, higiene y trazabilidad de los productos alimenticios. Su implementación permite identificar riesgos y desarrollar medidas apropiadas para controlarlos, como la sustitución de equipamiento y la evolución tecnológica en el proceso, garantizando de ese modo los parámetros de calidad de los alimentos. Con la finalidad de enriquecer el funcionamiento un sistema HACCP, la presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio de factibilidad de aplicación de la Minería de Procesos (PM) para el análisis de procesos de un sistema HACCP. La presente investigación se asocia al proyecto metodología de peligros y puntos críticos de control aplicando minería de procesos. Se aplican las etapas básicas de un estudio de factibilidad y como resultado se obtiene un rango de factibilidad aceptable, por lo que se recomienda la integración de la minería de procesos para el análisis del HACCP.

Palabras clave: HACCP; Minería de Procesos; estudio de factibilidad; calidad de los alimentos.

Abstract



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

The Hazard Analysis and Critical Control Point System (HACCP) is a powerful tool that ensures the safety, hygiene and traceability of food products. Its implementation makes it possible to identify risks and develop appropriate measures to control them, such as the replacement of equipment and technological evolution in the process, thus guaranteeing food quality parameters. In order to enrich the operation of a HACCP system, this research aims to carry out a feasibility study of the application of Process Mining (PM) for the analysis of processes of a HACCP system. This research is associated with the methodology project of hazards and critical control points applying process mining. The basic stages of a feasibility study are applied and as a result an acceptable feasibility range is obtained, for which the integration of process mining for the HACCP analysis is recommended.

Keywords: HACCP; Process Mining; feasibility study; food quality.

Recibido: 15/09/2021

Aceptado: 13/02/2022

Introducción

El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, *Hazard Analysis and Critical Control Points*), es un sistema con base científica, diseñado para controlar procesos de producción basado en siete principios y conceptos preventivos, a través de la identificación de nuevos puntos críticos de control (PCC) (Mortimore, Wallace, & Cassianos, 2001). La implementación de HACCP en la industria alimenticia responde a la necesidad de evitar la contaminación en el proceso productivo, así como errores, confusiones y fallas técnicas que comprometan la integridad sanitaria de los alimentos. Este sistema permite adoptar medidas que garanticen un control eficiente y exhaustivo, a través del fortalecimiento de los sistemas de gestión de calidad de los alimentos (Mortimore & Wallace, 2013).

En el sistema HACCP se deben contemplar los peligros potenciales que pueden existir antes, durante y después del proceso de producción y embalaje de alimentos. Se controlan los peligros físicos, químicos y microbiológicos que deben ser mitigados por las empresas para asegurar que el consumidor final reciba productos seguros para su consumo (Pierson, 2012). Siendo así, se establece la aplicación de un sistema preventivo de control que asegure la calidad sanitaria e inocuidad de los alimentos que se consumen. La fortaleza consiste en la anticipación y prevención del riesgo, en lugar de la inspección del producto final. Además, se logra un mejor aprovechamiento de los recursos; disminuyen los costos de producción; y se obtiene una respuesta oportuna a los problemas (Afonso, 2006).

A partir de la aplicación de métodos empíricos de la investigación científica, se pudo identificar un conjunto de deficiencias que están presentes anualmente en varias empresas del sector alimenticio y que afecta significativamente la fidelidad del consumidor, el posicionamiento en el mercado y la calidad de los productos alimenticios (Jiménez & León, 2009):

- Rechazos de la producción final por contaminación.
- Pérdidas de materias primas por contaminación en diversos puntos de la línea de producción.
- Incumplimientos del plan de producción, lo que provoca afectaciones al salario de los trabajadores.



- Reclamaciones de clientes por baja calidad en el producto final.
- Insatisfacción de los trabajadores por condiciones de trabajo desfavorables.
- Deterioro de las infraestructuras productivas y falta de mantenimiento preventivo a las instalaciones.
- Deficiencias en las líneas de pesaje y embalaje.
- Falta de un sistemas de gestión de la calidad medible y verificable.
- No implementación de estándares y buenas prácticas para el procesamiento de los alimentos.

Con la implementación de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control, en el proceso de producción de alimentos, se lograría (Bou Rached, Ascanio, & Hernández, 2004):

- Reducir los costos de producción y eliminar pérdidas por reproceso de productos.
- Elevar la confianza del cliente y hacerlo fiel consumidor de los productos de la empresa.
- Mejorar el posicionamiento de los productos, en el mercado nacional e internacional.
- Contar con un plan de producción alineado integralmente a las normas y leyes regulatorias en la producción alimenticia.

Sin dudas, estas ventajas constituyen un eslabón fundamental para garantizar la calidad integral de la producción y distribución de alimentos. Sin embargo, es conocido que la implementación de un HACCP constituye un proceso de inversión y asimilación gradual que en muchas ocasiones provoca resistencia al cambio. Estos sistemas, generan un conjunto elevado de información por cada uno de los procesos de la empresa que son almacenados en bases de datos. Para aprovechar conscientemente toda la información derivada, es importante integrar técnicas de análisis automatizados, por lo que en esta investigación se ha considerado como un candidato potencial la implementación de técnicas de Minería de Procesos para el análisis de procesos del Sistema HACCP (Ortiz, 2008).

