



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



Dispositivo electrónico basado en sensores y su influencia en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

AUTOR:

Lenin Cabanillas Pardo

ASESOR:

Ing. Dr. Miguel Ángel Valles Coral

Tarapoto – Perú

2021


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

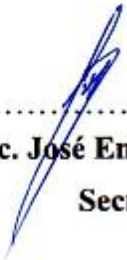



Dispositivo electrónico basado en sensores y su influencia en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

AUTOR:
Lenin Cabanillas Pardo

Sustentada y aprobada el 21 de octubre del 2021, ante el honorable jurado:


.....
Ing. Carlos Armando Ríos López
Presidente


.....
Ing. M.Sc. José Enrique Celis Escudero
Secretario


.....
Ing. Mtro. John Antony Ruiz Cueva
Vocal

Declaración de autenticidad

Lenin Cabanillas Pardo, con DNI N° 46901755, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Dispositivo electrónico basado en sensores y su influencia en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido autoplagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por lo tanto, la investigación debe considerarse como parte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 21 de octubre del 2021.



Bach. Lenin Cabanillas Pardo

DNI N° 46901755

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Pobanillos Pardo Jenin	
Código de alumno :	097143	Teléfono:
Correo electrónico :	LPardoCab@UNSM.EDU.PE	DNI: 46907755

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería de Sistemas e Informática
Escuela Profesional de:	Ingeniería de Sistemas e Informática

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Dispositivo electrónico basado en sensores y su influencia en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de Cañazo en la Cooperativa Agraria Ullina Cañazo.
Año de publicación:	2022

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

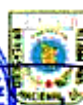

.....
Firma del Autor



8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

12/01/2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología
e Innovación de Acceso Abierto - UNSM.


Ing. M.Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mis padres; Misael Erasmo Cabanillas Chilón y María Noema Pardo Vásquez por su apoyo incondicional en mi formación profesional.

A mis bisabuelos; Segundo Cabanillas Vargas y Luis Chilón Gabriel.

A los millones de productores agrarios del país.

Agradecimientos

A Yahveh, a él sea la gloria por la eternidad.

A mis hermanos menores Jorge, Mercedes, Anthony, Misael y Santiago por su amor fraterno hacia mi persona.

A Marwin García Mori e Iván Bernaldes del Águila por la amistad de años y haber apoyado ideas en bien de los procesos de postcosecha en café y cacao.

Al gerente de la cooperativa ALLIMA CACAO Ltda. Carlos Angulo González por el apoyo incondicional de permitir ejecutar este proyecto de tesis en la mencionada institución.

A David Santos Huancas por su apoyo incondicional en la ejecución de este proyecto de tesis.

A Miguel Ángel Valles Coral, por ser mi asesor y la paciencia que ha tenido en todo el proceso.

A Erick Napanga Paredes, por su gran amistad y por su soporte técnico en todo el proceso de este proyecto de tesis.

Índice general

Dedicatoria.....	viii
Agradecimientos	vii
Índice general.....	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación	5
1.2. Bases teóricas.....	7
1.3. Definición de términos básicos	12
CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS	15
2.1. Tipo y nivel de investigación.....	15
2.2. Diseño de investigación	15
2.3. Población y muestra.....	15
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos	15
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	17
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	45

Índice de tablas

Tabla 1. Instrumento de recolección de datos	16
Tabla 2. Indicadores de medición de la fermentación del grano de cacao	16
Tabla 3. Sinopsis del proceso de fermentación	18
Tabla 4. Requerimientos funcionales del sistema de monitoreo	24
Tabla 5. Historia de Usuario - Evaluaciones	25
Tabla 6. Historia de Usuario - Monitoreo.....	25
Tabla 7. Historia de Usuario – Reportes.....	25
Tabla 8. Diagrama de Caso de Uso - Evaluaciones.....	27
Tabla 9. Diagrama de Caso de Uso - Panel de control	28
Tabla 10. Diagrama de Caso de Uso - Reportes.....	28
Tabla 11. Media del monitoreo de la fermentación del cacao por frecuencia de día	32
Tabla 12. Media del monitoreo de la fermentación del cacao por frecuencia de día	32
Tabla 13. Comparación entre los valores de los parámetros de fermentación	33

Índice de figuras

Figura 1. Parámetros fisicoquímicos básicos de fermentación del cacao.....	19
Figura 2. Esquema eléctrico del dispositivo electrónico basado en sensores.....	20
Figura 3. Fotografía del dispositivo electrónico basado en sensores.....	20
Figura 4. Modelo de recojo y procesamiento de datos dispositivos	21
Figura 5. Arquitectura cliente – servidor	21
Figura 6. Cajones con sensores instalados en el módulo de fermentación.....	22
Figura 7. Diagrama de caso de uso.....	27
Figura 8. Modelo Entidad - Relación de base de datos	29
Figura 9. Arquitectura de programación del sistema web-móvil	29
Figura 10. Registro y sincronización de toma de datos	30
Figura 11. Evaluaciones sincronizadas por muestra.....	30
Figura 12. Panel de control de monitoreo de los parámetros básicos de fermentación.....	31
Figura 13. Evaluación de la temperatura para el cacao CCN51 con fermentación DPC durante 7 días	34
Figura 14. Evaluación del pH para el cacao CCN51 con fermentación DPC durante 7 días	34

Resumen

La fermentación del cacao (*Theobroma cacao*) genera la sucesión de microorganismos y depende de la temperatura para obtener calidad organoléptica en los granos; sin embargo, los productores emplean métodos tradicionales para su medición y desconocen los parámetros óptimos. Se propuso determinar en qué medida un dispositivo electrónico basado en sensores influye en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda, Chazuta, Perú. Para ello, se realizó un estudio aplicado, enfoque cuantitativo y diseño descriptivo comparativo. La unidad de análisis correspondió a los datos recopilados durante el proceso de monitoreo del cacao en baba de forma tradicional y mediante el dispositivo en los cajones fermentadores. Los resultados evidencian la determinación de parámetros básicos de fermentación sustentando en la literatura científica y el protocolo adoptado por la Cooperativa, además de los procedimientos de diseño y ensamble del dispositivo a través de equipos electrónicos y la implementación de un sistema web-móvil para el almacenamiento y visualización de los parámetros en tiempo real. La comparación de medias de los valores de monitoreo de fermentación demuestra significancia ya que de forma tradicional se realiza cada 24 hrs en ocho días, en cambio con el dispositivo se genera cada 30 seg por 56 513 veces según periodo de siete días. Concluimos que el dispositivo electrónico basado en sensores influye significativamente en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano.

Palabras clave: cacao, calidad, dispositivo electrónico, fermentación, monitoreo, sensores.

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao*) fermentation generates the succession of microorganisms and depends on temperature to obtain organoleptic quality in the beans; however, producers use traditional methods for its measurement and do not know the optimal parameters. The purpose of this study was to determine to what extent an electronic device based on sensors influences the real-time monitoring of cocoa bean fermentation at the Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda, Chazuta, Peru. For this purpose, an applied study, quantitative approach and comparative descriptive design was carried out. The unit of analysis corresponded to the data collected during the monitoring process of cocoa in slime in the traditional way and by means of the device in the fermenter boxes. The results show the determination of basic fermentation parameters based on the scientific literature and the protocol adopted by the Cooperative, in addition to the design and assembly procedures of the device through electronic equipment and the implementation of a web-mobile system for the storage and visualization of the parameters in real time. The comparison of means of the fermentation monitoring values shows significance since in the traditional way it is measured every 24 hours in eight days, while with the device it is generated every 30 seconds for 56,513 times in a period of seven days. It is concluded that the electronic device based on sensors has a significant influence on the real-time monitoring of grain fermentation.

Keywords: cocoa, quality, electronic device, fermentation, monitoring, sensors.



