

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



Desarrollo de una aplicación web para la clasificación de la calidad de arroz, mediante inteligencia artificial, en un molino de Ferreñafe

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Jesus Fernando Lujan Piscoya

ASESOR

Ricardo David Iman Espinoza

<https://orcid.org/0000-0003-0409-8773>

Chiclayo, 2022

Desarrollo de una aplicación web para la clasificación de la calidad de arroz mediante inteligencia artificial de un molino de Ferreñafe

PRESENTADA POR
Jesus Fernando Lujan Piscoya

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Segundo Jose Castillo Zumaran
PRESIDENTE

William Alfredo Noblecilla Vincas
SECRETARIO

Ricardo David Iman Espinoza
VOCAL

Dedicatoria

A Isabel y Tulio, mis padres, por ser los coautores de todos mis logros y por el apoyo incondicional que me brindan día a día ¡Sean eternos, por favor!

Agradecimientos

A mi asesor, el ingeniero Ricardo Imán, por ser guía en este trabajo.

A todas las personas que de manera indirecta han contribuido con esta investigación ¡Muchas gracias por sus opiniones!

A la persona que se involucró desde el primer instante con el desarrollo de esta tesis. Sin su ayuda no hubiese sido posible.

Artículo de tesis al 100%

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	Daniel Febrian Sengkey, Agustinus Jacobus, Fabian Johanes Manoppo. "Effects of kernels and the proportion of training data on the accuracy of SVM sentiment analysis in lecturer evaluation", IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI), 2020 Publicación	<1%
3	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1%
6	developers.google.com Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	15
Resultados y discusión	19
Conclusiones	26
Recomendaciones	26
Referencias.....	28
Anexos	31
Anexo N° 01. Constancia de aprobación del producto acreditable de la entidad donde se ejecutó la tesis	31
Anexo N° 02. Instrumentos de recolección de datos	32
Anexo N° 03. Manual de usuario	36
Anexo N° 04. Demostración de la funcionalidad de la aplicación	50

Resumen

El arroz es el cereal que más se cultiva en el Perú, por lo tanto, la industria molinera debe estar a la altura de la situación. Su valor comercial está directamente relacionado con el grado de calidad del producto, el cual se determina en base a un conjunto de componentes, tales como: granos rojos, tizosos totales, tizosos parciales, granos dañados, mezcla varietal contrastante, materia extraña y granos quebrados. Esta investigación aborda la problemática de un molino de la ciudad de Ferreñafe, en dicha empresa, el análisis para determinar la calidad del arroz se realiza manualmente y en base a su experiencia, lo que trae consigo una estimación básica de su valor comercial, además de requerir una inversión considerable de tiempo para su clasificación. Ante esto se propuso una aplicación web que apoye el proceso de producción y que permita clasificar el arroz a partir de su calidad, sirviéndose de la inteligencia artificial. La solución se desarrolló siguiendo la metodología propuesta por Mariño y Primorac, así como Scrum. En cuanto a los objetivos, se logró identificar que el uso de redes neuronales resulta conveniente para resolver la problemática de esta investigación, asimismo, el modelo resultante fue evaluado mediante validación cruzada, al igual que empleando la métrica de “balanced accuracy”, de esta manera se alcanzó una precisión del 99.08% garantizando la fiabilidad de la implementación.

Palabras clave: calidad de arroz, inteligencia artificial, aplicación web.

Abstract

Rice is the cereal that is most cultivated in Peru, therefore, the milling industry must be up to the task. Its commercial value is directly related to the degree of quality of the product, which is determined based on a set of components, such as: red grains, total chalky, partial chalky, damaged grains, contrasting varietal mixture, foreign matter, and broken grains. This research addresses the problem of a rice mill in the city of Ferreñafe, in this company, the analysis to determine the quality of the rice is carried out manually and based on its experience, which brings with it a basic estimate of its commercial value, in addition to require a considerable investment of time for their classification. Given this, a web application was proposed to support the production process and to classify rice based on its quality, using artificial intelligence. The solution was developed following the methodology proposed by Mariño and Primorac, as well as Scrum. Regarding the objectives, it was possible to identify that the use of neural networks is convenient to solve the problems of this research, likewise, the resulting model was evaluated by cross-validation, as well as using the metric of “balanced accuracy”, in this way, an accuracy of 99.08% was achieved guaranteeing the reliability of the implementation.

Keywords: rice quality, artificial intelligence, web application.

Introducción

En el Perú, el sector agropecuario representó un 6.4% del producto bruto interno nacional en el 2019, esto según datos del INEI. A su vez, el arroz es el cereal más cultivado en el país con 3557,9 toneladas métricas en el año 2018 [1]. El cultivo de arroz va de la mano con la industria molinera, la cual agrupa aproximadamente a 600 molinos de arroz en todo el país, de los cuales, la mayor parte se encuentra en el departamento de Lambayeque. Y es así como, los molinos lambayecanos además de atender la demanda local deben satisfacer a los departamentos de Cajamarca, Amazonas y San Martín. Estas empresas ofrecen servicio de almacenaje, secado, procesamiento y comercialización de arroz. Además, otorgan financiamiento para el cultivo, mediante préstamos monetarios, insumos y asistencia técnica a los agricultores [2].

En esta investigación se tuvo en cuenta el contexto de un molino de Ferreñafe; luego del levantamiento de información, mediante entrevistas con el personal a cargo del área de producción y de gerencia, se logró identificar una serie de factores que dificultan las operaciones del proceso de producción. Algunos de estos son: el análisis para determinar la calidad del arroz se realiza manualmente y en base a la experiencia, lo que trae consigo una estimación básica del valor comercial del producto dando paso a, si el valor es sobrestimado se incurre en el incumplimiento de la norma proporcionada por el INDECOPI y en el caso contrario, es decir, con una subestimación del valor, se generan pérdidas económicas. Por otro lado, el proceso depende del criterio de un conjunto de expertos en concreto, representando una desventaja dado el caso que estos cesen sus labores en la empresa. También, se requiere una inversión considerable de tiempo para la mencionada clasificación [3], esto se convierte en un problema al momento de ser necesaria pronta inmediatez para abastecer la demanda en épocas de cosecha. En el proceso de producción aún persiste el llenado manual de una cartilla, pese a la existencia de un sistema, siendo este método propenso a errores humanos, así como inseguro al momento de tratar con los datos. Sumado a lo anterior descrito, los equipos de cómputo con los que cuenta el molino son de capacidad limitada, por tanto, existe la posibilidad que las aplicaciones no se ejecuten como es debido.

Actualmente ya existe el conocimiento que hace posible determinar la calidad del arroz, el cual permite realizar una diferenciación según el valor de los componentes que este posee. De forma tradicional, un profesional técnico es quien evalúa los resultados obtenidos en el laboratorio y los contrasta con los criterios contemplados en la norma técnica del país o región correspondiente para determinar el grado de calidad del producto [4].

Ante este contexto se planteó una solución que aborda la problemática a través de una aplicación web que, haciendo uso de inteligencia artificial permite detectar la calidad del arroz gracias a la información obtenida del análisis del arroz en el laboratorio, con la finalidad de que el proceso decisorio sea más consistente y exacto. Esta aplicación también permite visualizar reportes, los cuales, ayudarán a la toma de decisiones con el propósito de reducir la probabilidad de pérdida tanto de tiempo como de recursos.

En base a los antecedentes encontrados se propuso que las técnicas candidatas para llevar a cabo la clasificación fueran las siguientes: lógica difusa, redes neuronales, sistema experto, máquinas de vectores de soporte; mientras que los componentes contemplados para determinar la calidad del arroz fueron: granos rojos, tizosos totales, tizosos parciales, granos dañados, mezcla varietal contrastante, metería extraña y granos quebrados.

Ante esta propuesta y dadas las diferentes opciones, en cuanto a técnicas de inteligencia artificial, no se sabía con certeza cuál de ellas sería útil para realizar el modelo de clasificación de calidad y si realmente era fiable. Mientras que, la posible ausencia de buenas prácticas y la elección incorrecta de herramientas al momento del desarrollo de la aplicación web harían que su rendimiento se vea mermado; finalmente, a esto se le suma la posibilidad de que la solución no termine de cubrir todos los requerimientos o no se adecúe por completo a la realidad del negocio. Por consiguiente, la presente investigación tuvo como objetivo principal desarrollar una aplicación web para la clasificación de la calidad de arroz en un molino de Ferreñafe, y como objetivos específicos: determinar la técnica de inteligencia artificial más adecuada que permita llevar a cabo la clasificación de la calidad de arroz, realizar una validación de la fiabilidad del modelo de clasificación obtenido a partir de la técnica de inteligencia artificial seleccionada para garantizar la robustez de la solución, obtener un óptimo rendimiento de la aplicación web para garantizar el correcto funcionamiento en dispositivos con recursos limitados, demostrar la funcionalidad de la aplicación, mediante una situación real de la empresa, para comprobar la efectividad de los resultados.

Por otro lado, con respecto a las razones que motivaron la realización de esta investigación tenemos la justificación científica, la cual se apoya en lo dicho por Schiavo [5], que la cada vez más recurrente implementación de las tecnologías de la información en diferentes ámbitos del día a día ha traído como consecuencia el surgimiento de nuevos problemas de investigación, los cuales, no son exclusivos de este campo, sino que, tienen características interdisciplinarias de la misma forma que el presente trabajo.

La justificación financiera consiste en que la implementación de una aplicación web para la clasificación de la calidad de arroz afecta en la forma en cómo se determina el valor comercial y, por ende, monetario del arroz [3].

Además, el beneficio empresarial de esta investigación se relaciona de manera directa con el desarrollo de los molinos de arroz en la región Lambayeque, esto debido a que, según el Ministerio de Agricultura, los molinos de Lambayeque no solo atienden la demanda local, sino que también la de algunas provincias de la selva peruana [2].

Finalmente, la justificación tecnológica dicta que el desarrollo de una aplicación web va acorde con las tendencias actuales, esto beneficia a la organización, pues, permite un fácil acceso desde cualquier punto con conexión a internet, además, hace posible que los recursos necesarios en los dispositivos cliente sean menores. Por otro lado, la inteligencia artificial hace que la clasificación de arroz se realice de manera más precisa y realista, siendo esta una característica de las tecnologías más recientes [6].

Revisión de literatura

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesaria la búsqueda y el análisis de una serie de trabajos previos, relacionados con la problemática abordada. Esto, con la finalidad de disponer del suficiente conocimiento y comprensión del tema. Tales antecedentes se relatan en los párrafos posteriores.

Un primer antecedente internacional es la investigación realizada por Kuchekar y Yerigeri [7], donde abordan la clasificación de la calidad de arroz mediante técnicas de procesamiento de imágenes. La metodología aplicada es una definición propia de los autores; dónde los pasos a seguir fueron los siguientes: 1) Captura de imagen de granos de arroz, 2) Preprocesamiento de imagen, 3) Mejoramiento de la calidad de imagen, 4) Segmentación de granos, 5) Conteo del número de granos, 6) Extracción de características, 7) Clasificación de granos de arroz. Cabe mencionar que se hizo uso de la herramienta MATLAB para llevar a cabo el proceso, mediante el cual se clasificó la calidad del grano de arroz basándose en su longitud. El valor agregado de esta investigación consta en otorgar a los consumidores una herramienta que les permita estar informados de la calidad de arroz que están consumiendo. Finalmente, los autores concluyen que la clasificación basada en las características geométricas del grano, mediante imágenes previamente procesadas, obtuvo resultados alentadores e invocan a que futuras investigaciones aborden esta problemática incorporando nuevas características que determinen la calidad del arroz. Este trabajo se consideró como un antecedente dada la problemática abordada y la propuesta de solución planteada, que resultan afín a la presente investigación.