La Minería de Procesos (PM) describe a un conjunto de técnicas para obtener de forma automática o semiautomática la estructura de procesos de una organización (Peña & Bayona-Oré, 2018). Mediante la PM, es posible extraer conocimiento a partir del uso de los datos almacenados en *logs* de eventos de los sistemas de información organizacionales, dentro de los cuales se incluyen también los HACCP.

La minería de procesos es el método que permite obtener la descripción de un proceso estructurado a partir de un conjunto de ejecuciones reales (Saylam & Sahingoz, 2013). El conjunto de ejecuciones reales es un informe del proceso que contiene información sobre el orden en el que se realizaron las actividades, además de información adicional sobre quién realizó la actividad, el momento en el que se realizó. A través de la extracción de información del sistema HACCP, se pueden obtener event logs completos, con los cuales se puede determinar qué ha ocurrido desde el comienzo hasta el final del proceso de producción de alimentos, lo que permite obtener gran cantidad de información acerca de cómo



se ha realizado, los tiempos que se tardan en las ejecuciones del proceso, el número medio de actividades en la producción, la línea productiva con más deficiencias entre otros datos de interés para la toma de decisiones organizacional.

En la minería de proceso, la relación entre un modelo de proceso y las trazas de su ejecución es considerada un indicador de la calidad del modelo. Este criterio se utiliza para evaluar la calidad de los modelos construidos a través de algoritmos de descubrimiento de procesos, donde el objetivo es lograr un balance entre cuatro dimensiones (Pérez-Alfonso, Yzquierdo-Herrera, Pupo-Hernández, & Orellana-García, 2018):

- **Aptitud:** el modelo debe permitir el comportamiento presente en el registro de eventos.
- **Precisión:** el modelo no debe permitir comportamiento completamente sin relación con el que se puede apreciar en el registro de eventos.
- **Generalización:** el modelo debe generalizar el comportamiento observado en el registro de eventos.
- **Simplicidad:** el modelo debe ser tan simple como sea posible, reflejando el comportamiento del proceso.

Las dimensiones aptitud, precisión y generalización se refieren a la alineación entre el modelo y la ejecución real del proceso. Por otra parte, la simplicidad considera la carga cognitiva que implican los modelos complejos (Pérez-Alfonso et al., 2018).

Integrar la minería de procesos al Sistema HACCP, alienta como una solución efectiva para el análisis integral de las empresas, sin embargo, se considera importante evaluar la factibilidad de aplicar técnicas de minería de procesos dentro de la industria alimenticia. Basado en estos elementos se define como **objetivo general** de la presente investigación, realizar un estudio de factibilidad sobre la aplicación de minería de procesos para el análisis de procesos HACCP. La presente investigación se asocia al proyecto metodología de peligros y puntos críticos de control aplicando minería de procesos.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario emplear métodos teóricos y empíricos de la investigación científica, incluyendo técnicas, metodologías y herramientas para realizar análisis de factibilidad. Se empleó el método de análisis y síntesis para la revisión de literatura y documentación especializada. El método inductivo – deductivo se empleó para formalizar el estudio de factibilidad sobre la implementación de Minería de Procesos (PM) en un sistema de análisis de peligro y punto crítico de control. El empleo de las entrevistas aplicadas con el objetivo de obtener más información relacionada con el tema, permitió enriquecer el estudio realizado y aportó nuevos tópicos los cuales fueron incluidos dentro del estudio.



Estudio de factibilidad

Todos los proyectos que son conceptualizados con el objetivo de implementarse en un área específica, requerirá de recursos tangibles e intangibles, para cumplir con sus objetivos y ser ejecutado de modo eficiente, seguro y efectivo; tal es el caso de la propuesta que se realiza en la presente investigación: la aplicación de minería de procesos para el análisis de procesos HACCP. En general, la factibilidad orienta a la posibilidad real de lograr un objetivo o meta, para lo cual debe evaluarse fundamentalmente la factibilidad económica y social del proyecto, aunque también deberá ser analizada en otras aristas, tal como será descrito más adelante.

El estudio de factibilidad se centra en el análisis de una empresa para determinar (Thippongton & Suluksna, 2021):

- Si el proyecto de cambio que se propone traerá beneficios o pérdidas, y en cuáles condiciones se debe desarrollar para que sea exitoso.
- Si el proyecto de cambio propuesto contribuye con la conservación, protección o restauración de los recursos naturales y el ambiente.

Iniciar un proyecto de producción empresarial o fortalecerlo significa invertir recursos como tiempo, dinero, materia prima y equipos (Otten & Rubinsky, 2000). El estudio que se propone realizar en esta investigación para determinar la factibilidad sobre la aplicación de minería de procesos para el análisis de procesos HACCP, tienen los siguientes objetivos:

- Definir si se obtendrán ganancias o pérdidas.
- Definir si contribuirá con la conservación, protección y/o restauración de los recursos naturales y el ambiente.
- Decidir si será implementado o se buscará otra alternativa.
- Reconocer cuáles son los puntos débiles de la empresa y reforzarlos.
- Identificar oportunidades de financiamiento, asesoría y mercado.
- Realizar la producción de alimentos con el máximo de seguridad y el mínimo de riesgos posibles.
- Elevar la calidad del proceso y de los productos finales.