Introducción

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) se ha extendido en el mundo por su alto valor energético y por ser fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes, esto ha permitido que en los últimos años se produzcan avances importantes en la mejora de las semillas, conduciendo a la práctica tecnificada de la agricultura (López Medina & Gil Rivero, 2017). Según (Huamanchumo de la Cuba, 2017), su consumo significativo se debe a la revaloración de la exquisitez de sus granos como alimentación saludable.

Para los autores (Aubain et al., 2020; Ngouambe Tchouatcheu et al., 2019; Ortiz S. et al., 2019; Vera R. et al., 2017) la fermentación del grano de cacao define la calidad organoléptica y el contenido de compuestos antioxidantes y polifenoles considerados indicadores bioquímicos de una buena fermentación que conducen a diferentes grados de cacao, como granos pizarrosos (sin fermentar) y violetas (poco fermentados); y de acuerdo a (García González et al., 2019) está influenciado principalmente con la temperatura que se propicia a las condiciones de cambios para la sucesión de microorganismos.

Existen diversos métodos de fermentación del grano de cacao (caja de madera, plásticos, sacos de yute o cabuya y sacos de polipropileno), sin embargo, (Steinau-Dueñas et al., 2017) señalaron el bajo nivel de investigaciones sobre la fermentación del grano en el cual se determinen aspectos básicos de temperatura y pH que se adapten a condiciones ambientales. En este sentido, (García González et al., 2019) refirieron que la deficiente fermentación del grano se debe al alto valor en el pH del cotiledón, el porcentaje de fermentación visual (prueba de corte) y el índice de fermentación.

En Perú (Cárdenas Guerra, 2019) señaló que las políticas públicas aplicadas al cacao, han incrementado su exportación, según el Centro de Comercio Internacional (CCI) de 32 997 toneladas en 2011 a 80 047 toneladas en 2016. No obstante, a comparación de Ecuador, las exportaciones van más de un tercio (31.64% de 253 018 toneladas), por lo que consideró necesario replantear políticas con el fin de proporcionar estrategias de producción; básicamente en la tecnificación de los procesos de postcosecha.

Según (Andrade-Almedia et al., 2019) los agricultores peruanos fermentan el grano de cacao haciendo uso de cajones de madera que técnicamente proporcionan menor porcentaje de grano de cacao violetas (poco fermentados), asimismo se ha verificado, de acuerdo a

(Ramos et al., 2018) la presencia de proliferación de hongos productores de Ocratoxina A (OTA) debido a la ausencia del control oportuno de la humedad y temperatura durante la fermentación de granos, de tal manera el ambiente es proclive para la generación de estos organismos.

En el ámbito local (Fernández Ruiz, 2018) señalo que los productores desconocen tecnologías productivas que mejoren el proceso técnico y comercial en el cultivo de cacao. Por otro lado, (Vílchez Vargas, 2016) sostuvo que los procesos de fermentación a través de materiales no convencionales (fermentador de acero, aluminio y plástico) resultan similares en cada uno de los parámetros, tanto en el análisis proximal como en temperatura durante el proceso y grado de fermentación afectando su calidad.

La investigación se ha llevado a cabo en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda (Chazuta – San Martín) dedicada a la producción y comercialización de cacao, que a la actualidad cuenta con 200 productores miembros (83% hombres y 17% mujeres) y tienen como meta la producción de cacao de alta calidad, bajo normas nacionales e internacionales de producción responsable con el medio ambiente (Allima Cacao, 2020).

Dentro de sus principales procesos de postcosecha, está la fermentación de los granos de cacao en cajas de madera, sin embargo, se ha identificado la deficiente medición y seguimiento de los parámetros básicos afectando la calidad fisicoquímico y sensorial del grano de cacao (Andrade-Almedia et al., 2019; Vera R. et al., 2017). Según (Guzmán-Bautista & Chire-Fajardo, 2019) esto sucede por la deficiente aplicación de parámetros básico de fermentación medidos, por lo que se ha generado el uso de criterios propios de medición, ya que, de acuerdo a (Jimenez et al., 2018) son realizados cada 24 horas desde su permanencia en los fermentadores de manera manual.

Por otro lado, se ha observado el deficiente análisis y estandarización de parámetros básicos de fermentación (Visintin et al., 2017), que junto a la ausencia de protocolos de medición y seguimiento, suceden por una deficiente caracterización de parámetros básicos que garantice un adecuado seguimiento de la misma (Kuhnert et al., 2020).

Asimismo, se ha identificado el desconocimiento de tecnologías para la medición y seguimiento de fermentación del cacao (John et al., 2020), con ello el desaprovechamiento de los avances tecnológicos en dicho proceso, generando, según (Amorim Homem de Abreu Loureiro et al., 2017), deficiente infraestructura de servicios para la medición y seguimiento durante la fermentación del grano de cacao.

Todo esto ha conducido a inoportunos volteos de sustrato durante el proceso de fermentación, ocurriendo bajos porcentajes de muerte de embrión en el grano de cacao (Garcia Gonzalez et al., 2019). Además, se han presentado una heterogeneidad en la masa de grano producto de la desactualización de protocolos de fermentación y deficiente control de información en tiempo real, con ello bajas calidades sensoriales y físicas, repercutiendo directamente en la producción de granos de cacao inferiores al 78% de muerte de embrión e inferiores a 7 puntos de cata (Andrade-Almedia et al., 2019).

Las limitantes que se han presentado en la investigación fueron el bajo compromiso gerencial en priorizar la innovación en el proceso de fermentación del grano de cacao, además de los recursos limitados para invertir en la obtención de herramientas tecnológicas que automaticen los procesos del cultivo. Asimismo, para el logro del objetivo se ha dependido de los tiempos climatológicos, pues la aparición de sequías prolongadas generó granos de cacao con baja concentración de azúcar, resultando defectuosos por la fermentación de manera uniforme.

Es así que, planteamos la implementación de un dispositivo electrónico basado en sensores para el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao que realice seguimiento mediante un sistema de información y app mobile, almacenando y permitiendo la visualización de datos de los parámetros básicos en la Cooperativa Agraria Allima Cacao.

En cuanto a la importancia de la investigación, medir los parámetros básicos en tiempo real mediante un dispositivo electrónico que incorpore sensores; ha generado cambios drásticos en la cooperativa: desde la reducción de mano de obra, mayor productividad tm/semana, ajustes de los protocolos existentes y mejora de la calidad sensorial del grano, brindando la oportunidad de generar mayores ventas a la cooperativa al lograr cumplir sus lotes de 25 mil kilos de cacaos finos aromáticos demandados de manera exigente en calidad y en cortos tiempo de entrega de máximo 02 meses, siendo muy laborioso completar y generando insatisfacción de los clientes.

La hipótesis principal que se ha propuesto fue: el dispositivo electrónico basado en sensores influye significativamente en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

El objetivo general fue determinar en qué medida el dispositivo electrónico basado en sensores influye en el monitoreo de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa

Agraria Allima Cacao Ltda en tiempo real. Los objetivos específicos fueron: determinar los parámetros fisicoquímicos básicos de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda; ensamblar un dispositivo electrónico basado en sensores para el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda; implementar un sistema de información web y app mobile para el almacenamiento y visualización de los datos de los parámetros básicos de la fermentación del grano de cacao y comparar la medición del monitoreo de la fermentación del grano de cacao de forma tradicional y utilizando el dispositivo electrónico basado en sensores.