Otro antecedente internacional lo encontramos en [8], donde Acosta et al. trata con la problemática de la identificación de granos de arroz defectuosos, ya que, como mencionan los autores, dicha actividad es realizada por peritos de forma manual y está sujeta a errores, para lo cual proponen un método que realice esta evaluación a partir de imágenes digitalizadas y posterior clasificación de la calidad. En cuanto a la metodología que emplean, esta es propia de los autores, donde, el primer paso es determinar los valores de las características visuales que dan una idea de los defectos del grano, siendo estos valores la entrada para un sistema experto que evalúa la calidad de las muestras. Los resultados fueron positivos y permitieron el análisis de muestras de hasta 20 gramos, generando un reporte con los datos. El valor que brindado por este trabajo es el que, mediante una solución de bajo costo, reducir el error que podría cometerse en una evaluación manual. La investigación llega a la conclusión que el método propuesto resulta ser efectivo, luego de comprobar que la clasificación obtenida del sistema no se presentaron diferencias con los resultados de una evaluación manual hecha por un perito. Por último, este trabajo contribuyó con la presente investigación dado que la problemática fue similar, y dio luces para la solución que aquí se propuso, tomando en cuenta algunos de los defectos del grano de arroz considerados en este antecedente.

El último antecedente internacional fue el trabajo realizado por Ibrahim et al. [9] al igual que los trabajos anteriores, narra la problemática de la clasificación del arroz a partir de parámetros que determinen su calidad. Los autores afirman que, para determinar el y tipo y grado del arroz se emplean técnicas manuales que cuentan con una serie de desventajas, como la destrucción de la muestra, el tiempo que demandan o su poca precisión. Para dar solución a esto se presentó un proceso que consta de las siguientes fases: 1) Imagen de entrada, 2) Preprocesamiento, 3) Extracción de características, 4) Clasificación y 5) Resultados de la clasificación. En el apartado de extracción de características utiliza el procesamiento de imágenes para determinar parámetros de color y forma para posteriormente, mediante estos, clasificar el grano de arroz haciendo uso de la técnica de Máquina de Vectores de Soporte de clases múltiples. El valor agregado está en la intención de automatizar el proceso de clasificación, contribuyendo al sector agrotecnológico. Finalmente, se concluyó que el proceso para la clasificación de la calidad de granos de arroz fue un éxito, logrando obtener un 92.22% de precisión. La investigación de Ibrahim et al. se consideró en este trabajo debido a que permitió entender cómo es que se realiza el proceso de clasificación y las técnicas que se emplean para ello.

El primer antecedente nacional es la investigación de Mendoza [10] en la cual se trabaja la problemática de un molino que busca optimizar las tareas de control de calidad del arroz. La metodología empleada siguió el flujo del proceso del pilado de arroz, que va desde su recepción

hasta el almacenado como producto terminado, pasando por las fases de evaluación del grano para obtener una descripción de sus características más importantes. Las conclusiones a las que llega el autor son referentes a los parámetros adecuados, acompañado de sus respectivos valores, que determinan que el grado de calidad será el óptimo. Esta investigación fue considerada puesto que, permitió entender cómo se realiza el proceso de medición de la calidad de forma manual dentro del contexto nacional, así como, conocer que atributos o parámetros tomados en cuenta para evaluar la calidad del arroz.

En un segundo antecedente nacional, Lecca y Tafur [11] propusieron un sistema de visión computacional mediante una red neuronal convolucional para dar solución al problema de identificación de la calidad de quinua blanca, dado que, bajo condiciones manuales puede estar sujeta a errores. La clasificación de la calidad está basada en una característica concreta de la quinua, su tamaño, y se rige bajo la norma técnica peruana, que distingue cuatro condiciones principales: pequeño, mediano, grande, extragrande. Las conclusiones a las cuales llegaron los autores son, que es posible lograr la identificación de calidad de granos de quinua mediante un sistema de visión computacional con una precisión significativa. Por otro lado, el trabajo de Lecca y Tafur contribuye al presente, por tanto, que hace uso de la inteligencia artificial para clasificar un cereal apoyándose en la norma técnica peruana.

Por último, la investigación realizada por Soto [12], se enfoca en el problema de determinar la calidad de granos de cacao, lo cual se realiza, por lo general, de forma manual en base a la experiencia. La solución a esta realidad problemática fue evaluar la calidad mediante el análisis de imágenes y posterior clasificación con lógica difusa. Para ello, se tomó en consideración el porcentaje de grietas y el color para obtener como salida la calidad del producto. Se llegó a la conclusión que los resultados del bloque difuso lograron describir la calidad del grano en torno a tres niveles. La investigación de Soto sirvió para comprender como es que se emplea una técnica de inteligencia artificial para la calificación de la calidad de granos.

Briceño [13] busca mejorar el rendimiento de una aplicación web mediante el uso de nuevas tecnologías de desarrollo frontend. Para tales fines, hace uso del framework para React, Next.js, y del middleware GraphQL. El proceso de desarrollo de software se concretó siguiendo la metodología Scrum y obtuvo resultados positivos que evidencian una mejora significativa. La comprobación del rendimiento de la aplicación web fue realizada por medio de la herramienta Pingdom Tools y Google Lighthouse, con esta última se registró un rendimiento a partir de 91 puntos.

Este trabajo se consideró como antecedente dado que expone el uso de tecnologías actuales, que permiten el desarrollo de aplicaciones web de buen rendimiento, así como las herramientas necesarias para su medición.

De La Cruz y Tinoco [14] tratan la problemática de la determinación de la calidad de granos de arroz. Mediante la metodología OpenUp desarrollaron un sistema de procesamiento de imágenes digitales, que, luego de la extracción de características discrimina el producto en base a la Norma Técnica Peruana. El proceso lo llevaron a cabo mediante la herramienta MathLab, obteniendo resultados positivos con más del 93% de acierto. Se tomo en cuenta esta investigación, ya que la problemática abordada es similar, y detallan las características que se han tenido en cuenta para la determinación de la calidad del arroz.

El siguiente antecedente es el trabajo realizado por Vásquez [15], quién buscó, a través de imágenes microscópicas, detectar huevos de *Trichuris trichiura*. La propuesta de solución consistió en extraer descriptores de las imágenes en cuestión para que posteriormente el algoritmo del vecino más cercano se encargara de llevar a cabo la clasificación. La conclusión a la que llegó Vásquez fue que a partir de patrones el algoritmo del vecino más cercano pudo realizar la clasificación con un 96.1% de precisión. Se tomo en cuenta esta investigación, puesto que otorga un contexto del uso de un algoritmo de clasificación como es el del vecino más cercano, lo que fue necesario para discernir el que se usaría en esta investigación.

Finalmente, el trabajo de Quiroz [16], abordó la problemática que hay en torno a la dificultad de clasificar palta Hass por su calidad. Resalta la importancia de abordar tal problemática dado que afecta directamente al valor comercial del producto. La solución que propuso el autor fue extraer características de la palta a modo de descriptores y realizar una clasificación haciendo uso del algoritmo KNN. La investigación concluye afirmando que el algoritmo de clasificación obtuvo más del 50% de precisión. Este trabajo se utilizó para conocer los algoritmos usados en la clasificación de la calidad de productos regionales, siendo este un asunto de interés al abordarse un tema similar enfocado al arroz.

También, fue necesario consultar definiciones que esclarezcan cada uno de los aspectos teóricos comprendidos en el tema. El resultado de tal consulta se relata en las próximas líneas.

La presente investigación propone como solución una aplicación web, teniendo esta una arquitectura cliente-servidor, donde el cliente se ejecuta mediante un navegador web para hacer posible el acceso a un servidor. Además, hace uso del protocolo HTTP para la comunicación entre los antemencionados. Este último, se encuentra dentro de los protocolos TCP/IP encargados de la comunicación en Internet [17]. En la aplicación propuesta se consideraron dos partes esenciales: backend y frontend. El primero de ellos hace referencia al espacio

administrable de la aplicación web que no es visible para el usuario final de este sistema, donde se encuentra la lógica del negocio y solo es accesible por los usuarios autorizados [18]. El almacenamiento de la información está a cargo de esta parte del sistema mediante una base de datos, la cual, es administrada mediante un software que funciona como una interfaz llamado gestor de base de datos [19]. Sin embargo, hoy en día los Object Relation Mappings o Mapeadores de Objetos Relacionales (ORM) hacen posible mapear la estructura relacional de una base de datos, como, por ejemplo: PostgreSQL, MySQL, SQL Server, etc. con la finalidad de obtener una estructura lógica que facilite el desarrollo de aplicaciones [20]. La solución fue implementada mediante una API, acrónimo que hace referencia a Application Programming Interface o en español Interfaz de programación de aplicaciones; es un conjunto de definiciones y protocolos que sirven para el desarrollo e integración del software de aplicaciones, es decir, facilitan el acceso a los recursos al mismo tiempo que mantienen la seguridad y control. La contraparte al backend es el frontend y se refiere a la sección de una aplicación la cual interactúa con el usuario final. Consta de tecnologías de diseño y desarrollo web, las cuales se ejecutan en el navegador web. El desarrollo consta de tres elementos principales: HTML, CSS y JavaScript. Sin embargo, existen algunos frameworks o librerías que permiten llevar el desarrollo Frontend un paso más allá [21]; para tales fines se hizo uso de React JS, que es una biblioteca creada por Facebook, que facilita la construcción de interfaces de usuario. Se basa en componentes, es decir, una sección de la interfaz que funciona de manera genérica y que puede ser reutilizada. También optimiza la forma en cómo se tratan los datos gracias a los states y props. React no impone reglas estrictas como lo haría un framework, en cuanto a la organización del código. Representa a la capa de vista en una aplicación MVC [22], [23].

En cuanto a, uno de los protagonistas de esta investigación, el arroz u *Oryza Sativa*, cuya antigüedad se remonta hasta cerca de diez mil años atrás; este es uno de los principales alimentos para más de la mitad del mundo. El valor económico del arroz está centrado en su grano entero procesado mediante pilado, pues, su industrialización de este proceso incluye actividades que llevan al arroz en cáscara o materia prima a ser transformado en arroz elaborado o blanco [24]. Acerca del término calidad, este hace referencia a lo que el consumidor prefiere dado una serie de componentes puntuales; en el contexto del arroz dependerá del tipo de consumidor, ya que, para un agricultor un arroz de calidad será el que obtenga mejores resultados en términos de siembra y cosecha, mientras que para un molinero será el rendimiento de pilado, el porcentaje de granos enteros, entre otros; o en el caso de un nutricionista el cual prestará especial atención en su valor nutricional para determinar la calidad. Dado que la investigación en cuestión aborda la problemática de una empresa molinera, se tomarán en

cuenta aquellos parámetros importantes para este sector, estos van relacionados a la apariencia del grano y cuantificados en torno a sus defectos, lo que da a entender que mientras más bajos sean los valores de dichos parámetros, la calidad será superior. Algunos son: grano yesoso, materia extraña, granos manchados, granos rojos, granos quebrados, etc. [24]. En nuestro país existe la norma técnica peruana que proporciona requisitos, terminología y clasificación para el arroz elaborado o blanco y arroz marrón, para su comercialización y posterior consumo humano. Para fines de esta investigación fue importante conocer aquella terminología que hace referencia a los valores de los componentes que determinan el grado de calidad. Esta se detalla a continuación: granos dañados, presentan alteraciones por hongos, fermentaciones, heladas u otros; grano inmaduro, es aquel que no ha completado su madurez fisiológica; granos quebrados, cuyo tamaño está entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ del total; granos rojos, los cuales tienen el pericarpio de color rojo, o con estrías de este color; granos tizosos, que contienen formaciones de carácter harinoso; materia extraña, material que no es arroz elaborado o blanco; mezcla varietal contrastante, granos que difieren del cultivar o variedad predominante.

Por lo que se refiere a inteligencia artificial, una de las primeras definiciones la hizo Alex Turing, quien propone que si una máquina logra actuar como un ser humano, entonces es inteligente. Para ello se debería pasar una prueba, el Test de Turing, que consistía en que un ser humano ‘converse’ con una máquina mediante una terminal. Si la persona no era capaz de reconocer que estaba comunicándose con una máquina, entonces esta habría pasado la prueba. A pesar de la antigüedad de este Test, se sigue usando hoy en día para poner a prueba algoritmos de, por ejemplo, reconocimiento de lenguaje natural, razonamiento, aprendizaje, representación del conocimiento, e inclusive en visión y robótica [25]. Existen diversas técnicas pertenecientes a la inteligencia artificial, las cuales hacen referencia a los campos de investigación de ésta. A continuación, se detallan algunas técnicas.