Para lograr estos objetivos se incluirán en el estudio:

- Factibilidad operativa.
- Factibilidad económica.
- Factibilidad social.

Factibilidad operativa



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

La factibilidad operativa se refiere a las personas que participarán en los procesos que se necesitan evaluar en el estudio (Naik, Guo, & Nguyen, 2013). Es necesario responder las siguientes preguntas para dar cuenta de esta primera condicionante del éxito del proyecto: *¿Qué procesos son necesarios?* y *¿quiénes realizarán dichos procesos?*

La definición de las personas que se incluirán en el estudio se hará atendiendo a su idoneidad para el proceso, capacidades, conocimientos y experiencias. Estas personas aportarán con su experticia profesional, productiva y técnica, indispensable para ejecutar el estudio (Naik et al., 2013).

En el ámbito empresarial dedicado a la producción de alimentos que se analiza en esta investigación, existe estructurado y definido el equipo de personas responsables del sistema HACCP, sería necesario incluir especialistas en minería de procesos, auditores de la calidad del proceso productivo y del producto final y personal encargado de crear, aplicar y procesar las encuestas a consumidores finales.

Factibilidad técnica

Para el objeto de estudio de esta investigación, analizar la factibilidad técnica es fundamental, ya que se deberá identificar y precisar todos los recursos tecnológicos que se requieren para implementar la propuesta, así como las herramientas, equipos e insumos, que resultan imprescindibles para todas las fases de ejecución de un proyecto (Mahmud & Abdullah, 2014).

Para determinar el equipamiento o recursos tecnológicos que serán utilizados, es importante garantizar que tengan las prestaciones de hardware, almacenamiento y procesamiento óptimas, y se debe garantizar además que los resultados obtenidos sean reproducibles (Kidmose, Looney, Jochumsen, & Mandic, 2013). Esto es necesario para prevenir el error sistemático de implementación que reste validez a los resultados. Será necesario entonces responder: *¿Con qué equipamiento se hará?*

En el ámbito empresarial dedicado a la producción de alimentos que se analiza en esta investigación, ya se encuentran implementado el sistema HACCP, sería necesario entonces agregar el equipamiento necesario para realizar el ciclo de minería de procesos.

Factibilidad económica

El análisis de la factibilidad económica se refiere a la disponibilidad del capital monetario necesario para alcanzar completamente los objetivos planteados (Khan, Aldahmashi, & Almutairi, 2020). Será necesario responder la pregunta: *¿Cuál es el costo monetario total del proyecto?*

Será necesario realizar un estudio de costos que incluya diversos tópicos como compra de insumos y equipos, compra de software, compra de hardware, remuneración a equipo de consultoría, de auditoría y de capacitación, entre otros



requerimientos del estudio. Mientras más detallada y realista sea la estructura presupuestaria de la propuesta, mayor credibilidad aportará para los evaluadores, que deben decidir a la asignación de los fondos (Humayun et al., 2009).

Para detallar el presupuesto, es necesario construir una tabla donde se incluyan todos y cada uno de los insumos necesarios para la planificación, puesta en marcha, ejecución, cierre, presentación en congresos y publicación del estudio. Los insumos no solo son elementos materiales, sino también el valor del trabajo de los profesionales y técnicos, el uso de infraestructura, más la alimentación y traslados de personas (Burdiles, Castro, & Simian, 2019).

Factibilidad social

En todo estudio de factibilidad es importante evaluar el valor social que la propuesta aportará a los consumidores finales (Humayun et al., 2009). Es necesario evaluar la percepción que tienen los consumidores finales sobre los productos de la empresa, dado por los parámetros de calidad que permiten su evaluación:

- **Propiedades organolépticas:**
 - Apariencia (forma, color): Puede ser percibida a través de la vista, analizando el agrado estético.
 - Sabor y aroma: Sensación que se evalúa con el gusto y el olfato al degustar un alimento.
- **Inocuidad:** Se refiere a la ausencia de productos tóxicos y de microorganismos en general. Con ello se determina si el alimento es o no perjudicial.
- **Valor nutricional:** Es el contenido en calorías, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. Dependiendo del proceso de producción de un alimento se podrá conocer la calidad y el valor alimenticio del mismo.
- **Estabilidad del alimento:** Es la mayor o menor resistencia al deterioro, así un alimento es estable si no se altera fácilmente y dura más tiempo.
- **Costo:** Basado en la relación calidad/precio. Se debe asumir como principio que para obtener una mayor calidad, generalmente se tendría que aumentar el costo.

Resultados y discusión

En esta sección se muestran los resultados alcanzados durante el análisis de factibilidad realizado y se listan un conjunto de conclusiones acerca de la implementación de la minería de procesos en un sistema HACCP.

Resumen de la propuesta: La Empresa objeto de estudio se especializa en la producción de productos alimenticios. Tienen como misión la elaboración y comercialización de productos lácteos y agrícolas de la más alta calidad, que contribuyan al crecimiento y nutrición de una población saludable. Se trabaja con la visión de ser la empresa de industrias lácteas y agrícolas líder en el mercado ecuatoriano al satisfacer las necesidades alimenticias de la población,



ofreciéndoles productos de primera calidad y cumpliendo con la Responsabilidad Social Empresarial de cuidar y preservar el desarrollo de la sociedad y el medioambiente.