El presente trabajo está compuesto por tres capítulos principales, el primero comprende la revisión bibliográfica del estado del arte actual, la misma que fue sistematizada mediante el uso del gestor bibliográfico Mendeley, permitiéndonos automatizar las citas y referencias según la norma estandarizada en el reglamento de investigación. En el segundo se muestra los materiales y métodos, el cual comprende la metodología, unidad de análisis y procedimiento empleados para llevar a cabo la investigación. En el tercero se menciona los resultados y discusiones obtenidos de acuerdo a los objetivos específicos. Finalmente, se enlista las referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

En Alemania. En su investigación (Paez et al., 2020) titulada “Red de sensores para la medición de temperatura en un fermentador de cacao” propusieron conocer la distribución del calor dentro de la caja de fermentación para determinar los puntos críticos de una posterior acción de control, para ello tratan aspectos técnicos de diseño, implementación y operación de una red de sensores de temperatura. Diseñaron un seguimiento de proceso jerárquico analítico para seleccionar componentes, además desarrollaron un programa de adquisición en Python, que permitió almacenar datos medidos mostrando valores en tiempo real. El sistema resultante lee la temperatura ambiente y la humedad, así como 19 puntos de temperatura interna y entrega un archivo de hoja de cálculo para su posterior procesamiento según las necesidades.

En Brasil. (Hashimoto et al., 2018) en su investigación titulada “Control de calidad de los granos de cacao comerciales (*Theobroma cacao* L.) por espectroscopia de infrarrojo cercano” propusieron evaluar el desempeño de NIR en la determinación de humedad, pH, acidez, grasa, contenido de cáscara, proteína, compuestos fenólicos totales, cafeína y teobromina en granos de cacao. Para ello, emplearon 81 muestras de granos de cacao fermentados las cuales fueron suministrados por una industria procesadora de cacao durante el período de un año. Los resultados demostraron la viabilidad de NIR junto con quimiometría para la predicción de los objetos de estudio ya que proporciona las condiciones para un análisis con demandas. Los autores concluyen que la tecnología NIR son una excelente alternativa para reemplazar los métodos convencionales que se usan típicamente para el control de calidad de los granos de cacao.

A nivel nacional

En Piura. (Ipanaque et al., 2017) en su estudio denominado “Internet de las cosas aplicado al seguimiento del proceso de fermentación del cacao en la sierra de Piura” implementaron un prototipo de red de sensores para evaluar el comportamiento durante el proceso de

fermentación del grano de cacao, ello a partir de un sistema embebido que les permitió monitorear los valores en tiempo real en un módulo de madera y acero durante un periodo de siete días. El prototipo desarrollado incluyó un variador de frecuencia dentro del tablero, ya que consideraron necesario que el fermentador realice remociones periódicas a los granos de cacao. Los investigadores concluyen mencionando la eficacia del prototipo, el desarrollo de un sistema web basado en una arquitectura cliente – servidor que se ejecuta de manera local y guarde la fecha de inicio, el número de remociones, y la fecha de finalización del proceso.

En Barranca – Lima. En su investigación (Guzmán-Bautista & Chire-Fajardo, 2019) titulada “Evaluación de la cadena de valor del cacao (*Theobroma cacao l.*) peruano” determinaron las deficiencias de la actual situación de la cadena de valor del cacao peruano para ello emplearon un estudio explorativo – descriptivo. Entre los resultados más importantes demuestran que los productores presentan deficiencias en el proceso de pos-cosecha, comercialización y exportación de los granos de cacao. Asimismo, señalaron las deficiencias en la preparación de terrenos de instalación, manejo de viveros, control de plagas y cosecha trayendo consigo la heterogeneidad en la calidad del grano del cacao. Los autores concluyen reconociendo los deficientes labores de manejo agronómico y que el fermentado y el secado no siguen recomendaciones de las normas técnicas peruanas.

En el ámbito local

Solo se identificó una investigación muy cercana a la nuestra, esta fue el de (Napanga Paredes, 2018) quien en su estudio denominado “Solución web con tecnología de red de sensores para el monitoreo de los parámetros básicos de la calidad del agua en el río Shilcayo” implementó una red de sensores con un sistema visual de monitoreo en tiempo real aumentando los ciclos de recolección de información y latencia de obtención eficiente de la calidad del agua. Para ello empleo un estudio cuantitativo de nivel descriptivo – comparativo. Los resultados demostraron que la latencia del sistema optimiza el monitoreo y análisis de los parámetros básicos de la calidad de agua en un promedio de 45 segundo a comparación de la demora de un mes que realizaba el ANA, concluyendo que el sistema propuesto monitorea los parámetros básicos de calidad fisicoquímico del agua en tiempo real.

1.2. Bases teóricas

Se referenció información confiable a través de una búsqueda bibliográfica científica en bases de datos electrónicos, siendo recopilados aquellas fuentes procedentes de artículos científicos de revistas, capítulos de libros y conferencias indexadas a Latindex Catálogo, SciELO, Scopus o Web of Science, las cuales se presentan a continuación:

1.2.1. Dispositivo electrónico basado en sensores

1.2.1.1. Dispositivo electrónico

Los dispositivos electrónicos, al igual que el internet, son herramientas indispensables para la conectividad. Su uso es básicamente aprovechado para realizar actividades cotidianas y en los últimos años su integración ha generado gran cambio en diferentes aspectos de la sociedad (Carrillo Ortíz et al., 2017).

Según (Lancheros-Cuesta et al., 2017) los dispositivos electrónicos basados en sensores para la medición en tiempo real de parámetros de calidad establecen patrones de variaciones esenciales para la toma de decisiones, su eficacia de funcionamiento dependerá de las calibraciones de las mismas.

Resulta necesario mencionar que los dispositivos electrónicos generan ventajas innumerables por su amplio alcance en la solución de problemas, así lo demuestra el estudio realizado por (Pérez Darquea, 2018) quien señalan que estos han evolucionado fundamentalmente en sus características pues permiten responder a las nuevas exigencias reglamentarias y comerciales a las que debe hacer frente un automóvil actual reemplazando los elementos mecánicos y sus funciones tradicionales.

Otro estudio realizado por (Sosa Macmahon et al., 2014), refiere que el ensamblaje de un dispositivo electrónico a través de Realidad Aumentada (RA) usando software de código abierto, constituyente a través de una plataforma hardware en base a un sensor Kinect Xbox 360 y una computadora portátil retribuyen a la creación de un aplicación de simulación virtual para el ensamblaje de dispositivos electrónicos a través de Realidad Aumentada (RA) contralada por una interfaz gráfica de usuario, la misma que fue usada como una herramienta en procesos industriales y aplicaciones educativas.

1.2.1.2. Sensores electrónicos

Los sensores electrónicos son ampliamente utilizados para el control de procesos industriales, abriendo nuevas oportunidades para el diseño y creación de aplicaciones,

prototipos, dispositivos y sistemas inteligentes capaces de facilitar el trabajo del hombre y que a la vez reducen sus costos. Generalmente, estos sensores suelen estar compuestos por varios sensores formando así una Red de Sensores Inalámbricos o WSN (Pérez et al., 2014).

Se considera que todo sensor inalámbrico recolecta datos, sea de humedad, luz, vibraciones, distancias u otros factores ambientales. Estos en subconjunto conforman los nodos que envían datos recolectados a sus adyacentes, estos a su vez a otros cercanos y así sucesivamente, hasta que la información llegue a un destino específico, donde pasará a ser procesada por ordenadores, brindando información en tiempo real de los ambientes circundantes (Pérez et al., 2014).

Ahora bien, resultó útil fundamentar teóricamente los sistemas de información web y app móvil, dado que, una vez recopilada la información por el dispositivo electrónico basado en sensores, se tuvo que analizar, diseñar e implementar un sistema informático para que almacenara la data de los sensores y permitiese visualizar la información del proceso de fermentación del grano de cacao, y a su vez permitiese realizar el monitoreo correspondiente. Es por ello que se ha sustentado las siguientes teorías:

1.2.1.3. Sistema web – móvil

Los sistemas de información son componentes relevantes en el entorno empresarial actual, compuesto de personas, hardware, software y recursos de información que ofrecen oportunidades de éxito para las organizaciones, dado a la capacidad de recopilar, procesar, distribuir y compartir datos de manera integrada y oportuna. Estos proporcionan conocimiento e información a partir de la automatización de procesos, mejorando la toma de decisiones (Abrego Almazán et al., 2017; Huang et al., 2019; Huerta-Riveros et al., 2020).