Lógica Difusa: en palabras simples es una lógica multivaluada, que hace posible representar la realidad de forma matemática, y de esta manera poder realizar operaciones. Para llevar a cabo la lógica difusa se debe tener en cuenta una serie de variables de entrada para obtener variables de salida. Por otro lado, un conjunto difuso se puede definir como un conjunto de límites difusos. El grado de pertenencia viene definido por una función de pertenencia. Para representar el conocimiento se debe hacer uso de variables lingüísticas, estas sirven para simbolizar un elemento demasiado complejo, mediante una sentencia de lenguaje natural o artificial [6].

Redes Neuronales: técnica, la cual se implementa mediante un modelo que emula el funcionamiento del sistema nervioso humano. La unidad básica del modelo es la neurona y estas a su vez están organizadas en capas. Estas capas son generalmente tres, una capa de

entrada, una oculta y una de salida; mientras que las unidades se conectan a través de ponderaciones y tales redes aprenden mediante entrenamiento [26]. Por otro lado, la resolución de problemas con modelos de redes neuronales requiere la aplicación de técnicas y métodos sistemáticos que orienten su construcción. Estos modelos, por lo general, son implementados en sistemas de información, si lo que se quiere es que el usuario final haga uso de ellos. De esta manera, surgen metodologías que orientan esta labor, y diferentes autores presentan sus propuestas que integran la construcción de dichos modelos con el ciclo de vida del desarrollo de aplicaciones [27].

Máquinas de vectores de soporte: pertenecen al conjunto de los métodos supervisados y pueden resolver problemas tanto de clasificación como regresión. Se propusieron en la década en 1995 por Cortez y Vapnik y consiste en la estimación de una función generalizada a partir de un conjunto de ejemplos, centrándose en minimizar tanto como sea posible el riesgo residual. En un primer momento, el algoritmo ubica los puntos de entrada en espacio de características de una dimensión mayor, y hallará un hiperplano que separe y aumente el margen entre las clases. Este método ha ganado cada vez más popularidad gracias a sus fuertes bases teóricas [28], [29].

Machine Learning: busca que las computadoras aprendan automáticamente sin que sean explícitamente programadas para ello. El machine learning es útil especialmente al momento de identificar patrones o realizar predicciones. Actualmente es muy utilizada para dar recomendaciones por diferentes empresas, entre ellas Facebook, Spotify, Google, etc. [30].

Materiales y métodos

Esta investigación indagó en el conocimiento existente, tanto en lo que concierne a detección de la calidad de arroz, así como lo referente a técnicas de inteligencia artificial, para de esta manera materializar un producto que integre ambas partes y finalmente ser implementado mediante una aplicación web, el mismo que pretenderá dar solución a la problemática de la deficiente clasificación de la calidad de arroz en un molino de la ciudad de Ferreñafe. En base a lo descrito y tomando como referencia el Manual de Frascati [31] se concluye que el trabajo realizado es una investigación aplicada. Además, se encuentra bajo un diseño preexperimental, ya que se cuenta con un solo grupo de control al cual se le aplicará una única medición (posprueba) [32]. En la tabla 1 se presenta una matriz de consistencia, la cual contiene los elementos claves de esta investigación.

Por otro lado, se hizo uso de dos metodologías; la primera de ellas fue la propuesta de Mariño y Primorac [27], que plantea una metodología producto de la integración de las fases para el

desarrollo de redes neuronales artificiales supervisadas con el ciclo de vida del desarrollo de software; consta de la fase de Análisis, en la cual se escoge el modelo de red neuronal, se formula el problema y se realizan estudios estadísticos que apoyen la comprensión de los datos; la fase del Diseño, donde se selecciona la variable objetivo y las variables evidenciales, se definen los nodos de entrada y salida y se diseña el patrón; la fase de Desarrollo, sobre la cual se seleccionan las herramientas informáticas y se construye el modelo de redes neuronales; finalmente, la fase de Implementación, en la que se valida el modelo y se transfiere al producto. En segundo lugar, se empleó la metodología Scrum, esta vez, con la finalidad de construir la aplicación web sobre la cual operará el modelo de red neuronal implementado con la metodología anterior. Se eligió Scrum porque gracias a sus características resultó ser la más adecuada en términos de simpleza y flexibilidad. Además, esta metodología se presenta como una gran alternativa para equipos de desarrollo pequeños, así como para aplicaciones que no requieran una complejidad mayor. Los Sprints son la parte más importante de Scrum y representan cada una de las iteraciones por realizar [33]. En este caso se consideró un Sprint 0, donde se abordaron generalidades del proyecto y se presentó como la fase inicial, que sirvió para conocer y comprender el negocio; y a partir de ello se tomar las decisiones adecuadas en favor del producto [34]. Lo siguiente fue la planificación de cuantos Sprints serían definidos, y posteriormente, dentro de cada uno de ellos, considerar su respectivo planeamiento, así como reuniones diarias, diseño del producto, implementación del producto, revisión del Sprint y la retrospectiva del Sprint [33].

TABLA I
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</u>			
¿De qué manera se podrá apoyar al proceso de la clasificación de la calidad de arroz en un molino de Ferreñafe?	<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> Investigación aplicada preexperimental			
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>MÉTODO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>		
Desarrollar una aplicación web para la clasificación de la calidad de arroz en un molino de Ferreñafe.	Analítico	Estudio y análisis de la situación actual de la empresa con la finalidad de identificar la problemática a tratar.		
	Deductivo	Mecanismo para la determinación de la propuesta de solución al problema planteado.		
	Sintético	Combinar conocimiento en clasificación de inventarios con inteligencia artificial.		
	Implementación	Puesta en marcha de la propuesta de solución		
	<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>	<u>PROPÓSITO</u>
	Entrevista	Guía de entrevista	Gerente, personal del área de producción.	Recabar información que ayude a determinar la situación actual al negocio, identificando así la problemática.
	Encuesta	Formato de encuesta	Área de producción	Validar la funcionalidad de la solución
	Observación	Guía de observación	Área de producción	Contrastar la información obtenida mediante entrevista. Recolectar información necesaria para la comprensión del problema y planteamiento de la solución
	Revisión de la literatura.	Literatura científica.	Personal del área de producción.	Valorar el desempeño de la solución con respecto a los métodos de evaluación descritos en la literatura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDICADORES
<ul style="list-style-type: none"> Determinar la técnica de inteligencia artificial más adecuada que permita llevar a cabo la clasificación de la calidad de arroz. 	<p>Se obtendrá una técnica apropiada de inteligencia artificial para realizar la clasificación de la calidad de arroz, teniendo en cuenta la situación del molino.</p>	<p>Puntuación en base a los criterios cumplidos por las técnicas para llevar a cabo la clasificación.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Realizar una validación de la fiabilidad del modelo de clasificación obtenido a partir de la técnica de inteligencia artificial seleccionada para garantizar la robustez de la solución. 	<p>El modelo para la clasificación de la calidad de arroz obtenido deberá ser confiable y acorde a la situación real del molino.</p>	<p>Porcentaje de precisión del modelo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Obtener un óptimo rendimiento de la aplicación web para garantizar el correcto funcionamiento en dispositivos con recursos limitados. 	<p>La aplicación web deberá estar optimizada de tal manera que su rendimiento sea el adecuado en dispositivos con recursos de hardware limitados.</p>	<p>Puntuación obtenida en LightHouse</p>
<ul style="list-style-type: none"> Demostrar la funcionalidad de la aplicación, mediante una situación real de la empresa, para comprobar la efectividad de los resultados 	<p>La aplicación web deberá cumplir con los requerimientos de la empresa, de tal forma que funcione de manera correcta para lo que esta requiera.</p>	<p>Coficiente V de Aiken</p>

Resultados y discusión

Para el presente trabajo se hizo uso de una metodología para la construcción de redes neuronales supervisadas [27] y de la metodología ágil Scrum [33], ya que otorgan la flexibilidad necesaria, adecuada para este caso.

Los resultados conseguidos, siguiendo tales metodologías, se detallan a continuación.

Dado que existen diversas técnicas de inteligencia artificial, fue indispensable determinar cuál era la más apropiada para abordar la problemática de esta investigación.

Las técnicas candidatas fueron: sistema experto, lógica difusa, redes neuronales y máquina de vectores de soporte (SVM). Todas ellas permiten llevar a cabo la clasificación de la calidad de arroz, según lo revisado en la literatura, sin embargo, cada una brinda características específicas que según lo requerido se ajustarán mejor o peor al caso de estudio. De esta forma, se realizó una evaluación mediante rúbrica que permitió seleccionar la más adecuada.

De las cuatro, la técnica de redes neuronales obtuvo una puntuación mayor, luego de ser evaluadas en base a los siguientes criterios: viabilidad de la implementación, concordancia con el caso de estudio, efectividad y recurrencia en la literatura. A continuación, en la tabla 2 y 3 se muestran los detalles de la evaluación y la puntuación obtenida por cada técnica.

TABLA II
RUBRICA DE SELECCIÓN DE TÉCNICA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN
Escala de calificación	1-5
Viabilidad de su implementación:	Se toma en cuenta la complejidad de la elaboración del algoritmo, así como los recursos con los que se cuenta (tecnología, tiempo, dinero, etc.)
Concordancia con el caso de estudio:	Determina el grado de adecuación del algoritmo a la situación problemática abordada. Además, se evalúa si se cuenta con la información de entrada suficiente para el algoritmo.
Efectividad:	En base a la teoría revisada, se determina cuán efectiva es la técnica al dar solución al problema de clasificación de la calidad de arroz.
Recurrencia en trabajos previos / recomendaciones:	Evalúa cuán recurrente fue la técnica en los antecedentes y otros trabajos de investigación consultados, así como en las recomendaciones de estos.

TABLA III
MATRIZ DE SELECCIÓN DE TÉCNICA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

TÉCNICA	CRITERIOS				TOTAL
	Viabilidad de su implementación	Concordancia con el caso de estudio	Efectividad	Recurrencia en trabajos previos	
SISTEMA EXPERTO	4	2	1	1	8
LÓGICA DIFUSA	4	2	2	1	9
REDES NEURONALES	5	5	5	3	18
SVM	4	5	5	1	15

Puesto que, la presente investigación se enfoca en ofrecer una solución que apoye el proceso de clasificación de la calidad de arroz, tal y como lo haría un experto, es indispensable que el

modelo de redes neuronales construido sea fiable. Existen múltiples métricas de evaluación de modelos predictivos, con las cuales se determina la calidad de los mismos [35]. Una de las métricas más usadas es la precisión, no obstante, deja de ser eficiente con datos desbalanceados, razón por la cual se decidió hacer uso de la precisión balanceada para prevenir que se obtenga una medición errada [36]. Pero, el obtener un valor de precisión alto solo es la última fase de la validación de la fiabilidad del modelo, puesto que, se ejecutó todo un proceso para llegar a esta instancia. Tal proceso es detallado en las líneas siguientes.