Para garantizar la identificación y prevención de riesgos que puedan afectar el proceso de producción y la calidad final de los alimentos, se implementó un Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por sus siglas en inglés). Estos sistemas HACCP, generan un conjunto elevado de información por cada uno de los procesos de la empresa, que son almacenados en bases de datos. Para aprovechar conscientemente toda la información derivada, es importante integrar técnicas de análisis automatizados, por lo que en esta investigación se ha considerado como un candidato potencial la implementación de técnicas de Minería de Procesos para el análisis de procesos del Sistema HACCP.

Antecedentes:

La implementación del sistema HACCP consta de un conjunto de procedimientos técnicos y productivos que proporcionan sanidad, seguridad, control y eficacia, no solo en los productos alimenticios, sino también en el personal encargado de la fabricación de estos productos. Fue necesaria la contratación de un equipo multidisciplinario a cargo de la identificación, evaluación y supervisión de los puntos críticos de control de cada etapa del proceso de elaboración de los alimentos, para evitar la introducción de errores que ponga en peligro la salud e integridad del cliente final.

Se decidió asumir el sistema HACCP disminución de los problemas causados al consumidor por factores físicos o químicos que pudieran poner en peligro su salud, además de una reducción de las pérdidas económicas por devoluciones o pérdida de credibilidad para la empresa, trayendo de esta manera beneficios agregados. Estos beneficios sólo se logran si la dirección de la empresa y el personal competente se comprometen a participar plenamente en el desarrollo del plan que se ha de seguir, convencidos de que la aplicación del HACCP es ya una exigencia del mercado mundial y que los productos deben brindar una confianza sanitaria al cliente. En la empresa objeto de estudio el sistema HACCP se implementó teniendo en cuenta los siguientes principios:

- **Principio 1. Realizar un análisis de peligros:** En este punto se establece cómo comenzar a implantar el sistema HACCP. Se prepara una lista de etapas del proceso, se elabora un diagrama de flujo del proceso donde se detallan todas las etapas del mismo, desde las materias primas hasta el producto final.
- **Principio 2. Identificar los Puntos de Control Críticos (PCC) del proceso:** Una vez descritos todos los peligros y medidas de control, el equipo HACCP decide en qué Puntos es Crítico el Control (PCC) para la seguridad del producto. Es posible que haya más de un PCC al que se aplican medidas de control para enfrentar un peligro específico. Esta técnica deberá aplicarse tanto en la producción, la elaboración, el almacenamiento, la distribución u otro fin, y debe ser flexible para aplicar en distintas situaciones.



- **Principio 3. Establecer los límites críticos para las medidas preventivas asociadas para cada PCC:** El rango combinado entre los límites críticos para PCC establece la seguridad del producto en esa etapa. Los límites críticos deben basarse en parámetros cuantificables pueden existir un solo valor o establecerse un límite inferior y otro superior, así asegurarnos su eficacia en la decisión de seguridad o peligrosidad en un PCC.
- **Principio 4. Establecer los criterios para la vigilancia de los PCC:** El equipo de trabajo debe especificar los criterios de vigilancia para mantener los PCC dentro de los límites críticos. Para ello se deben establecer acciones específicas de vigilancia que incluyan las frecuencias y los responsables de llevarlas a cabo. A partir de los resultados de vigilancia se establece el procedimiento para ajustar el proceso y mantener su control.
- **Principio 5. Establecer las acciones correctoras:** Si la vigilancia detecta una desviación fuera de un límite crítico deben existir acciones correctoras que establezcan la seguridad en este PCC. Las medidas o acciones correctoras que deben incluir todos los pasos necesarios para poner el proceso bajo control y las acciones a realizar con los productos fabricados mientras el proceso estaba fuera de control. Siempre se ha de verificar qué personal está encargado de los procesos.
- **Principio 6. Implantar un sistema de registro de datos que documente el HACCP:** Deben guardarse los registros para demostrar que el sistema está funcionando bajo control y que se han realizado las acciones correctoras adecuadas cuando existen una desviación de los límites críticos. Esta documentación demostrará la fabricación de productos seguros.
- **Principio 7. Establecer un sistema de verificación:** El sistema de verificación debe desarrollarse para mantener el HACCP y asegurar su eficacia.

Una vez implementado el sistema HACCP el equipo técnico a cargo identificó que el análisis y procesamiento de los datos generados, y que fueron almacenados en una base de datos, han acumulado un gran volumen de información, el cual requiere ser analizado de manera automática para extraer el conocimiento si pérdidas de información. Atendiendo a esta necesidad es que se define realizar un estudio sobre la factibilidad de aplicar Minería de Procesos para el análisis de los datos del sistema HACCP de la empresa.

Resultados estudio de factibilidad operativa:

El equipo a cargo de la recolección y procesamiento de los datos generados por el HACCP, digitalizó los resultados de los siguientes procesos:

- Estado técnico sanitario de los alimentos procesados.
- Estabilidad en el funcionamiento de las plantas procesadoras de alimentos.