Por otra parte, el desarrollo tecnológico de dispositivos móviles se aplican al diseño de productos comunicativos innovadores que ofrecen nuevos servicios a los consumidores de medios (Ribes et al., 2017). Para su evaluación de accesibilidad se deben considerar ciertas pautas tanto en la definición estructural, como en la programación de las funcionalidades (Paniagua L. et al., 2020).

1.2.1.4. Metodologías de desarrollo web

En un estudio de revisión sistemática, (Molina Rios et al., 2017) refiere que las metodologías de desarrollo web surgieron en la década de los años 70, como respuesta a

los problemas que presentaban los antiguos métodos, ya que estos tenían un control inadecuado de las actividades realizadas, generando un producto software defectuoso, con ello insatisfacción del usuario. Estos investigadores describieron las siguientes metodologías para el desarrollo web:

- **Metodología HDM** o también conocida como Modelo de Diseño de Hipermedia, fue uno de los modelos principales que surgió con el objeto de definir una estructura y navegación estable en las aplicaciones web, la misma que sirvió como referencia para el desarrollo y construcción de otras metodologías (RMM y OOHDM).
- **Metodología SOHDM** o también denominada Metodología de Diseño de Escenarios Orientado a Objetos en Hipermedia, este método brinda mayor importancia a los requerimientos, para lo cual se emplea escenarios como medio de obtención y definición de ellos.
- **Metodología WSDN** o Método de Diseño para Sitios Web, se enfoca en el usuario para la construcción del sitio web, modelando la aplicación en base a los requerimientos de cada grupo de clientes. Esta metodología se divide en siguientes fases: 1) Modelado del usuario, 2) Diseño conceptual, 3) Diseño implementación e 4) Implementación.
- **Metodología RMM** o denominada Modelo de Datos de Administración de Relaciones, hace uso del modelo Entidad – Relación para presentar la estructura final del producto software. Se basa en siete fases que facilitan el modelamiento y control del sistema, generando así ventajas en la automatización de desarrollo y construcción de etapas del ciclo de vida software.
- **Metodología OOHDM** o Método de Diseño e Hipermedia Orientado a Objetos, como se mencionó, se dio origen por el modelo HDM, poseyendo una gran similitud de sus características. Esta metodología es la más usada actualmente, ya que permite la reducción tiempos de desarrollo, reutilización de diseños, simplificación de la evolución y mantenimiento del sistema. Comprende las siguientes fases: 1) Diseño conceptual, 2) Diseño navegacional, 3) Diseño abstracto e 4) Implementación.

1.2.1.5. Arquitectura Cliente – Servidor

Según (Tummers et al., 2020) la arquitectura del software es importante para comprender el sistema, analizar las decisiones de diseño y orientar el desarrollo posterior en función de la arquitectura; este comprende los elementos fundamentales de un sistema, las cuales están interrelacionadas y son el principio que gobiernan el diseño de la misma. Las

consideraciones para definir la arquitectura involucra intereses o necesidades proporcionados por desarrolladores y arquitectos de sistemas (Sunyaev, 2020).

Pues bien, la arquitectura cliente – servidor es una arquitectura distribuida que se comunican mediante una red o internet. Permite contar con una interfaz gráfica que provee información de servicios o recursos centrados en un servidor local (Castrillón Idárraga et al., 2019).

1.2.2. Monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao

1.2.2.1. Cultivo de cacao

El cacao (*Theobroma cacao L*) es un producto comercial que experimenta una creciente demanda a nivel mundial, se considera el cultivar más importante después del café y la caña de azúcar por lo que representa la fuente de ingresos económicos sustanciales para los países en los que se cultiva (Barrezueta-Unda, 2019; Wanger et al., 2018).

Según (Santos Melo et al., 2020) es uno de los productos básicos agrícolas, ya que es materia prima clave para la fabricación de chocolate, además es fuente de compuestos polifenólicos de origen natural y brinda beneficiosos para la salud humana.

Por otra parte, (Manga Essouma et al., 2020) señalan que el cultivo de cacao es el principal fuente de ingresos para los agricultores de hogares rurales, determinar su calidad organoléptica dependerá de los procesos agroindustriales de pos – cosecha, para ello es fundamental garantizar la certificación de producción a través de las políticas proporcionadas por agencias internacionales (Saravia-Matus et al., 2020).

El lucrativo mercado mundial del cacao asociado con la venta y procesamiento de semillas del cultivo perenne neo tropical tienen gran importancia económica y social significativa en todo el mundo (Bekele et al., 2020).

Sus variedades, según (Gutiérrez, 2020) se distinguen en nativos, introducidos y mejorados. El más popular es el cultivo de cacao nativo que se diferencian en tres grupos: Criollos, Forasteros y Trinitario, este último es un híbrido entre Criollo y Forastero. Taxonómicamente el cacao pertenece a la clase Dicotiledónea, orden Malvales, familia Sterculácea, género *Theobroma*.

1.2.2.2. Post cosecha de cacao

Conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas para obtener productos de calidad organoléptica, así como asegurar la protección de los operarios y el medio ambiente. Los granos de cacao con buena calidad conducen a la producción libre de contaminantes físicos, químicos y de microorganismos patógenos (Aguilar, 2017).

1.2.2.3. Fermentación del grano de cacao

La fermentación es un proceso primario utilizado para determinar el contenido de compuestos bioactivos en el grano de cacao (Dang & Nguyen, 2019) que desencadena reacciones químicas para generar características organolépticas en los granos, dentro de ello, el azúcar de pulpa se convierte en etanol, ácido láctico y ácido acético y genera calor que provoca la muerte de los granos (Santos Melo et al., 2020).

El proceso de fermentación de los granos influye en la calidad física y sensorial del cacao. Sus características químicas están reflejadas por el medio ambiente (temperatura) y con ellos sus efectos sobre el beneficio del cacao, las cual involucra el pH y la acidez total de los granos de cacao, y el pH, acidez total e índice de pigmentos del endospermo de los granos fermentados (Amorim Homem de Abreu Loureiro et al., 2017).

1.2.2.4. Métodos de fermentación

Fermentación tradicional: Este método es el común, se escurren las semillas frescas aun con baba (desbabado) y luego se pasan a recipientes de fermentación sean de madera (más utilizado en nuestra región) o recipientes en acero inoxidable, según sea el proceso iniciado, material y variedad el tiempo en días de fermentación están entre 6-7 días (Steinau-Dueñas et al., 2017).

En la mayoría de los casos los fermentadores son de madera porque avala que los granos de cacao posean calidad en el olor, color y estética, diferenciándose de otros granos por su tamaño y forma (Córdova Bohórquez et al., 2019)

Fermentación DPC (Desbabado y Pre-secado de Cacao): Este método se aplica para el clon o variedad CCN51 que inicia cuando se hace el escurrido o desbabado durante 15 horas, y luego se pasa al pre-secado hasta que al coger una porción de granos con una mano y presionarlos, estos se encuentran sueltos al abrir la palma (SINEACE, 2017).

1.2.2.5. Procesos de secado y almacenamiento de los granos de cacao

El proceso de secado se realiza de forma natural o artificial, el tiempo de secado de forma natural lleva de 6 a 7 días según la radiación solar (600 a 800 W/m²), temperatura, humedad relativa, etc., este método en época invernal es perjudicial ya que ocasiona daños en el producto (Orna et al., 2018). Ante ello, (García-Alamilla et al., 2007) señalan la importancia del secado artificial a través de máquinas tecnificadas que minimizan el tiempo del proceso.

La velocidad del secado depende del movimiento de vapor de agua desde el grano al aire circundante, traslado de calor al interior del grano y la cantidad de superficie de los granos expuestos al aire (Quevedo Guerreiro, 2018).