Para garantizar que el modelo resultante fuese confiable fue necesario establecer correctamente los parámetros de la red neuronal, estos se definieron mediante una búsqueda automatizada; los resultados se muestran en la Fig. 1. Con los parámetros establecidos se procedió al entrenamiento del modelo, dicho momento se muestra en la Fig. 2.

```

▶ prevModel = MLPClassifier()
  param_grid = [{
    'hidden_layer_sizes': [(200,), (200,100), (100,)],
    'max_iter': [500, 1000],
    'activation': ['relu'],
    'solver': ['adam']
  }]
  srchModel = GridSearchCV(prevModel, param_grid, cv=5, scoring='balanced_accuracy')
  srchModel.fit(X_train, Y_train)

  print("Los parámetros del mejor modelo son:")
  print(srchModel.best_params_)

☐ Los parámetros del mejor modelo son:
  {'activation': 'relu', 'hidden_layer_sizes': (200,), 'max_iter': 500, 'solver': 'adam'}

```

Fig. 1. Selección de parámetros de red neuronal

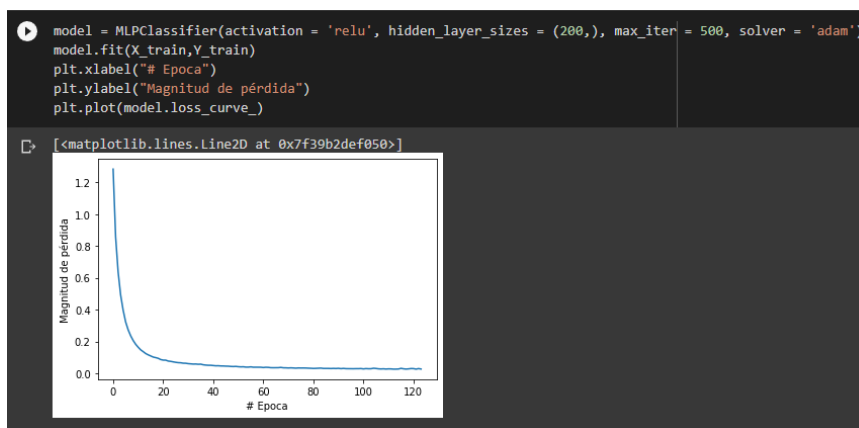


Fig. 2. Entrenamiento de red neuronal

Luego del entrenamiento se aplicó el método de validación cruzada, esto con la finalidad de tener la certeza que el modelo no ha sido sobreentrenado y que el porcentaje de precisión obtenido es un valor verdadero y confiable. Tal procedimiento se muestra las Fig. 3 y 4.

```

scores = cross_val_score(model, X_train, Y_train, cv=5, scoring='balanced_accuracy')
print("La puntuación media es de: ", scores.mean())

```

La puntuación media es de: 0.9897144456557416

Fig. 3. Validación cruzada

```

predictions = model.predict(X_test)
accuracy = balanced_accuracy_score(Y_test, predictions)
print("El porcentaje de precisión es: ", accuracy)

```

El porcentaje de precisión es: 0.9908376800335404

Fig. 4. Evaluación de precisión

La puntuación de la validación cruzada fue de un 98.97% mientras que la precisión fue del 99.08%, demostrando así que las predicciones que realice el modelo de redes neuronales serán fiables.

Se buscó que la aplicación web funcionase de manera adecuada en la mayoría de los dispositivos, sin que sus características específicas de hardware y software sean una limitante.

Para demostrar el cumplimiento de esto, se hizo uso de la herramienta Google Lighthouse, la cual viene incluida en las DevTools de algunos navegadores, pero también puede instalarse mediante una extensión; esta otorga una puntuación que va de 0 a 100, y que se divide en tres categorías: igual o superior a 90, se considera que la velocidad de la página es rápida; si está entre el 50 y el 90 se considera normal, y si es inferior a 50 se considera lenta [37].

Dado que la evaluación debe realizarse por cada vista de la aplicación, se eligieron aquellos apartados más relevantes en las operaciones del molino. A continuación, se muestran los resultados de la prueba en Fig. 5-11.

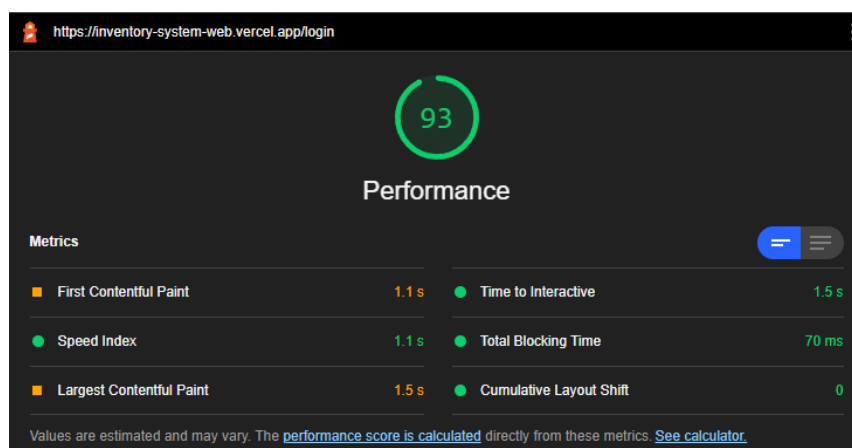


Fig. 5. Prueba de rendimiento de inicio de sesión.

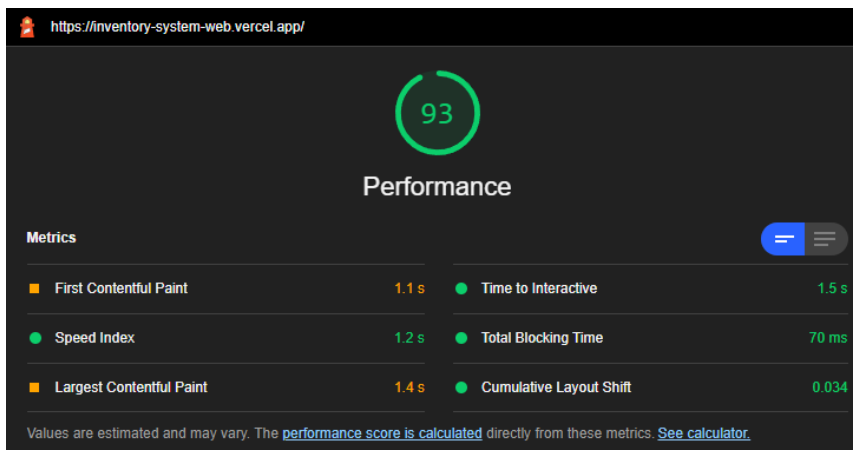


Fig. 6. Prueba de rendimiento de pantalla principal

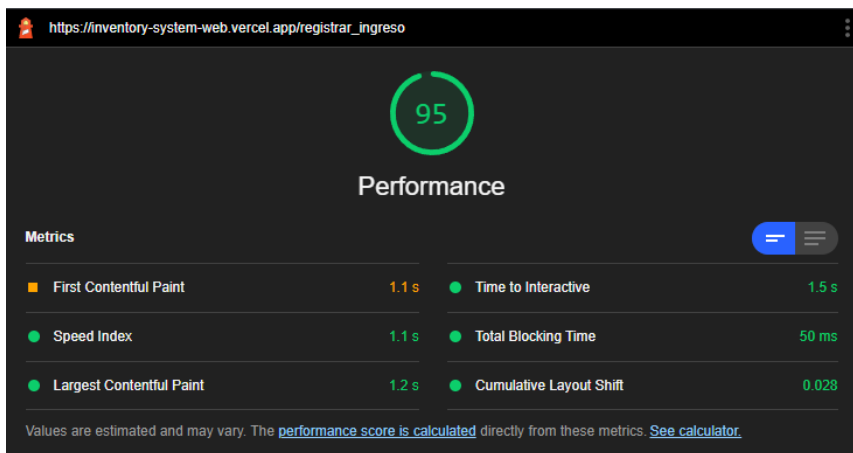


Fig. 7. Prueba de rendimiento del apartado de ingreso de lote

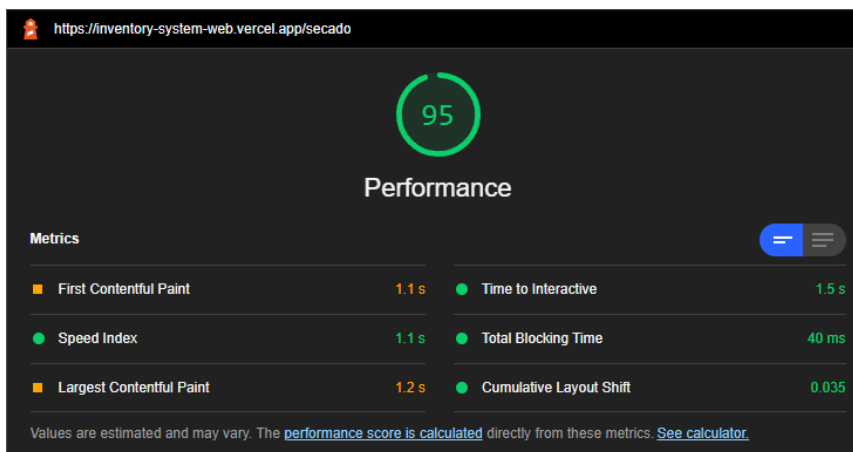


Fig. 8. Prueba de rendimiento del apartado de secado de lote

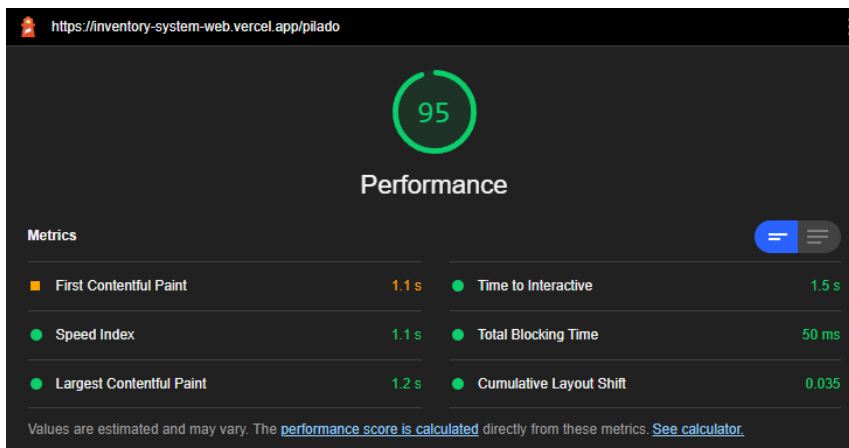


Fig. 9. Prueba de rendimiento del apartado de pilado de lote

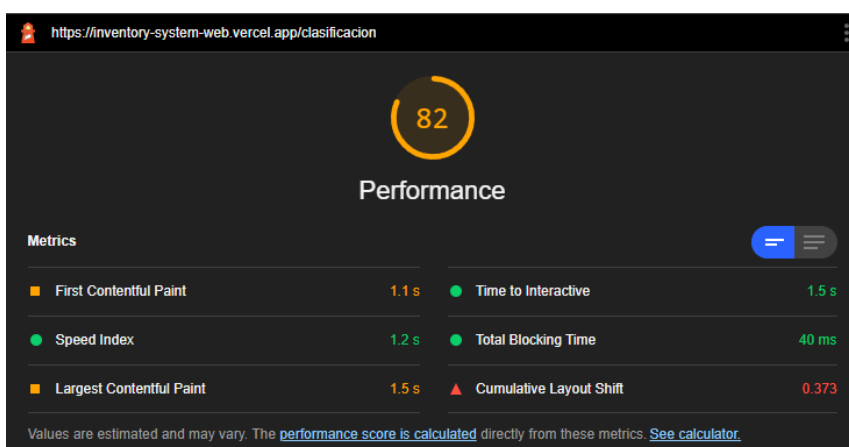


Fig. 10. Prueba de rendimiento del apartado de reportes

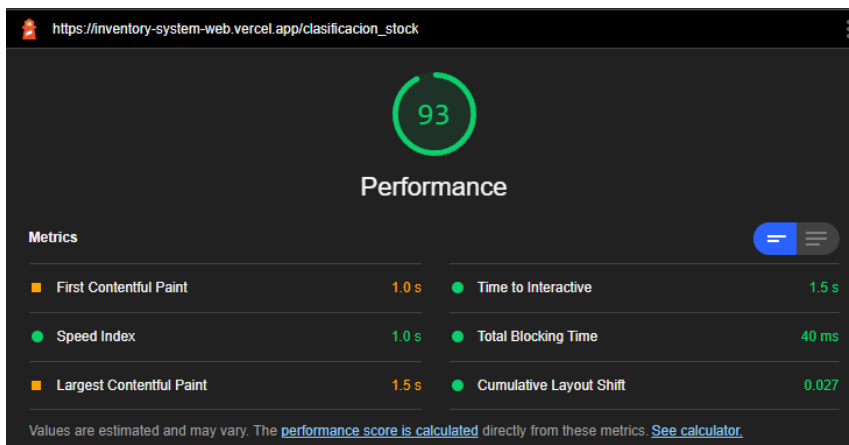


Fig. 11. Prueba de rendimiento del apartado de clasificación

Las vistas evaluadas y el puntaje obtenido se muestran en la tabla 4.