- Eficiencia de los establecimientos de distribución.
- Utilidades percibidas en el proceso de comercialización.
- Quejas de clientes del servicio y/o producto.
- Devoluciones del producto por mal estado de conservación.
- Devoluciones del producto por deficiencias de calidad.

Para identificar patrones en los datos almacenados, implementando la minería de procesos es necesario contratar al siguiente personal, tal como muestra la tabla 1:

Tabla 1. Personal a cargo de la implementación de la minería de procesos.

Rol	Cantidad
Especialista en programas de software	1
Técnico de redes y comunicaciones	1
Administrador de la configuración	1
Auditor y procesamiento de encuestas	1
Responsable del monitoreo, control y la generación de reportes	3

Resultados de la factibilidad económica

El equipo de implementación a cargo de llevar a cabo el despliegue de hardware, configuración de software, capacitación y supervisión de la minería de procesos en el sistema HACCP, estará compuesto por 7 trabajadores, cuyo ingreso depende del rol en que se desempeña, el pago se hará de manera mensual atendiendo a la siguiente tarifa horaria (ver Tabla 2):

Tabla 2. Tarifa horaria del equipo de PM por rol

Rol	Cantidad	Mes	Salario	Importe
Especialista en programas de software	1	1	1.500	1.500
Técnico de redes y comunicaciones	1	1	1.200	1.200
Administrador de la configuración	1	1	1.500	1.500
Auditor y procesamiento de encuestas	1	6	641.00	3.846
Responsable del monitoreo, control y la generación de reportes	3	6	485.10	8731.8
Total				16777.8



Se hizo un levantamiento sobre el equipamiento tecnológico necesario para desplegar la infraestructura de minería de procesos. Es importante destacar que este equipamiento tiene larga durabilidad de uso, por lo que los gastos solo serán significativos al inicio del proyecto.

Tabla 3. Infraestructura de hardware.

Equipo	Cantidad	Costo	Importe
PC Servidor	2	500.00	1000.00
PC Cliente	4	375.00	1500.00
Switch	1	159.00	159.00
Router	1	110.00	110.00
Energía respaldo (UPS)	2	85.00	170.00
Total			2939.00

Una vez analizados el presupuesto de inversión de la empresa y el flujo de ventas mensuales, se concluye que la empresa posee respaldo económico para asumir esta inversión, sin necesidad de financiamiento externo.

Resultados estudio de factibilidad social

Para la realización de este análisis se llevó a cabo una prueba piloto. Para garantizar que el proceso se realice sobre un entorno real, se seleccionó un registro de eventos correspondiente al proceso “Estado técnico sanitario de los alimentos procesados”, que ha sido contemplado dentro del HACCP. El registro de eventos utilizado recopila 1748 ejecuciones del proceso en un periodo de 6 meses y un total de 8250 ocurrencias de las 7 actividades que conforman el proceso.

Como resultado del análisis y extracción de datos, se identificaron las áreas de mayor incidencia contra la validez del producto final, y se ejecutaron acciones para eliminar las fallas en el proceso productivo. Siendo notable la disminución de no conformidades, y el aumento de la calidad total del producto. Estos datos fueron verificados por el equipo auditor y el técnico de aseguramiento de la calidad del proceso de producción y del producto final.

Análisis de resultados:

Con el objetivo de explorar las ventajas de la minería de procesos para el análisis de procesos del sistema HACCP en una empresa de producción de alimentos y de esta forma elevar los parámetros de calidad de los alimentos y la protección y satisfacción de los consumidores, se realizó un estudio de factibilidad social con clientes regulares de la empresa. El estudio fue promovido y realizado a través de las plataformas Google forms y correo electrónico. Este



estudio alcanzó un total de 647 personas, 117 de las cuales completaron la actividad en línea. Se tuvo en cuenta tres líneas de producción específicas: Leche, huevo y queso.

Los resultados indican que en el periodo en que se implementó la propuesta piloto, la percepción de calidad de los consumidores aumentó significativamente, aun cuando las transformaciones realizadas, no eran de su conocimiento, y la implementación del sistema HACCP fue completamente desconocido para ellos. A continuación se explica el proceso de recolección y análisis de datos y se presentan los principales resultados obtenidos:

- Recopilación de datos
- Procesamiento y análisis

Recopilación de datos:

Se publicó la actividad en línea a través de las cuentas de Google Forms y la cuenta de correo electrónico del supervisor de calidad. Los formularios creados llegaron a 516 clientes, y un total de 131 fueron contactados por correo electrónico. Se emplearon \$200.00 en el equipo que digitalizó los cuestionarios en el Google Forms.

Finalmente 117 clientes respondieron preguntas de la encuesta, de ellos 63 clientes enviaron vuelta correo electrónico, una descripción de sus principales impresiones en el periodo contemplado. A continuación se resumen las estadísticas disponibles sobre la recopilación de datos.