Las actividades de almacenamiento de cacao tienen que ser en un lugar solo de uso exclusivo, con ventilación e iluminación, piso de cemento y paredes que eviten la concentración de humedad. Se recomienda que el espacio cuente con instrumentos que registren la temperatura y humedad relativa del aire con el fin de asegurar que se encuentre entre 24.0 a 27.0°C. y por debajo de 65%. para evitar la reabsorción de humedad por el grano seco (Aguilar, 2017).

1.2.2.6. Análisis físico y sensorial del grano de cacao

Análisis físico: El análisis físico – químico del cacao dependerá de la transformación bioquímica del grano, en la cuales se dan origen los precursores del aroma y sabor. Se considera que está influenciado con la temperatura ya que se encarga de matar al embrión (Jimenez et al., 2018).

Análisis sensorial: Los tributos sensoriales organolépticos de la pasta de cacao son la acidez, amargor, astringencia y dulce. Puede incluir notas aromáticas complementarias como floral, frutal, nuez, malta, etc., que enriquecen las características sensoriales de los cacaos finos de aroma (Vallejo Torres et al., 2018).

1.3. Definición de términos básicos

Aparato electrónico.

También denominado dispositivo electrónico, se construye a partir de la agrupación de componente como diodos, resistores, ordenadores, etc., que finalizan en el diseño de un circuito eléctrico (Pérez Roche et al., 2019).

Sistema

Los sistemas se componen de diferentes elementos interrelacionados que tienen como objetivo cumplir con características deseadas (Sunyaev, 2020).

Ensamblaje.

Es el proceso de acondicionamientos de elementos o partes fundamentales para la adquisición de un nuevo producto (García Otero, 2020).

Placa arduino.

Está equipada con un pin de entrada / salida digital y analógica que se puede conectar con varias placas de expansión y otros circuitos para compartir información (Syazlina Mohd Soleh et al., 2018).

Raspberry pi.

Tecnología útil para la captura y almacenamiento de datos que permite la transición de información con equipos secundarios (Salih & Omer, 2018).

Base de datos.

Es la integración lógica de datos para su almacenamiento, adaptados a gestores de base de datos que pueden ser relacionales o no relacionales (Flores Castro, 2018).

Programación.

Dota de capacidades de razonamiento lógico y pensamiento estructurado, por lo que constituye una gran ventaja a nivel de competencias en la época actual (Briz Redón & Serrano Aroca, 2018).

Aplicación web.

Es una aplicación cliente/servidor, donde tanto el cliente (Navegador) como el servidor y el protocolo de comunicación (HTTP) están estandarizados (Molina Ríos et al., 2018).

IoT.

Tecnología en la que pequeños dispositivos electrónicos pueden conectarse a internet, permitiendo el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios (Escobar Gallardo & Villazón, 2018).

Cacao en baba.

Es el grano recién extraído de la mazorca, está cubierto de un mucilago resbaloso, húmedo y blanquecino (Aguilar, 2017).

Fermentación.

Produce cambios bioquímicos como degradación de los fenoles y antocianinas, que son importantes para determinar la calidad de las semillas de post – cosecha (Amorim Homem de Abreu Loureiro et al., 2017).

Monitorear.

Permite el seguimiento, control y análisis de procesos para la toma de decisiones. En la agricultura su aplicación es importante para la determinación de parámetros de calidad (Gómez et al., 2018).

CAPÍTULO II

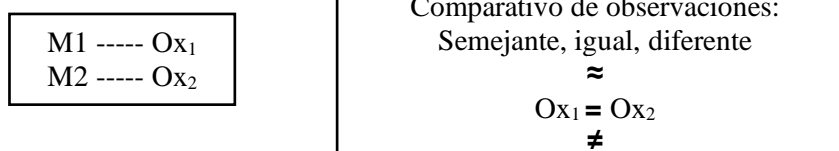
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y nivel de investigación

Este estudio correspondió a una investigación de tipo aplicada porque se propuso una solución a un problema concreto e identificable, además fue de enfoque cuantitativo por haber sido probatorio en la cual se midieron las variables, se analizaron las mediciones obtenidas a través de métodos estadísticos y se formularon conclusiones respecto a los objetivos e hipótesis planteados.

2.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue del tipo descriptivo comparativo; porque se caracterizó un fenómeno o hecho en base a la información recogida de varias muestras, comparando así los resultados encontrados en las mismas, asimismo se recogió información de una situación sin ejercer un control de un tratamiento (Napanga Paredes, 2018). Por tal motivo el diseño se planteó de la siguiente manera:



Dónde: M1 y M2, fueron las muestras en donde se realizó el estudio; O_{x1}, O_{x2}, las observaciones relevantes o de interés recogidas de cada muestra.

2.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por la totalidad de datos recopilados durante el proceso de monitoreo en tiempo real de la fermentación en los 4 cajones de capacidad de 150 kg de granos de cacao en baba, y la muestra correspondió al 100% de la población, puesto que fue de interés que en el proyecto se determinaran los datos estadísticos que se generaron desde el inicio del estudio.

2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos utilizados para recopilar información del proceso de fermentación del grano de cacao, consideramos los siguientes (Tabla 1):

Tabla 1*Instrumento de recolección de datos*

Instrumento / material	Descripción
Sensores de temperatura de ambiente (DHT11)	Permitieron medir cuantitativamente la temperatura del ambiente en grados centígrados en escala de 0° a 50° fuera de los cajones de fermentación.
Sensores de temperatura de masa (DS18B20)	Permitieron medir cuantitativamente la temperatura de masa o cacao en baba dentro de las cajas de fermentación en grados centígrados en escala de 0° a 100°.
Sensores de pH (sensor industrial Analog pH Meter)	Permitieron medir cuantitativamente el potencial de hidrogeno (pH) en escala de 0 – 14 dentro de los cajones de fermentación.
Sensores de humedad relativa (DHT11)	Permitieron medir cuantitativamente la humedad relativa en escala de 0 a 100 en porcentajes fuera de los cajones de fermentación.
Arduino	Funcionó como recolector de datos de los sensores Ta, Hr, pH masa y Tm.
Raspberry pi	Permitió almacenar en una base de datos los datos recolectados por el arduino.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, diseñamos una base de datos en el gestor MySql con 13 campos correspondientes a los indicadores que se midieron, estas se listan a continuación (Tabla 2):

Tabla 2*Indicadores de medición de la fermentación del grano de cacao*

Indicadores	Descripción
Frecuencia	Lapso de segundos de medición de los datos realizados por los sensores en general.
Día	Guardo el día de evaluación de la fecha (días, mes y año) que se mide el pH.
Hora	Guardo la hora de evaluación que se mide el pH (Hora, minutos y segundos).
pH	Guardo el valor del potencial de hidrogeno obtenido por el sensor.
Día	Guardo el día de evaluación de la fecha (días, mes y año) que se mide la Ta.
Hora	Guardo la hora de evaluación que se mide la Ta (Hora, minutos y segundos).
Ta	Guardo el valor de la temperatura ambiente obtenido por el sensor.
Día	Guardo el día de evaluación de la fecha (días, mes y año) que se mide la Tm.
Hora	Guardo la hora de evaluación que se mide la Tm (Hora, minutos y segundos).
Tm	Guardo el valor de la temperatura de masa obtenido por el sensor.
Día	Guardo el día de evaluación de la fecha (días, mes y año) que se mide la Hr.
Hora	Guardo la hora de evaluación que se mide la Hr (Hora, minutos y segundos).
Hr	Guardo el valor de la humedad relativa obtenido por el sensor.

Fuente: Elaboración propia.

De forma directa, empleamos la observación para recopilar datos de los registros de parámetros básicos de fermentación del grano de cacao cuando se realizaron de forma tradicional.

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Luego de contar con los resultados exportamos los datos a Excel 2019 para su fácil ordenamiento, posteriormente para el procesamiento utilizamos el paquete SPSS 26.0. Además, elaboramos tablas estadísticas para presentar los datos obtenidos en la medición de los indicadores.