TABLA IV
RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO

Vista	Puntuación
Inicio de sesión	93
Pantalla principal	93
Registro de ingreso de lote	95
Registro de secado de lote	95
Registro de pilado de lote	95
Resumen de reportes	82
Clasificación	93

Las puntuaciones obtenidas, que van desde un mínimo de 82 hasta un máximo 95, demuestran que la aplicación presenta un rendimiento óptimo según lo mencionado en [53], de esta manera queda evidenciando el cumplimiento del objetivo planteado.

Dado que, la solución propuesta en la presente investigación apunta a una realidad problemática en concreto, fue necesario comprobar que esta se ajusta a un contexto real. Aun cuando, la aplicación web no ha sido implantada en la empresa, se replicó el uso que se le daría en el proceso de producción bajo una situación cotidiana. El procedimiento realizado se muestra en el Anexo N° 04 y los resultados se validaron haciendo uso del coeficiente V de Aiken [38], los cuales se presentan a continuación.

TABLA V
RESULTADOS DE VALIDACIÓN CON COEFICIENTE V DE AIKEN

Item	Juez 1	Juez 2	Juez 3	V
1	4	4	4	1.0
2	4	4	4	1.0
3	3	4	4	0.9
4	3	3	3	0.8
5	4	4	3	0.9
6	3	3	3	0.8
7	4	4	4	1.0
8	4	4	4	1.0
9	4	4	4	1.0
10	4	4	4	1.0

Como se pudo apreciar en la tabla 5, los resultados de la encuesta fueron positivos, demostrándose así la efectividad de la aplicación en un entorno controlado.

Como punto siguiente, en los próximos párrafos de narra la discusión.

Se abordó la problemática suscitada en un molino de Ferreñafe, para la cual se propuso una aplicación web que apoye el proceso de producción y que permita realizar una clasificación de la calidad de arroz haciendo uso de inteligencia artificial.

El primer paso fue seleccionar la técnica de inteligencia artificial adecuada, esto a partir de una comparación en base a ciertos criterios identificados que responden prioritariamente al contexto específico y propio de esta investigación. En trabajos como [12], [15], [16] se evidencia el uso de técnicas de inteligencia artificial para solucionar problemas de clasificación, sin embargo, estas ya vienen definidas por los autores, sin que se detalle un proceso de comparación y selección. Por otro lado [8] expresa las debilidades de un sistema experto y en [9] recomienda el uso de técnicas actuales para situaciones afines a las detalladas en tal investigación.

La técnica seleccionada fue la de redes neuronales, y luego de su implementación se procedió a validar la fiabilidad del modelo. Inicialmente se aplicó la técnica de validación cruzada para comprobar que no exista un sobreajuste y así evitar que el modelo no sea capaz de predecir ante situaciones desconocidas para él. Por otro lado, la métrica empleada fue “balanced accuracy”, dado que permite medir el grado de acierto, con la ventaja de que los datos desbalanceados no afectan la puntuación resultante [35]. En cuanto a los antecedentes, los cuales emplearon técnicas de inteligencia artificial para clasificar granos de arroz, tenemos la investigación [9] que, mediante máquinas de vectores de soporte obtuvo una precisión media del 92,22% mientras que [14], sin precisar la técnica usada, obtuvo un 93% de acierto. El modelo de redes neuronales construido en la presente investigación obtuvo una precisión del 99,08%, siendo superior a los antecedentes citados, sin dejar de tener en cuenta que tales trabajos obtienen los valores de los componentes de clasificación a través de imágenes, mientras que aquí, se obtienen luego de un análisis en el laboratorio del molino, lo que garantiza un menor margen de error [39].

Briceño [13], mediante el uso de bibliotecas como ReactJs y GraphQL buscó optimizar el rendimiento de una aplicación web. Los resultados fueron medidos con la herramienta Lighthouse, logrando conseguir puntuaciones mayores a 90. En esta tesis, se emplearon las mismas bibliotecas y las puntuaciones obtenidas van desde un mínimo de 82 hasta un máximo 95, demostrando que la aplicación web propuesta presenta un rendimiento óptimo.

En [8], [16], se utilizó el criterio de un experto para demostrar que la solución propuesta es efectiva, contrastando los resultados obtenidos por ambas partes. En la presente investigación también se hizo uso de este recurso, a fin de demostrar que la aplicación web resultante es funcional. El procedimiento consistió en recrear el uso que se le daría rutinariamente a la

aplicación, donde finalmente se valoró su comportamiento mediante una encuesta aplicada al personal encargado del área de producción del molino. En [7], [12], [14] se emplea la herramienta MatLab, que facilita el proceso de desarrollo, sin embargo, puede resultar en una desventaja si lo que se busca es integrar la solución obtenida como parte de otro sistema. Por tal motivo, se desarrolló una API con el modelo de clasificación de la calidad de arroz, la cual ofrece una mayor flexibilidad al poder ser consultada desde diferentes tipos de aplicaciones.

Conclusiones

Se desarrolló una aplicación web que mediante el uso de inteligencia artificial permite llevar a cabo la clasificación de la calidad de arroz, tomando como base la problemática de un molido de Ferreñafe.

Se determinó que las redes neuronales artificiales son la técnica adecuada para realizar la clasificación de la calidad de lotes de arroz en el contexto del molino presentado en esta investigación.

Se obtuvo un modelo de clasificación fiable gracias a su buen porcentaje de precisión, garantizando resultados robustos de acuerdo con lo requerido por el molino y a la norma técnica peruana.

Se logró construir una aplicación web, cuyo rendimiento resultó ser el óptimo debido al uso de herramientas acorde a las tendencias actuales y buenas prácticas de programación.

La aplicación web resultó ser funcional, en conformidad con la situación real del molino, siendo efectiva en la clasificación de la calidad de arroz y en el proceso de producción en general.

Recomendaciones

Dado que la presente está enfocada en una realidad concreta, las investigaciones futuras podrían tener en cuenta la totalidad de criterios establecidos en la norma técnica peruana, a fin de que los resultados de la clasificación se correspondan a diferentes realidades problemáticas.

Las pruebas de rendimiento realizadas se dieron en entornos controlados, por lo que las diferentes variables que pudieran surgir en un entorno de uso diario de la aplicación no han sido tomadas en cuenta. Por ello, se recomienda el uso de herramientas para la recopilación de información de la experiencia de los usuarios, con el propósito de obtener resultados más precisos.

Los datos generados a partir de la clasificación realizada podrían servir como entrada a una solución de minería de datos y así detectar patrones que puedan ser de utilidad en la ampliación del conocimiento de la problemática abordada en esta investigación o situaciones similares.

Los antecedentes presentados evidencian el uso de inteligencia artificial en la clasificación de la calidad de arroz, por ello, se incentiva a dar continuidad a esta línea de investigación, centrándose en la exploración de nuevas técnicas de inteligencia artificial o en su combinación para tratar problemáticas afines.

Referencias

- [1] INEI, «PERÚ: Producto Bruto Interno por Años, según Actividades Económicas 2007 - 2020». Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3bzKpTf>
- [2] MINAGRI, «La agroindustria molinera», *Ministerio de Agricultura y Riego*. <https://bit.ly/3pRpn3>.
- [3] C. A. Valencia M., «Evaluación de la calidad del arroz», *Rev. Achagua Vol 1 Núm2 1994 Rev. Achagua P 35-48*, 1994, Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/684>
- [4] INDECOPI, «Norma Técnica Peruana». INDECOPI, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2ZCiIqk>
- [5] E. Schiavo, «Investigación científica y tecnológica en el campo de las TIC: ¿conocimientos técnicos, contextuales o transversales?», *CTS Rev. Iberoam. Cienc. Tecnol. Soc.*, vol. 3, n.º 9, pp. 91-113, 2007, Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2378637>
- [6] C. González, «Lógica Difusa, una introducción práctica». 2011.
- [7] N. A. Kuchekar y V. V. Yerigeri, «Rice grain quality grading using digital image processing techniques», *IOSR J Electron. Commun. Eng*, vol. 13, n.º 3, pp. 84-88, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jece/papers/Vol.%2013%20Issue%203/Version-1/N1303018488.pdf>
- [8] C. Acosta, G. Sampallo, A. González, M. Cleva, y D. Liska, «Detección e identificación de defectos en granos de arroz empleando visión artificial», Córdoba, 2017, pp. 98-111. [En línea]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62834>
- [9] S. Ibrahim, N. A. Zulkifli, N. Sabri, A. A. Shari, y M. R. M. Noordin, «Rice grain classification using multi-class support vector machine (SVM)», *IAES Int. J. Artif. Intell. IJ-AI*, vol. 8, n.º 3, Art. n.º 3, sep. 2019, doi: 10.11591/ijai.v8.i3.pp215-220.
- [10] F. B. Mendoza Asencio, «Evaluación de la calidad de los granos de arroz (*Oryza sativa*) durante el pulimento», *Univ. Nac. Agrar. Selva*, 2019, Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1642>
- [11] P. Lecca y D. Tafur, «Sistema de visión computacional móvil en la identificación de la calidad de quinua blanca», Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/15004>
- [12] J. C. Soto Bohórquez, «Evaluación de la calidad de los granos de cacao por imágenes hiperspectrales basadas en técnicas de lógica difusa», *Univ. Piura*, feb. 2017, Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2650>
- [13] W. A. Briceño Portilla, «Implementación de nueva tecnología front-end para mejorar el rendimiento de sitios web», *Repos. Inst. - UTP*, 2021, Accedido: nov. 11, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4432>
- [14] Y. De la Cruz y J. Tinoco, «Determinación de la Calidad de Granos de Arroz Pulido Utilizando Algoritmos de Procesamiento Digital de Imágenes», Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/7990>
- [15] E. A. Vásquez Ortiz, «Algoritmo para detección de huevos de *Trichuris trichiura* en imágenes microscópicas de muestras coprológicas - Hospital Regional de Lambayeque - 2019», ene. 2020, Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8118>
- [16] A. L. Quiroz, «Aplicación de técnicas de visión por computador en la selección de Palta Hass de calidad», Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8392>