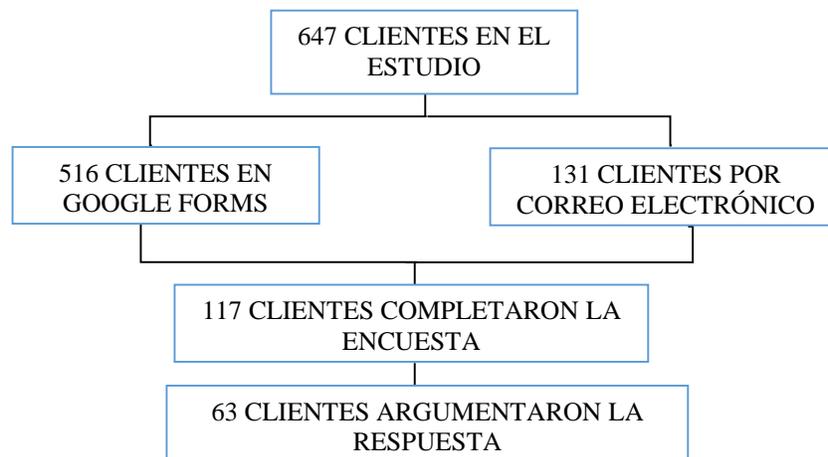


Figura 1. Reporte sobre la recopilación de datos

El listado de preguntas del cuestionario se muestra en la tabla 1, la cual hace referencia a la calidad del producto en cuestión, en un periodo de tiempo específico, para este caso, 6 meses.



Tabla 4. Calidad del producto percibida por los consumidores 6 meses después de la prueba piloto.

ID	Pregunta	Respuesta (una opción)
P1	¿Con que frecuencia consume los productos de esta empresa?	__Muy frecuentemente; __Con frecuencia; __Poco frecuente.
P2	¿Cuál es el grado de satisfacción por el producto?	__ Completamente satisfecho; __ satisfecho; __insatisfecho; __Muy insatisfecho.
P3	¿Cómo es el empaque y la presentación del producto cuando lo recibe?	__Excelente; __Bueno; __Regular; __Malo.
P4	¿Has devuelto algún producto por estar en mal estado?	__Nunca; __Poco frecuente; __Con frecuencia; __Muy frecuentemente.
P5	¿Recomendaría estos productos a algún amigo?	__Sí; __Probablemente sí; __Probablemente No; __No.
P6	¿Se evidencia un impacto positivo en la localidad donde se comercializan los productos?	__Sí; __ No.
P7	¿Soluciona o no un problema social de la localidad?	__Sí; __ No.

Es importante destacar que 63 de los clientes que respondieron la encuesta, enviaron además sus impresiones a la dirección de correo institucional. La revisión de sus opiniones evidencia que los usuarios notaron un aumento en la calidad del producto, sin saber las transformaciones internas, producto a l prueba piloto. Después del procesamiento de los datos los resultados quedaron como se muestra a continuación:

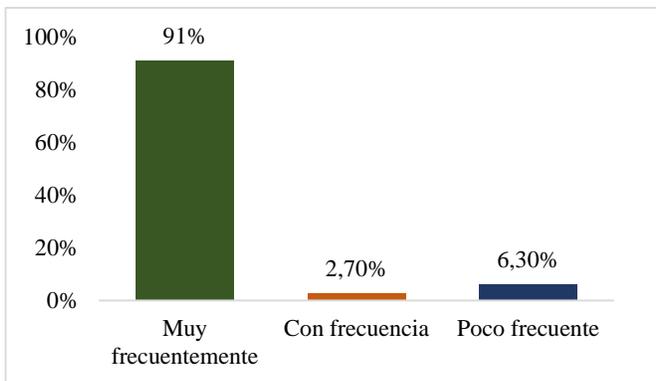


Figura 2. Respuesta a la pregunta con ID: P1

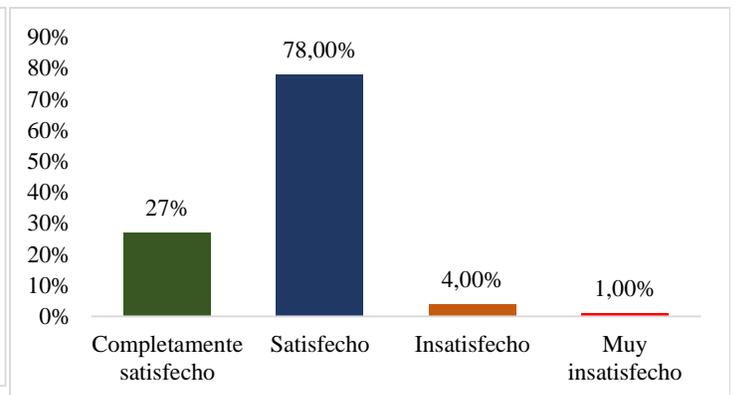


Figura 3. Respuesta a la pregunta con ID: P2



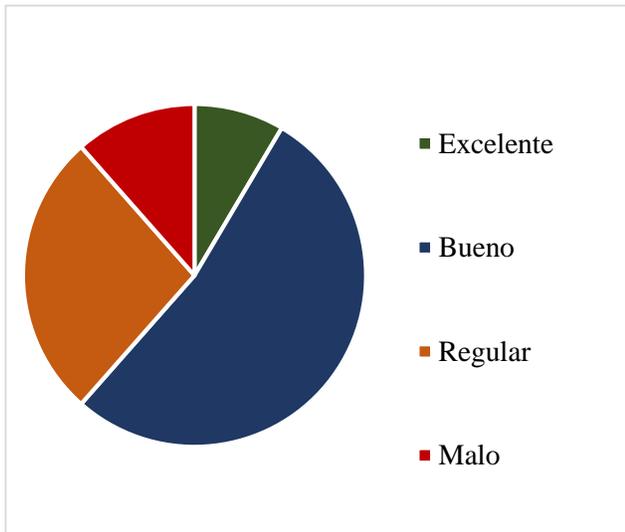


Figura 4. Respuesta a la pregunta con ID: P3

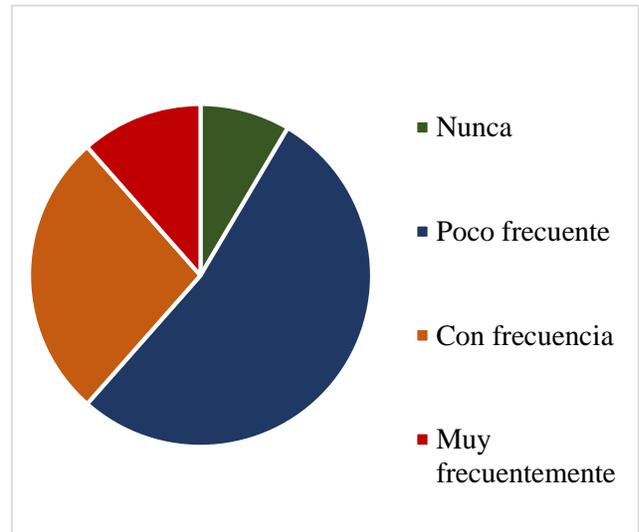


Figura 5. Respuesta a la pregunta con ID: P4

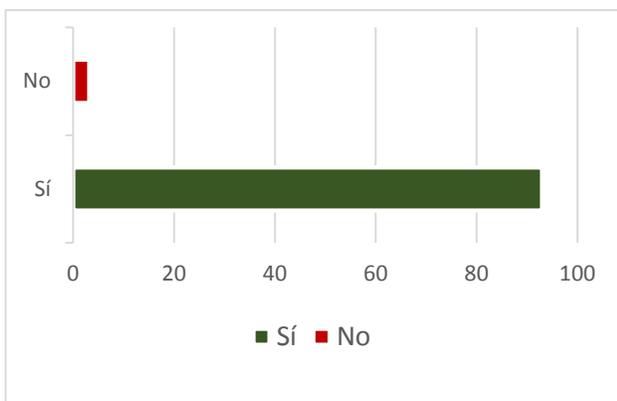


Figura 6. Respuesta a la pregunta con ID: P5

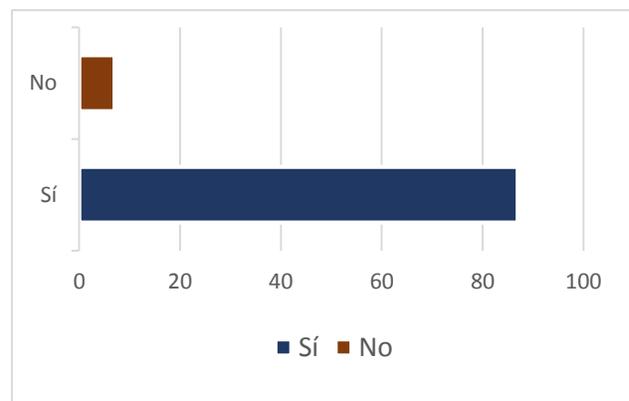


Figura 7. Respuesta a la pregunta con ID: P6

Conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio de factibilidad

Una vez realizado el estudio de factibilidad e implementado una prueba piloto sobre el procesamiento de los datos del sistema HACCP utilizando la Minería de Procesos, se pudieron identificar los siguientes beneficios:

- La identificación de las principales ineficiencias en el proceso productivo y el embalaje y comercialización del producto final, trajo como resultado una reducción considerable de los costos de producción.



- El análisis de datos permitió identificar las tareas que más beneficios traen a la empresa y las áreas que pueden ser automatizadas para elevar el nivel de eficiencia en la producción de alimentos.
- Se simplifica la identificación de datos correctos, que apoyan la toma de decisiones y las propuestas de cambios e inversión.
- Mejora significativamente la calidad del producto final, ya que los riesgos y accidentes son detectados oportunamente, lo que eleva la motivación del cliente para adquirir los productos de la empresa.
- Los datos procesados constituyen una herramienta para hacer más certeras las auditorías internas y las revisiones de calidad.
- La implementación de la Minería de procesos en el sistema HACCP permitió realizar análisis de tiempos de producción en las diferentes áreas, y la detección de desviaciones en el flujo de los procesos. Muestra una vista de la ejecución global del proceso de producción de alimentos y establece una comparación de diferentes variantes de ejecución de un mismo proceso.

Conclusiones

El estudio de factibilidad realizado abarcó las dimensiones operativa, económica y social. Los resultados indican que la implementación de la Minería de Procesos para el análisis de los datos del sistema HACCP constituye una solución viable con múltiples beneficios. La prueba piloto realizada permitió identificar las principales deficiencias del sistema de producción y embalaje, con lo cual se tomaron acciones correctivas en tiempo real, lo que permitió elevar la calidad del producto final. La encuesta aplicada a los clientes de la empresa objeto de estudio reveló que luego de un periodo de 6 meses aplicando la prueba piloto, los consumidores percibieron el aumento de la calidad del producto.