Para la prueba de hipótesis, comparamos las medidas de los indicadores de la variable dependiente (Monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao) que se llevaron a cabo de forma tradicional y mediante el dispositivo electrónico basado en sensores, determinando así los resultados de la media aritmética.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio guardan relación con los objetivos específicos planteados. Estos fueron analizados, comparados e interpretados para dar respuesta al problema de la investigación.

3.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos básicos de la fermentación del grano de cacao

Para determinar los parámetros propuestos fue necesario conocer la sinopsis del proceso de fermentación, ya que está influenciada por la variedad del grano, temperaturas, tipos de fermentadores y cantidad de semillas (Steinau-Dueñas et al., 2017). Bajo esta posición, (Augstburger et al., 2000) señalan que, generalmente los granos de cacao, a excepción de los criollos, presentan las siguientes características durante los días de fermentación:

Tabla 3

Sinopsis del proceso de fermentación

1er día	3er - 4to día	5to - 7mo día
Pulpa muy ácida (pH 3,5)	Masa fermentante está ácida (pH 4,5)	Masa fermentante está acidulada (pH 5,5)
Masa fermentante de color blanco.	Masa fermentante de color café claro	Masa fermentante de color café
pH 6,5 del interior de la semilla	pH 4,5 del interior de la semilla	pH 5,5 del interior de la semilla
Interior de la semilla de color violeta	Interior de la semilla de color violeta, sus bordes de color café	Interior de la semilla color café
No hay desarrollo de calor	Aumento de temperatura de la masa fermentante a 45 - 50°C	Temperatura de la masa fermentada se reduce a 40°C
Olor agridulce, aromático	Fuerte olor a ácido acético	Olor a ácido acético es menos fuerte

Fuente: Tomado de (Augstburger et al., 2000).

Habiendo considerado como muestra el tipo de cacao CCN51 (150 kg) fermentado en cajones de madera con dimensiones de 0.4 m largo × 0.4 m ancho × 0.6 m alto, de la forma DPC (Desbabado y Pre secado de Cacao); se determinó los parámetros fisicoquímicos de la siguiente manera:

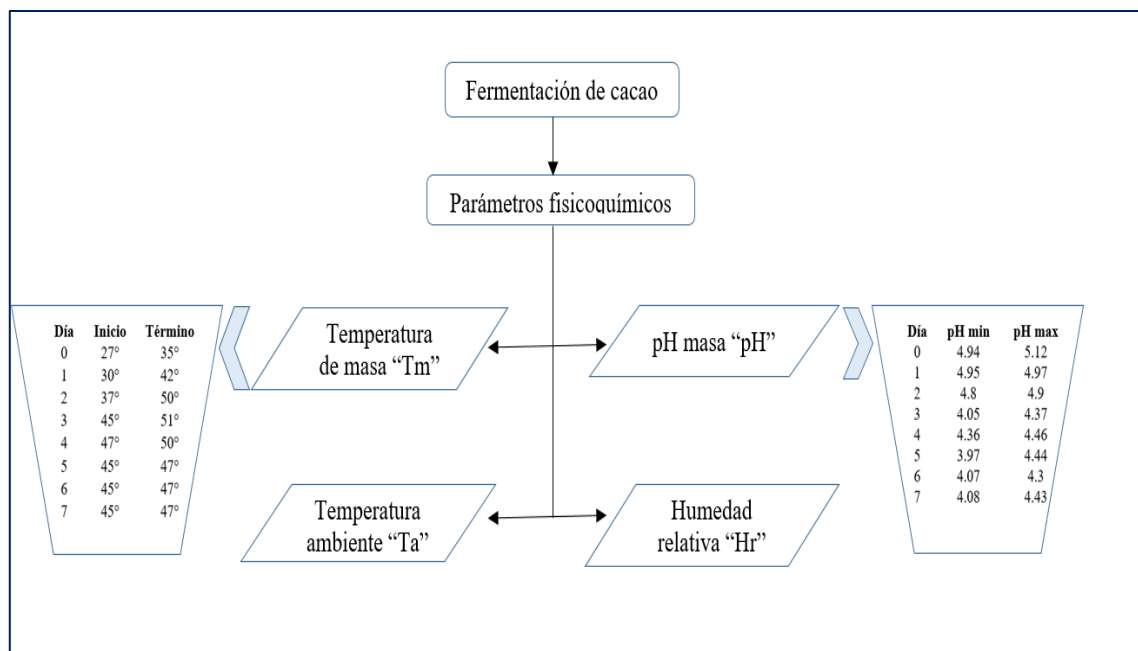


Figura 1. Parámetros fisicoquímicos básicos de fermentación del cacao. (Fuente: Elaboración propia).

Esta definición de parámetros se llevó a cabo de acuerdo al protocolo de fermentación de cuatro a siete días de la Cooperativa Allima Cacao Ltda con sustento en los estudios de (Augstburger et al., 2000) y (Garcia Gonzalez et al., 2019). Se definió que la temperatura de masa "Tm" debe oscilar en el rango de los grados de inicio y término por los días del proceso de fermentación en los cajones fermentadores expuesto en la Figura 1. Siendo la temperatura optima final entre 45° C y 47° C.

En cuanto al parámetro pH masa "pH", precisamos que debe mantenerse constante con un valor promedio de cuatro puntos durante los siete días de fermentación del cacao. Según (Garcia Gonzalez et al., 2019) la parametrización fisicoquímica de índices de fermentación mejora la calidad organoléptica del grano de cacao ya que durante el proceso de fermentación se generan microorganismos como las levaduras (precursores del sabor y aroma) y las bacterias ácido lácticas y acéticas (responsables del aumento de temperatura), por ende, la necesidad de mantener los índices bajo un protocolo establecido.

Finalmente, se consideraron los parámetros fisicoquímicos de "Ta" y "Hr" ya que permiten medir el valor de la temperatura ambiente y humedad relativa para evaluar las posibles interferencias que tienen durante el proceso de fermentación (Ipanaque et al., 2017). En conjunto, estos parámetros transforman la manera convencional de realizar el control del proceso de fermentación del grano de cacao a fin de garantizar su calidad organoléptica.

3.2. Ensamblaje de un dispositivo electrónico basado en sensores para el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao

Realizamos un esquema para simular el dispositivo electrónico basado en sensores (Figura 2). El diseño se llevó a cabo en la plataforma *Fritzing*, software que facilita la simulación de circuitos electrónicos o informáticos para el proceso de ensamblaje (Alegre Buj & Cuetos Revuelta, 2020). Los elementos utilizados para elaborar el esquema se detallan en la Tabla 1.

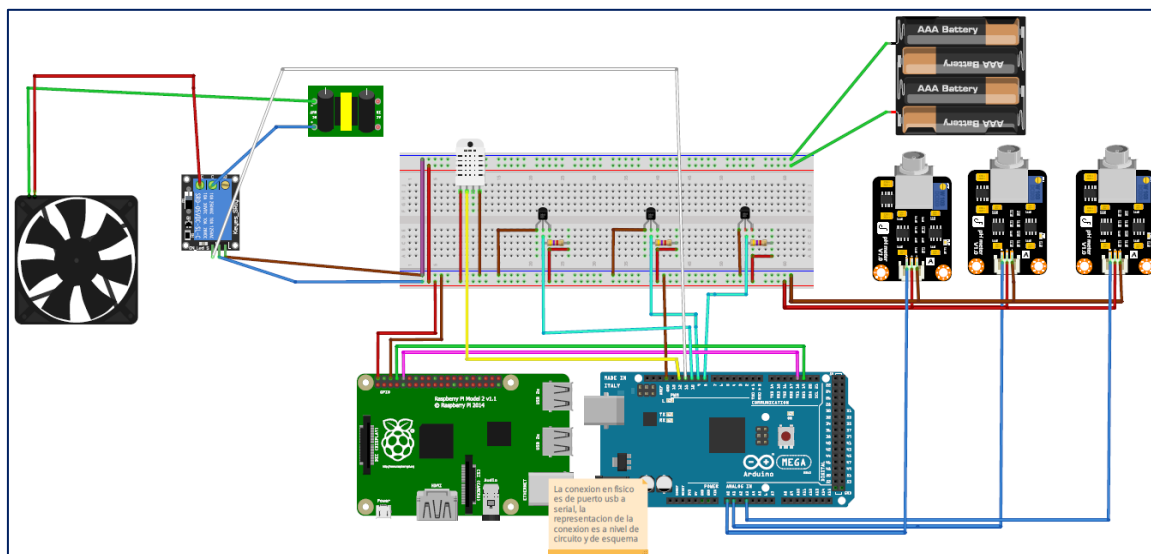


Figura 2. Esquema eléctrico del dispositivo electrónico basado en sensores. (Fuente: Elaboración con Fritzing).