- [17] J. Castejón, «Arquitectura y diseño de sistemas web modernos», *Rev. Ing. Informática CIIRM*, 2004, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3w1Lr3x>
- [18] E. Echazú y R. Rodríguez, «Primer glosario de comunicación estratégica en español». 2018. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3jPH0Uu>
- [19] L. H. Ibáñez, *Administración de Sistemas Gestores de Base de Datos*, 2a Edición. Madrid: RM-MA, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3bmrhIb>
- [20] Deloitte, «¿Qué es un ORM?» <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/que-es-orm.html>.
- [21] N. Chapaval, «Qué es Frontend y Backend», *Pltzi*, 2017. <https://bit.ly/3c6UPtM>
- [22] React, «React Documentación». <https://es.reactjs.org/docs/getting-started.html>
- [23] T. Rascia, «React Tutorial: An Overview and Walkthrough». <https://www.taniarascia.com/getting-started-with-react/> (accedido nov. 09, 2021).
- [24] M. Pincioli, N. Ponzio, y M. Salsamendi, *El Arroz: alimento de millones*. La Plata: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/410>
- [25] A. G. Serrano, *INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Fundamentos, práctica y aplicaciones 2ª edición revisada*. San Fernando de Henares, Madrid, 2016.
- [26] IBM, «El modelo de redes neuronales», *IBM*. https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7_sub/modeler_mainhelp_client_ddita/components/neuralnet/neuralnet_model.html.
- [27] S. I. Mariño y C. R. Primorac, «Propuesta metodológica para desarrollo de modelos de redes neuronales artificiales supervisadas», *IJERI Int. J. Educ. Res. Innov.*, n.º 6, Art. n.º 6, may 2016, Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1654>
- [28] G. Betancourt, «LAS MÁQUINAS DE SOPORTE VECTORIAL (SVMs)», *Sci. Tech.*, vol. 1, n.º 27, pp. 67-72, 2005, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911698014.pdf>
- [29] A. Shmilovici, «Support Vector Machines», en *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, O. Maimon y L. Rokach, Eds. Boston, MA: Springer US, 2010, pp. 231-247. doi: 10.1007/978-0-387-09823-4_12.
- [30] BBVA, «Machine learning»: ¿qué es y cómo funciona? [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/machine-learning-que-es-y-como-funciona/>.
- [31] M. de F. OECD, «Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental», *OECD Publ.*, 2015.
- [32] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, *Metodología de la investigación*. MacGraw-Hill/Interamericana, 2006.
- [33] K. Schwaber y J. Sutherland, «La Guía de Scrum». 2020. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3EqRB08>
- [34] M. Trigás Gallego, «Metodología scrum», 2012.
- [35] Scikit Learn, «Metrics and scoring: quantifying the quality of predictions», *Scikit Learn*. https://scikit-learn.org/stable/modules/model_evaluation.html.
- [36] R. Borja-Robalino, A. Monleón-Getino, y J. Rodellar, «Estandarización de métricas de rendimiento para clasificadores Machine y Deep Learning», *Rev. Ibérica Sist. E Tecnol. Informação*, n.º E30, pp. 184-196, 2020, Accedido: nov. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2404400534/abstract/63A4EA1760414DB6PQ/1>
- [37] Google Developers, «Lighthouse | Tools for Web Developers», *Google Developers*. <https://developers.google.com/web/tools/lighthouse?hl=es> (accedido nov. 09, 2021).
- [38] L. Escurra, «Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces», *Rev. Psicología Pontif. Univ. Católica Perú*, vol. 6, n.º 1-2, pp. 103-111, 1998.

- [39] C. Cordero y F. Saavedra, «Manual de procedimientos para la medición de la calidad industrial del arroz en Chile», 2011, Accedido: nov. 10, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/31943>

Anexos**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS****CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE PRODUCTO
ACREDITABLE**

Por medio de la presente certificamos la aprobación de la tesis: “Desarrollo de una aplicación web para la clasificación de la calidad de arroz, mediante inteligencia artificial, en un molino de Ferreñafe”, presentada por el Sr. **JESÚS FERNANDO LUJÁN PISCOYA** como producto acreditable de trabajo de investigación de fin de grado, cumpliendo los requisitos establecidos y objetivos planteados por este.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que desee conveniente.

Ferreñafe, 18 de noviembre de 2021

Atentamente.



ANEXO N° 02. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FORMATO DE ENTREVISTA:

Fecha: 14/07/2020

Entrevistado: (Nombre reservado)

Cargo: Jefe de producción

Organización: -

Objetivo: Recolectar información acerca del estado de la organización con respecto al área de producción.

Preguntas:

1. **¿En qué consiste el proceso de producción del molino?**

2. **¿Considera que la clasificación de la calidad de arroz es una actividad crítica para el molino?**

3. **¿Podría describir los componentes principales que determinan la calidad del arroz?**

4. **En términos generales ¿De qué manera se realiza la clasificación de la calidad del arroz?**

5. **¿Qué métodos se emplean para la clasificación de la calidad del arroz?**

6. **¿Cuál es el proceso para la clasificación de la calidad de arroz?**

7. **¿Cuenta con un sistema de información que apoye dicha clasificación?**

8. ¿Cuáles son las características con las que cuentan los equipos de cómputo?

9. ¿Existen problemas con respecto al sistema? ¿Cuáles son?

FORMATO DE ENTREVISTA:

Fecha: 11/07/2020

Entrevistado: -

Cargo: Sub-gerente.

Organización: -

Objetivo: Recolectar información acerca del estado de la organización.

Preguntas:

1. ¿Cuál es la misión y visión de la organización?

2. ¿Qué áreas resultan críticas para la organización?

3. ¿Qué problemas o inconvenientes detecta en dichas áreas?

4. ¿Está en condiciones la organización de implementar una solución tecnológica en las mencionadas áreas?

5. ¿Qué resultado espera después de implementada una solución?

GUÍA DE OBSERVACIÓN:

Fecha: 11/07/2020

Área observada: Producción

Organización: -

Objetivo: Recolectar información acerca del estado de la organización con respecto al área de producción.

CRITERIO	REGISTRO DE CUMPLIMIENTO		
	SI	NO	N/A
¿Cuenta con laboratorio para análisis de calidad del arroz?			
¿Cuenta con un sistema de información que automatice o apoye el discernimiento de la calidad del arroz?			
¿Realiza una exhaustiva evaluación de calidad para cada uno de los lotes?			
¿Se emplean métodos formales para la clasificación de la calidad de arroz?			
¿El almacén está seccionado en término de la calidad de arroz?			
¿Cuenta con una infraestructura tecnológica avanzada?			
¿El sistema actual resulta funcional al 100% para el molino?			
¿Existes procesos que se realizan manualmente?			

ANEXO N° 03. MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO
“MOLINO”



Desarrollado por: Jesús Fernando Luján Piscoya


**MANUAL DE
USUARIO**

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Plataforma recomendada:	Navegador basado en Chromium
Lenguaje:	JavaScript, Python
Bibliotecas:	ReactJs, Apollo Client, Bootstrap, GraphQL, Flask.
Base de datos:	PosgreSQL, PrismaORM
Alojamiento:	Heroku, Vercel
Acceso:	https://inventory-system-web.vercel.app/
Versión:	v1.0
Soporte:	-



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

ASPECTOS GENERALES

Inicio de sesión

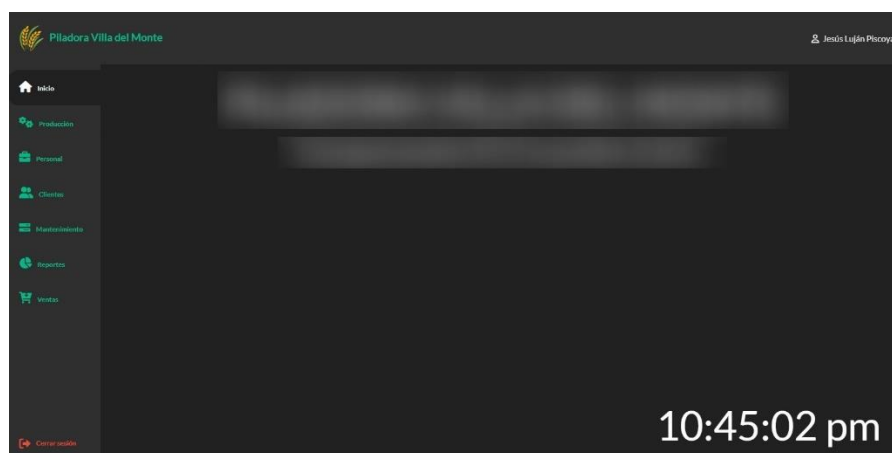
Nombre de usuario

Contraseña

Iniciar Sesión

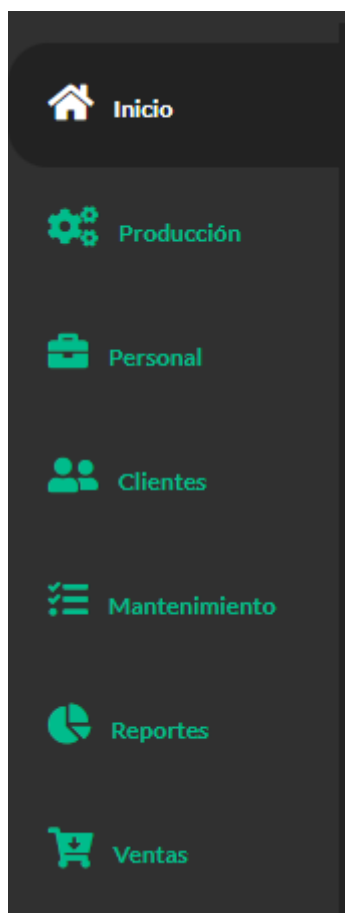
- Permite acceder al sistema, se deberá ingresar un nombre de usuario (por ejemplo: “jlujan”) con su respectiva contraseña. Dichas credenciales serán otorgadas por el administrador del sistema. Este apartado dará paso a la pantalla principal.

Pantalla principal





Barra de menú lateral



- En este apartado se muestran todas las opciones del sistema, ordenadas por módulos. Está presente en todas las interfaces, para su fácil acceso.

Salir del sistema



- El sistema cuenta con sesión persistente, lo que significa que, una vez iniciada la sesión, no será necesario repetir este proceso hasta una semana después, si se desea culminar con la sesión antes de ese tiempo deberá hacer uso del botón “Cerrar sesión”.



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

MÓDULO DE PRODUCCIÓN

Menú del módulo de producción



- Aquí se muestran las opciones dentro del módulo de producción, mediante este apartado se puede registrar el proceso desde que el arroz ingresa al molino, hasta que es pilado.

Registrar entrada

REGISTRAR INGRESO DE LOTE PRODUCTO

Documento de identidad: Ingrese el documento del cliente	Cliente Cliente no registrado	
Almacén: Almacén A	Producto: Arroz blanco Tinajones - Saco 48KG	
Placa de transporte: Ingrese la placa del transporte	Fecha: 12/11/2021	
Peso: Ingrese el peso del lote en KG	Cantidad: 0	Humedad: Ingrese el porcentaje de humedad

Registrar
Volver

- Se muestra un formulario, el cual deberá ser completado en su totalidad. En él se especifican datos del lote de arroz que llega al molino, así como el almacén donde irá a parar. La fecha es un campo que se completa automáticamente. Para concretar el ingreso del lote deberá presionarse el botón “Registrar”.



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

Registrar secado

Código	Propietario	Documento	Producto	Variiedad	Unidad	Cantidad inicial	Peso inicial	Humedad inicial	Fecha	Secado
157	Juan Pérez	75553596	Polvillo	Tinajones	Saco 48KG	2	120	20%	24/11/2021	

REGISTRAR SECADO DE LOTE PRODUCTO Clasificar con Inteligencia Artificial

Código de lote:	Documento propietario:	Propietario:	
<input type="text" value="157"/>	<input type="text" value="75553596"/>	<input type="text" value="Juan Pérez"/>	
Almacén:	Producto:		
<input type="text" value="Almacén A"/>	<input type="text" value="Polvillo Tinajones Saco 48KG"/>		
Fecha de ingreso:	Fecha de secado:		
<input type="text" value="24/11/2021"/>	<input type="text" value="29/11/2021"/>		
Peso:	Cantidad:	Humedad:	
<input type="text" value="Ingrese el peso del lote en KG"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="Ingrese el % de humedad"/>	
Granos rojos:	Tiza total:	Tiza parcial:	Granos dañados:
<input type="text" value="Ingrese el % de granos rojos"/>	<input type="text" value="Ingrese el % de tiza total"/>	<input type="text" value="Ingrese el % de tiza parcial"/>	<input type="text" value="Ingrese el % de granos dañados"/>
Mezcla varietal:	Materia extraña:	Granos quebrados:	
<input type="text" value="Ingrese el % de mezcla varietal"/>	<input type="text" value="Ingrese el % de materia extraña"/>	<input type="text" value="Ingrese el % de granos quebrados"/>	

Registrar
Volver

Clasificar con Inteligencia Artificial

- Este apartado permite registrar los datos obtenidos por el laboratorio una vez el lote de arroz en cáscara ha sido secado. Se debe seleccionar un lote desde la lista la cual aparece al inicio y el sistema redirigirá hasta un formulario con información del lote de arroz escogido y los campos que deberán ser completados con los resultados del laboratorio. Deberá ser cuidadoso de no cometer errores de digitación, pues esta información sirve para la clasificación de la calidad más adelante. Para hacer efectiva la operación se debe presionar el botón “Registrar” del formulario.
- Además, existe la opción de obtener una clasificación de la calidad de lote al momento de registrar el secado. Solo debe activarse la opción de “Clasificar con Inteligencia Artificial”