Conflictos de intereses

Los autores de la investigación no presentan conflicto de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Grace Liliana Figueroa Morán, Julio Pedro Paladines Morán, José Nevardo Paladines Morán, Lenin Jonathan Pin García.
2. Curación de datos: Grace Liliana Figueroa Morán, Julio Pedro Paladines Morán.
3. Análisis formal: José Nevardo Paladines Morán, Lenin Jonathan Pin García.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

4. Investigación: José Nevardo Paladines Morán, Lenin Jonathan Pin García.
5. Metodología: José Nevardo Paladines Morán, Lenin Jonathan Pin García.
6. Software: Grace Liliana Figueroa Morán, Julio Pedro Paladines Morán.
7. Validación: Grace Liliana Figueroa Morán, Julio Pedro Paladines Morán.
8. Visualización: Grace Liliana Figueroa Morán, Julio Pedro Paladines Morán.
9. Redacción – borrador original: Grace Liliana Figueroa Morán, Julio Pedro Paladines Morán, José Nevardo Paladines Morán, Lenin Jonathan Pin García.
10. Redacción – revisión y edición: Grace Liliana Figueroa Morán, Julio Pedro Paladines Morán, José Nevardo Paladines Morán, Lenin Jonathan Pin García.

Financiamiento

La investigación fue financiada por los autores.

Referencias

- Afonso, A. (2006). Metodologia Haccp. *Prevenir os acidentes alimentares. Segurança e Qualidade Alimentar*, 1, 12-15.
- Bou Rached, L., Ascanio, N., & Hernández, P. (2004). Diseño de un plan de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) para el aseguramiento de la inocuidad de la mortadela elaborada por una empresa de productos cárnicos. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(1), 72-80.
- Burdiles, P., Castro, M., & Simian, D. (2019). Planificación y factibilidad de un proyecto de investigación clínica. *Revista medica clinica las condes*, 30(1), 8-18.
- Humayun, M. S., Dorn, J. D., Ahuja, A. K., Caspi, A., Filley, E., Dagnelie, G., . . . Greenberg, R. J. (2009, 3-6 Sept. 2009). *Preliminary 6 month results from the argustm ii epiretinal prosthesis feasibility study*. Paper presented at the 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.
- Jiménez, C., & León, D. E. (2009). Biosensores: Aplicaciones y perspectivas en el control y calidad de procesos y productos alimenticios. *Vitae*, 16(1), 144-154.
- Khan, S. U. D., Aldahmashi, N., & Almutairi, Z. (2020, 28 Sept.-1 Oct. 2020). *Feasibility studies of photovoltaic system of power 30 kW with batteries in Riyadh and Tabuk region of Saudi Arabia*. Paper presented at the 2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon).



- Kidmose, P., Looney, D., Jochumsen, L., & Mandic, D. P. (2013, 3-7 July 2013). *Ear-EEG from generic earpieces: A feasibility study*. Paper presented at the 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC).
- Mahmud, D. M., & Abdullah, N. A. S. (2014, 26-28 Oct. 2014). *Mobile application development feasibility studies: A case study in Universiti Teknologi MARA*. Paper presented at the 2014 IEEE Conference on Open Systems (ICOS).
- Mortimore, S., & Wallace, C. (2013). *HACCP: A practical approach*: Springer Science & Business Media.
- Mortimore, S., Wallace, C., & Cassianos, C. (2001). *Haccp*: Springer.
- Naik, G. R., Guo, Y., & Nguyen, H. (2013, 3-7 July 2013). *A new approach to improve the quality of biosensor signals using Fast Independent Component Analysis: Feasibility study using EMG recordings*. Paper presented at the 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC).
- Ortiz, S. (2008). Propuesta de Mantenimiento y Auditorías al plan HACCP de una planta productora de Levadura. *Recuperado el, 2*.
- Otten, D. M., & Rubinsky, B. (2000). Cryosurgical monitoring using bioimpedance measurements-a feasibility study for electrical impedance tomography. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 47(10), 1376-1381. doi:10.1109/10.871411
- Peña, M. R., & Bayona-Oré, S. (2018, 17-19 Oct. 2018). *Process Mining and Automatic Process Discovery*. Paper presented at the 2018 7th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS).
- Pérez-Alfonso, D., Yzquierdo-Herrera, R., Pupo-Hernández, E., & Orellana-García, A. (2018). Minería de proceso para la comprensión del proceso en la etapa de diagnóstico. *Ingeniería Industrial*, 39(2), 146-159.
- Pierson, M. D. (2012). *HACCP: principles and applications*: Springer Science & Business Media.
- Saylam, R., & Sahingoz, O. K. (2013, 7-9 Nov. 2013). *Process mining in business process management: Concepts and challenges*. Paper presented at the 2013 International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO).
- Thippongton, A., & Suluksna, K. (2021, 10-12 March 2021). *Feasibility Study of Installing a Rooftop PV Systems in Suranaree University of Technology*. Paper presented at the 2021 9th International Electrical Engineering Congress (iEECON).