Figura 3. Fotografía del dispositivo electrónico basado en sensores. (Fuente: Elaboración propia).

En la Figura 4 se muestra el modelo de recojo de datos que se configuró con los dispositivos Arduino Mega y Raspberry pi en el lenguaje C++ que mediante conexión puerto serial USB permitió el procesamiento de los datos recopilados por los sensores.

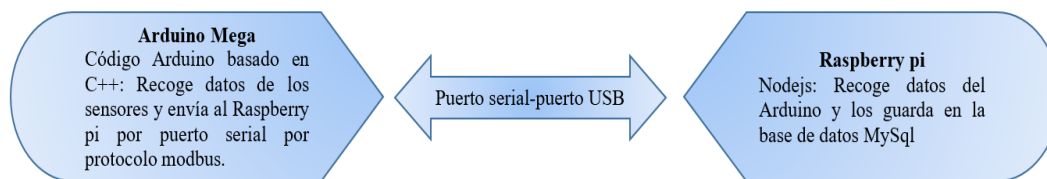


Figura 4. Modelo de recojo y procesamiento de datos dispositivos. (Fuente: Elaboración propia)

Consecutivamente, diseñamos un esquema de toma de datos y almacenamiento bajo una arquitectura cliente-servidor para monitorear el proceso de fermentación del grano de cacao en el módulo de caja de madera en tiempo real. Se implantaron cinco módulos de sensores, cada uno ellas contenidas por tres sensores de pH, tres sensores de temperatura y un sensor de temperatura y humedad relativa del ambiente.

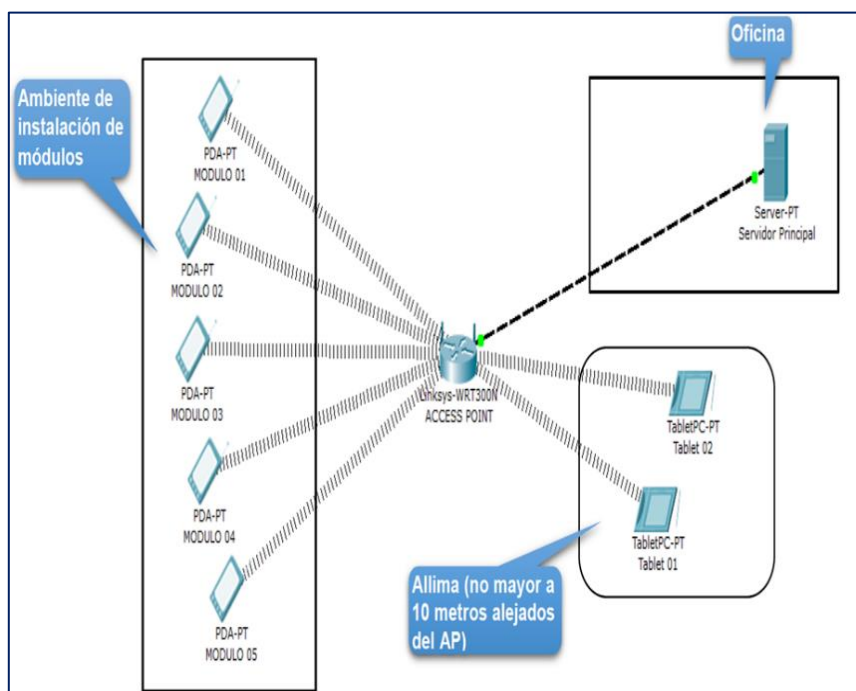


Figura 5. Arquitectura cliente – servidor. (Fuente: Elaboración propia).

La recopilación de datos se inicia a través de los sensores colocados en cajones de madera durante el tiempo establecido para la fermentación según tipo de cacao y/o método de fermentación, estos datos se muestran en la interfaz gráfica del Raspberry pi que está ubicada a lado de los cajones fermentadores y éste a través de un dispositivo “Acces Point Wireless”, envía la información a un servidor principal donde se encuentra instalado el software de trazabilidad, el cual almacena y muestra dicha información.

Los módulos sensores fueron diseñados para monitorear el pH y la temperatura de forma local en el área de fermentación y de forma remota desde un dispositivo electrónico con acceso a una red de internet.

El sistema de monitoreo además de contar con sensores de pH y temperatura que fueron colocados en tres niveles del cajón fermentador (superior, medio e inferior), también incorporo un sensor que registrara la temperatura y humedad relativa del ambiente del área de fermentación, para determinar la influencia de la temperatura ambiente sobre la masa de cacao (ver Figura 6).

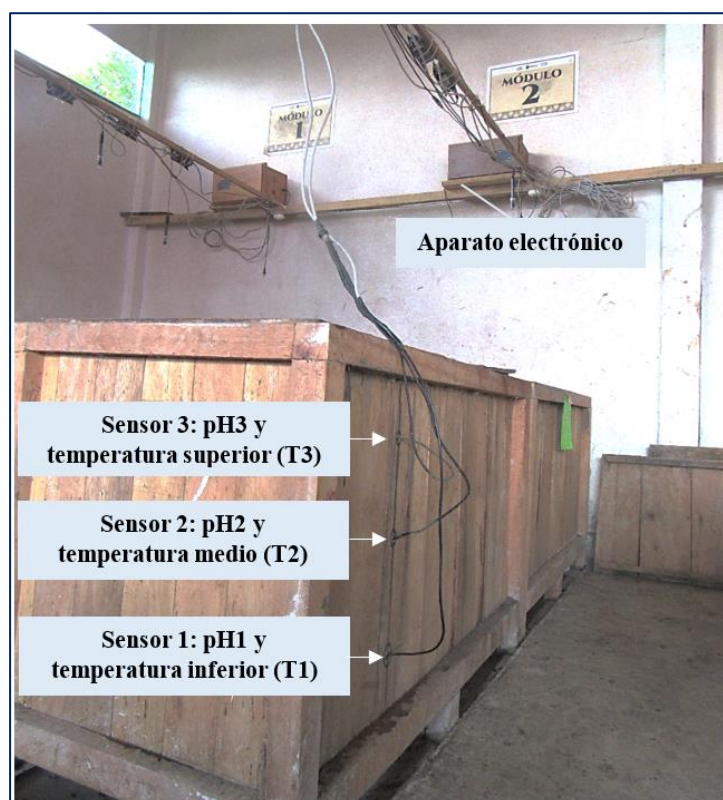


Figura 6. Cajones con sensores instalados en el módulo de fermentación. (Fuente: Elaboración con Fritzing).

La construcción del dispositivo electrónico basado en sensores para el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao se asemeja al estudio de (Ipanaque et al., 2017), quienes diseñaron un prototipo para monitorear el proceso de fermentación durante siete días de forma local y remota desde un dispositivo electrónico con acceso a internet mediante una arquitectura cliente – servidor. Del mismo modo, implantaron sensores de temperatura bajo tres niveles dentro del cajón de madera que recolectaron datos y fueron mostrados en una interfaz gráfica para la supervisión remota.