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

Registrar pilado

Código	Propietario	Documento	Producto	Variedad	Unidad	Cantidad secado	Peso secado	Humedad secado	Fecha de secado
123	Javier Custodio	12345678	Arroz en cáscara	NIR	Saco 90KG	21	1960	12%	8/7/2021

REGISTRAR PILADO DE LOTE

Código de lote:	Documento propietario:	Propietario:
<input type="text" value="123"/>	<input type="text" value="12345678"/>	<input type="text" value="Javier Custodio"/>
Almacén:	Producto:	
<input type="text" value="Almacén A"/>	<input type="text" value="Arroz en cáscara NIR"/>	

PRODUCTOS

Código	Almacén	Producto	Variedad	Unidad	Cantidad	Peso	Humedad	Fecha de ingreso	Condición
--------	---------	----------	----------	--------	----------	------	---------	------------------	-----------

REGISTRAR PRODUCTOS RESULTANTES

Producto inicial:	Producto final:	
<input type="text" value="Arroz en cáscara NIR Saco 90KG"/>	<input type="text" value="Arroz blanco Tinajones - Saco 48KG"/>	
Almacén:	Fecha:	
<input type="text" value="Almacén A"/>	<input type="text" value="12/11/2021"/>	
Peso:	Cantidad:	Humedad:
<input type="text" value="Ingrese el peso del lote en KG"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="Ingrese el porcentaje de humedad"/>

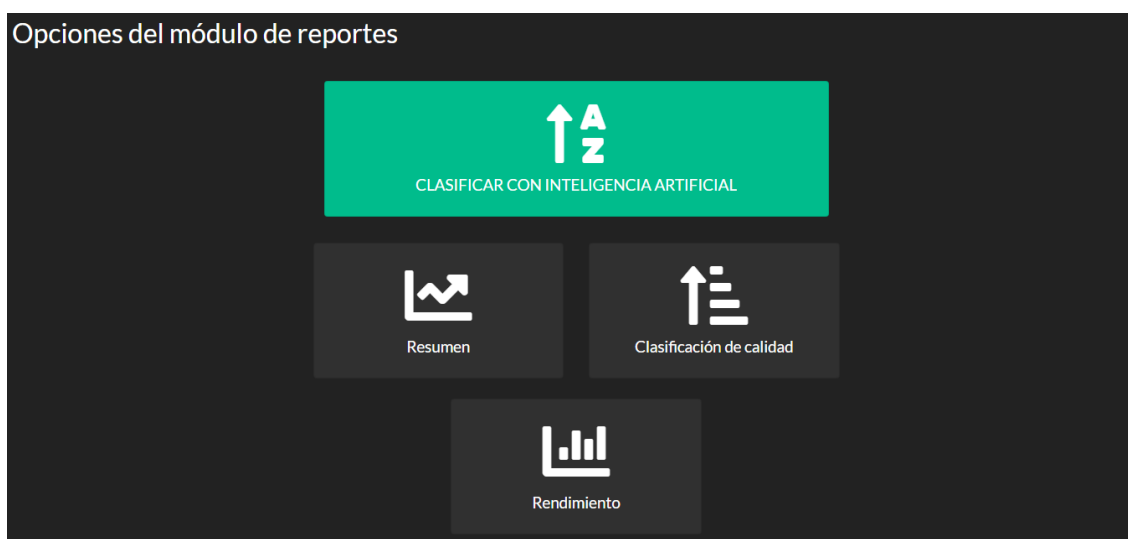
- Aquí se podrán registrar datos del lote de arroz una vez pilado. Lo primero es seleccionar un lote desde la lista inicial, aparecerá un formulario con datos generales del lote y se mostrar los productos y subproductos resultantes del pilado de dicho lote. Para registrar los productos y subproductos resultantes se deberá presionar el botón “Añadir” y el sistema redirigirá a un formulario donde se puede registrar tal producto o subproducto; para guardar esta operación se deberá presionar el botón “Registrar”. Finalmente, para completar el registro de pilado, en el formulario principal se deberá presionar el botón “Guardar”



MÓDULO DE REPORTES

Menú del módulo de reportes

Opciones del módulo de reportes



- Se muestran opciones de diferentes vistas de reportes, y la opción de generarlos a partir de la clasificación con inteligencia artificial.

Clasificar



- Este botón permite realizar la clasificación de la calidad de arroz mediante inteligencia artificial, específicamente, mediante un modelo de redes neuronales. Presiónelo para actualizar el estado de los reportes.



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

Clasificación de la calidad

Clasificación de calidad

DNI: Clasificación:

Producto: Almacén:

Filtro: Fecha inicial: Fecha final:

Código	Fecha de Ingreso	Fecha de secado	Cliente	Producto	Almacén	Humedad	Peso	Clasificación	Reporte
122	8/7/2021	8/7/2021	Juan Pérez	Arroz en cáscara NIR	Almacén A	12%	2920	Extra	
120	8/7/2021	8/7/2021	Juan Pérez	Arroz en cáscara Sicán	Almacén A	12%	7920	Superior	
127	3/9/2021	3/9/2021	Juan Pérez	Arroz en cáscara Sicán	Almacén A	14%	490	Superior	
123	8/7/2021	8/7/2021	Javier Custodio	Arroz en cáscara NIR	Almacén A	12%	1960	Corriente	

- Aquí se muestra un listado con los lotes clasificados, según su calidad. Cada grado de calidad cuenta con un color específico, además de mostrarse en la penúltima columna de la tabla listado. Además, se pueden aplicar filtros, para obtener lotes con los requisitos especificados. Se permite filtrar por cliente, por grado o calidad, por producto, por el almacén donde se encuentre el producto y por rango de fechas (se manejan las opciones: Fecha de entrada, fecha de secado, fecha de entrada y secada).
- Los lotes mostrados en este apartado se encuentran físicamente en almacén.

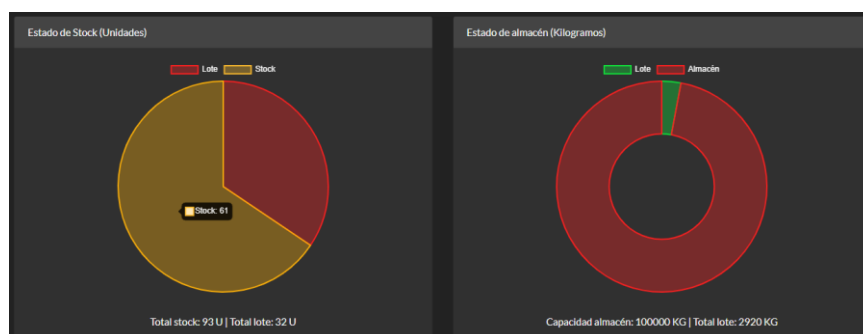
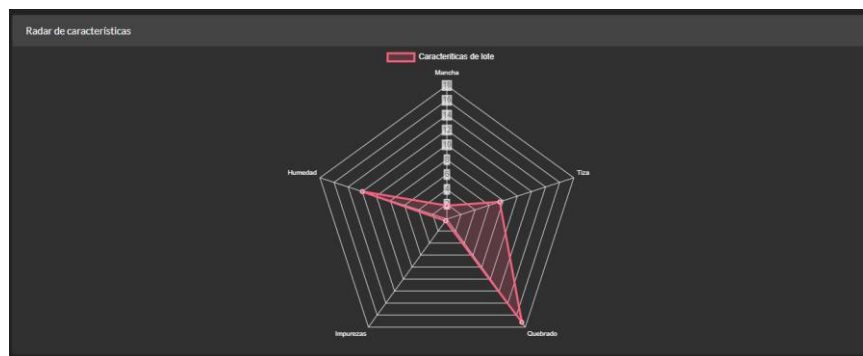
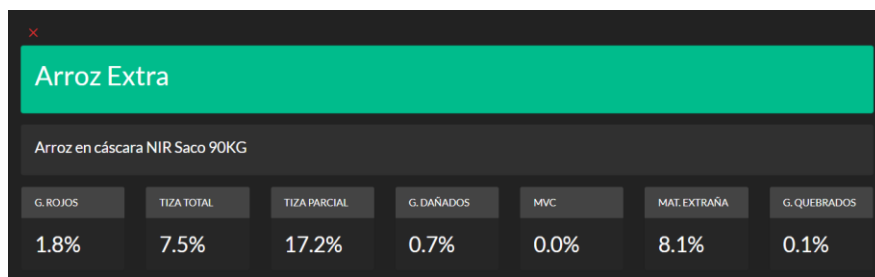


MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

Detalle de Reporte

Código	Fecha de ingreso	Fecha de secado	Cliente	Producto	Almacén	Humedad	Peso	Clasificación	Reporte
122	8/7/2021	8/7/2021	Juan Pérez	Arroz en cáscara NIR	Almacén A	12%	2920	Extra	



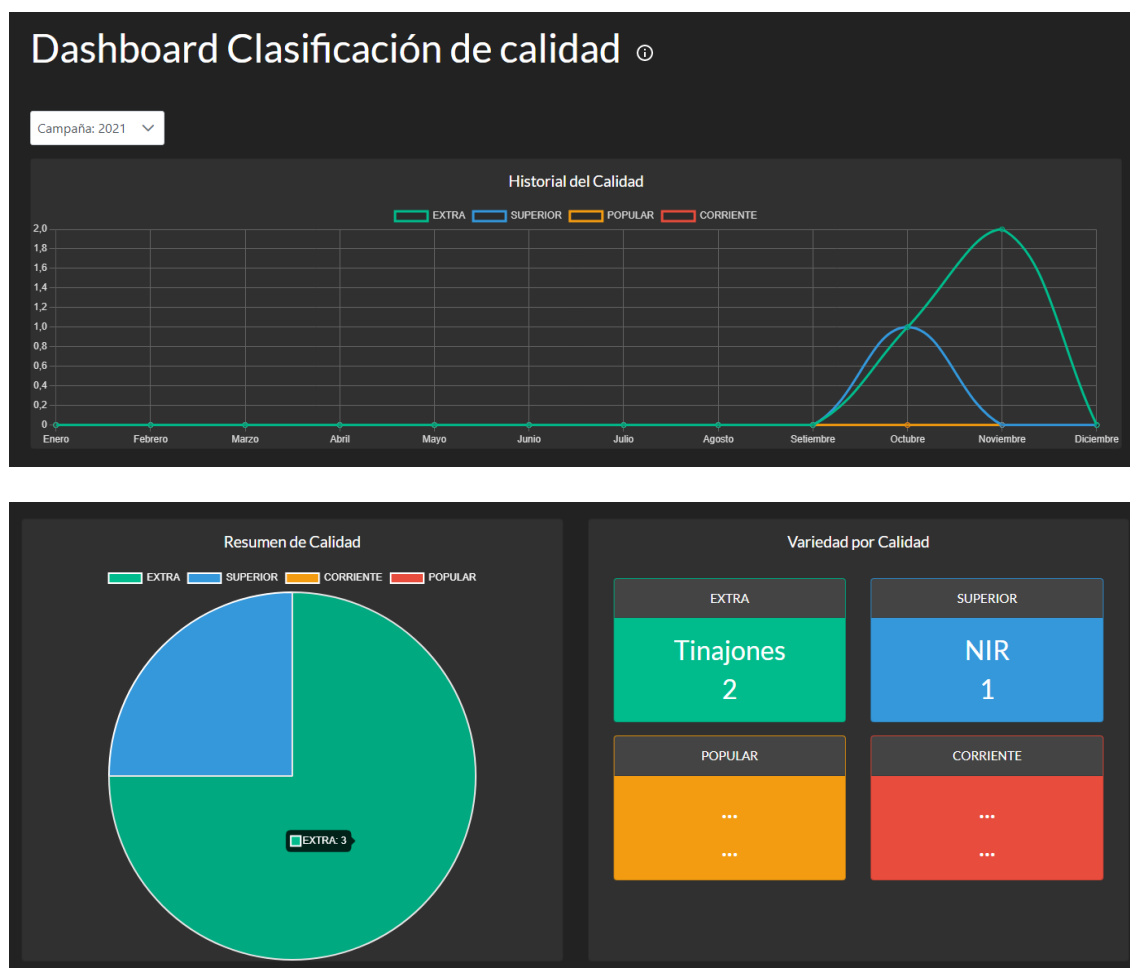
- Al seleccionar un lote desde la lista de lotes clasificado, el sistema redirigirá al detalle del lote seleccionado. En él se aprecia el grado de calidad, los valores de los componentes determinante, un radar con los valores representados y contrastados gráficamente y dos gráficos relacionados al stock y alancen con respecto al lote.



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

Resumen



- Se muestran gráficos a modo de resumen, con información histórica de la clasificación de calidad obtenida por los lotes en un periodo de campaña correspondiente a un año. Cabe resaltar que, los lotes contabilizados no necesariamente se encuentran en almacén, dado que, tal como se mencionó, son datos históricos.



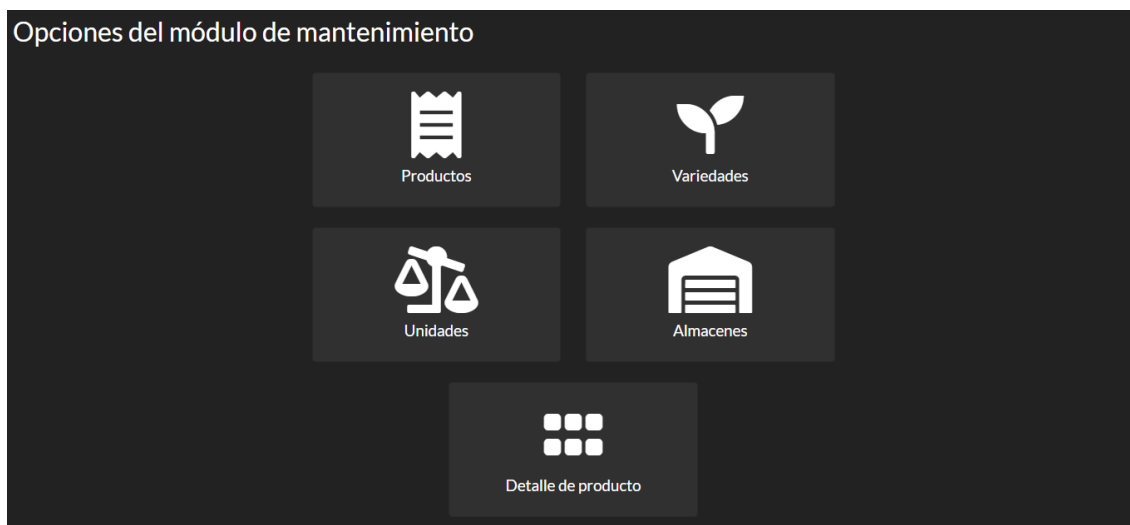
MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

MÓDULO DE MANTENIMIENTO

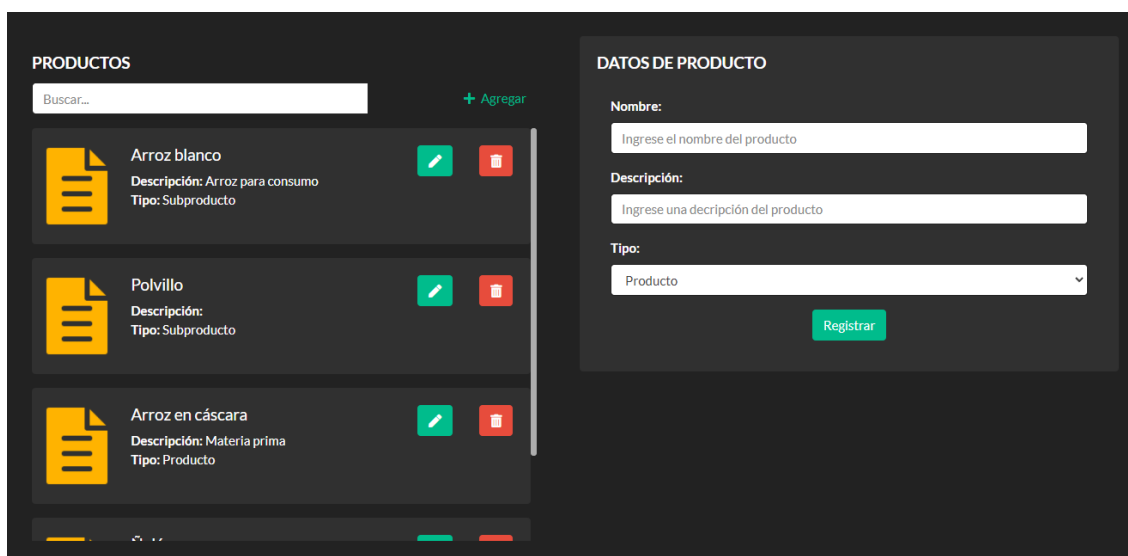
Menú del módulo de mantenimiento

Opciones del módulo de mantenimiento



- Este módulo permite gestionar los productos, variedades, unidades, y almacenes con los que se trabaja en el molino.

Productos



- Permite visualizar, registrar, actualizar y eliminar datos de los productos.



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

Variedades

VARIETADES

+ Agregar

DATOS DE VARIETADE DE PRODUCTO

Nombre:

Descripción:

Región:

Registrar

NIR

Descripción:
Ubicación: Norte

✎
✖

Tinajones

Descripción:
Ubicación: Norte

✎
✖

Sicán

Descripción:
Ubicación: Norte

✎
✖

- Permite visualizar, registrar, actualizar y eliminar datos de las variedades de arroz contempladas por el monino.

Unidades

UNIDADES

+ Agregar

DATOS DE UNIDAD

Nombre:

Descripción:

Peso:

Registrar

Saco

Descripción: Saco color naranja
Peso: 48

✎
✖

Saco

Descripción: Negro
Peso: 90

✎
✖

- Permite visualizar, registrar, actualizar y eliminar datos de las unidades de medida contempladas por el monino.



MANUAL DE USUARIO

*Desarrollado por: Jesús Fernando Luján
Piscoya*

Almacenes

ALMACENES

+ Agregar

Almacén A

Descripción:
Ubicación: Molino
Capacidad: 100000 KG

✎
✖

Almacén B

Descripción:
Ubicación: Molino
Capacidad: 50000 KG

✎
✖

DATOS DE ALMACÉN

Nombre:

Descripción:

Capacidad:

Ubicación:

Registrar

- Permite visualizar, registrar, actualizar y eliminar datos de los almacenes con los que cuenta el monino.

Detalle de producto

DETALLE DE PRODUCTOS

+ Agregar

Arroz blanco Tinajones

Unidad: Saco
Stock: 166
Precio: 120.2

✎
✖

Polvillo Tinajones

Unidad: Saco
Stock: 125
Precio: 78.5

✎
✖

Arroz blanco NIR

Unidad: Saco
Stock: 10
Precio: 110

✎
✖

DATOS DE DETALLE DE PRODUCTO

Producto:

Variedad:

Unidades:

Stock:

Precio:

Registrar

- Combinación de producto, unidad de medida y variedad que resulta un producto con detalle. El stock es determinado bajo esta combinación. Los otros apartados identifican la combinación únicamente con el nombre de "Producto".

ANEXO N° 04. DEMOSTRACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN

GUÍA DE MEDICIÓN DE CONCORDANCIA CON SITUACIÓN REAL DE LA EMPRESA

El procedimiento consistirá en poner a prueba la aplicación bajo un contexto real, el cual será validado por el personal de producción de la empresa.

A continuación, se detallan los momentos que tuvo este procedimiento:

1. Se hace un recorrido general por la aplicación, explicando de manera breve de que trata cada apartado.
2. Se explica detalladamente la conformación del apartado de clasificación de la calidad.
3. Se elijen los datos con los cuales se recreará el uso del sistema durante el proceso de producción. Los datos se muestran en la siguiente tabla.

Lote N° 01								
Entrada de lote								
DNI	-							
Cliente	-							
Almacén	A							
Producto	Arroz en cáscara Sicán – saco 90Kg							
Peso (Kg)	10298							
Cantidad	116							
Humedad (%)	26							
Placa	-							
Fecha	-							
Secado								
Peso (Kg)	8929							
Cantidad	100							
Humedad (%)	14							
Análisis de laboratorio (%)	G. Rojos	G. Tizosos Totales	G. Tizosos Parciales	G. Dañados	M. V. C.	Materia extraña	G. Quebrados	
	0.00	0.20	2.40	0.00	0.00	0.00	4.80	
Fecha	-							
Pilado								
Producto	Arroz blanco Sicán – saco 49Kg		Peso (Kg)					6251
			Cantidad					128
			Humedad					14
			Fecha					-

Subproducto	Polvillo – saco 30Kg	Peso (Kg)	1038
		Cantidad	35
		Humedad	-
		Fecha	-

Lote N° 02							
Entrada de lote							
DNI	-						
Cliente	-						
Almacén	A						
Producto	Arroz en cáscara NIR – saco 90Kg						
Peso (Kg)	9410						
Cantidad	106						
Humedad (%)	26.02						
Placa	-						
Fecha	-						
Secado							
Peso (Kg)	8159						
Cantidad	92						
Humedad (%)	14.01						
Análisis de laboratorio (%)	G. Rojos	G. Tizos Totales	G. Tizos Parciales	G. Dañados	M. V. C.	Materia extraña	G. Quebrados
	0.00	0.10	3.30	0.30	0.10	0.00	5.00
Fecha	-						
Pilado							
Producto	Arroz blanco NIR – saco 49Kg	Peso (Kg)	5712				
		Cantidad	117				
		Humedad	14				
		Fecha	-				
Subproducto	Polvillo – saco 30Kg	Peso (Kg)	948				
		Cantidad	32				
		Humedad	-				
		Fecha	-				

Lote N° 03							
Entrada de lote							
DNI	-						
Cliente	-						
Almacén	A						
Producto	Arroz en cáscara Tinajones – saco 90Kg						
Peso (Kg)	11724						
Cantidad	132						
Humedad (%)	23.20						
Placa	-						
Fecha	-						
Secado							
Peso (Kg)	10342						
Cantidad	116						
Humedad (%)	14						
Análisis de laboratorio (%)	G. Rojos	G. Tizosos Totales	G. Tizosos Parciales	G. Dañados	M. V. C.	Materia extraña	G. Quebrados
	0.00	0.40	8.13	0.70	8.50	0.00	8.80
Fecha	-						
Pilado							
Producto	Arroz blanco Tinajones – saco 49Kg	Peso (Kg)		6929			
		Cantidad		141			
		Humedad		14			
		Fecha		-			
Subproducto	Polvillo – saco 30Kg	Peso (Kg)		1150			
		Cantidad		38			
		Humedad		-			
		Fecha		-			

4. Se observa el comportamiento general del sistema durante la recreación.
5. Se observa la clasificación de la calidad de arroz y se comparan los resultados.
6. Se aplica una encuesta valorativa.

ENCUESTA VALORATIVA

Escala de valoración				
4	3	2	1	0
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo

N°	Ítem	Alternativa				
1	La aplicación muestra conformidad con respecto al proceso de producción en general.	0	1	2	3	4
2	La aplicación muestra conformidad con respecto a la gestión de ingreso de lote.	0	1	2	3	4
3	La aplicación muestra conformidad con respecto a la gestión de secado de lote.	0	1	2	3	4
4	La aplicación muestra conformidad con respecto a la gestión de pilado de lote.	0	1	2	3	4
5	La aplicación muestra conformidad con respecto a la clasificación de la calidad de arroz.	0	1	2	3	4
6	La aplicación muestra la información sobre la clasificación de la calidad de arroz de manera clara y precisa.	0	1	2	3	4
7	La aplicación realiza una clasificación de la calidad de arroz acertada.	0	1	2	3	4
8	La aplicación resulta útil como apoyo a la toma de decisiones.	0	1	2	3	4
9	La aplicación se percibe rápida y fluida.	0	1	2	3	4
10	La aplicación permite completar el proceso de producción sin errores.	0	1	2	3	4