Por otra parte, el estudio de (Paez et al., 2020) también guarda semejanza con los resultados del presente, pues construyeron un sistema basado en red de sensores para la medición de temperatura del grano de cacao dentro de fermentadores de caja de madera a través del método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). En este caso, los autores especificaron la disposición de los sensores en la caja de fermentación con el objetivo de que la distribución refleje simetría y se pueda obtener una medición de temperatura más eficiente.

Se reconoce entonces una creciente línea de investigación sobre el desarrollo e innovación tecnológica en mejora de la tecnificación de poscosecha del cacao, ya que es importante conocer en tiempo real los parámetros que influyen sobre la calidad fisicoquímica en el proceso de fermentación de cacao para lograr así mayor porcentaje de granos con calidad demandada en el mercado exterior.

3.3. Implementación de un sistema web-móvil para el almacenamiento y visualización de los datos de los parámetros básico de fermentación

La implementación del sistema web-móvil se desarrolló bajo la metodología XP (*Extreme Programming*) propuesta por Kent Beck, ya que se requirió la agilidad en la implementación de un software que almacenara y mostrase en tiempo real los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao captados por el dispositivo electrónico basado en sensores.

Mediante esta metodología ágil se construyó el sistema en un periodo de mes y medio, facilitando el uso de ciclos cortos de desarrollo (interacciones) y la demostración de funcionalidades al cliente, garantizando de este modo una retroalimentación eficaz, comunicación fluida entre los participantes, simplicidad en las soluciones y coraje en el flujo de desarrollo del proyecto. A continuación, se detalla las fases de la construcción del software:

3.3.1. Fase 1: Planificación del proyecto

En esta fase, se recopiló los requerimientos del proyecto mediante una interacción continua con el usuario, planificando las funcionalidades del sistema y asegurando el logro del objetivo final.

- a) **Levantamiento de requerimientos:** Los requerimientos del sistema se basó en almacenar, procesar y mostrar los datos recopilados por el dispositivo electrónico basado en sensores, para permitir el monitoreo mediante una interfaz gráfica que

representase un panel de control para la visualización en tiempo real y análisis de información del proceso de fermentación del grano de cacao basado en parámetros básicos definidos.

- b) Requerimientos funcionales:** La siguiente tabla describe los requisitos funcionales del sistema web – móvil para el monitoreo del proceso de fermentación del grano de cacao en módulos fermentadores de cajas de madera en tiempo real, los mismos que en conjunto fueron identificados con el personal de la Cooperativa Allima Cacao Ltda que intervinieron dentro del proceso que actualmente se maneja en la evaluación de los parámetros de fermentación.

Tabla 4

Requerimientos funcionales del sistema de monitoreo

Nro	Requerimiento
1	El sistema debe permitir crear y programar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao
2	El sistema debe permitir registrar la evaluación según el tipo de cacao utilizado como prueba experimental
3	El sistema debe permitir visualizar en tiempo real los parámetros básicos de fermentación para proceder a las remociones según resultados.
4	El sistema debe permitir generar reportes para ser analizados por el personal de control de calidad y alta gerencia.

Fuente: Elaboración propia.

- c) Actores o roles que intervienen en el sistema.** Se identificó tres actores que intervienen en el proceso de monitoreo de fermentación del grano de cacao, cada uno de ellos participa en los casos de uso que el sistema requiere, mostrando salidas de resultados diferentes, dichos actores son:

- Control de calidad, usuario encargado de crear y programar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao en cajones de madera, así como visualizar en tiempo real el comportamiento de los parámetros básicos de fermentación en el panel de control y analizar la información mediante reportes.
- Encargado de almacén, registra las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao y analiza la información desde el panel de control para realizar remociones pertinentes al proceso. Entiéndanse por panel de control a la interfaz gráfica del sistema web-móvil de monitoreo.
- Gerente general, analiza los monitoreos del proceso de fermentación del grano de cacao programados según evaluaciones a través de los reportes generados por el sistema.

d) **Historias de usuario.** Es el paso principal que se desarrolla en la metodología ágil XP, en la cual se define las historias de usuario con el cliente, las mismas que constan de requerimientos cortos en un lenguaje no técnico sin entrar en detalles.

- **Historia de Usuario 1. Evaluaciones**

Tabla 5

Historia de Usuario - Evaluaciones

Historia de usuario	
Número: 1	Usuario: Control de calidad, Encargado de almacén
Nombre: Generación de evaluaciones del proceso de fermentación.	
Iteración asignada: 1	Prioridad asignada: Alta
Descripción: Se debe generar, programar y registrar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao para ser visualizadas en el panel control y permitir un análisis de información efectivo mediante un monitoreo.	
Observaciones: La generación de evaluaciones tienen que ser reportadas y eliminadas en el caso que sea necesario.	

Fuente: Elaboración propia.

- **Historia de Usuario 2. Monitoreo**

Tabla 6

Historia de Usuario - Monitoreo

Historia de usuario	
Número: 2	Usuario: Control de calidad, Encargado de almacén
Nombre: Monitoreo en tiempo real de los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao.	
Iteración asignada: 1	Prioridad asignada: Alta
Descripción: Se debe monitorear los parámetros básicos de fermentación del grano cacao (temperatura masa, pH, temperatura y humedad relativa del ambiente) de manera precisa mediante una interfaz gráfica intuitiva en tiempo real.	
Observaciones: Ninguna	

Fuente: Elaboración propia.

- **Historia de Usuario 2. Reportes**

Tabla 7

Historia de Usuario – Reportes

Historia de usuario	
Número: 3	Usuario: Control de calidad, Gerente general
Nombre: Ejecución de reportes	
Iteración asignada: 1	Prioridad asignada: Alta
Descripción: Se debe consultar y visualizar los registros del proceso de fermentación del grano de cacao monitoreados según evaluación programada mediante reportes en Excel.	
Observaciones: Ninguna	

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Fase 2: Diseño

Con la finalidad de diseñar un sistema entendible con bajo uso de recursos y ahorrando tiempo y esfuerzo, se realizó un diseño simple, garantizando en lo posible la construcción viable del sistema de monitoreo y la satisfacción del usuario. Cabe resaltar que, el sistema web –móvil técnicamente brinda la funcionalidad de almacenar y visualizar los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao para el monitoreo correspondiente. En esta fase presentamos el modelo de entidad – relación y los casos de usos de la aplicación.

- a) **Desarrollo lógico del negocio.** El sistema de monitoreo del proceso de fermentación del grano de cacao integró los siguientes módulos:
- Módulo de evaluación, almacena la información de la evaluación de pH y temperatura de la masa de cacao; también la temperatura y humedad relativa (HR) del ambiente; la información puede exportarse en formato Excel (.xls), con el cual se pueden realizar gráficos y al mismo tiempo facilita la aplicación del programa estadístico SPSS.
 - Módulo de monitoreo, el sistema de módulos sensores se conecta con el software a través de la red, y envían los datos del proceso de fermentación, que permite visualizar y monitorear al usuario el proceso de fermentación de acuerdo a los parámetros básicos establecidos, la misma que recibe la denominación de panel de control.
- b) **Arquitectura física del sistema web-móvil.** El sistema se desarrolló bajo una arquitectura cliente – servidor, esta se destalla en la figura 3, el cual ejecuta un servidor desde la oficina de la cooperativa y un motor de base de datos MySQL. La aplicación recibe las peticiones y responde a los usuarios mediante un navegador web responsive (móvil).
- c) **Casos de uso del sistema.** Los casos de uso representan una funcionalidad coherente de un sistema de información, clases o subsistema, en donde uno o varios actores pueden interactuar realizando acciones en común o individuales bajo un caso. En la siguiente figura se muestra los casos de uso que fueron registrados en el desarrollo de la aplicación:

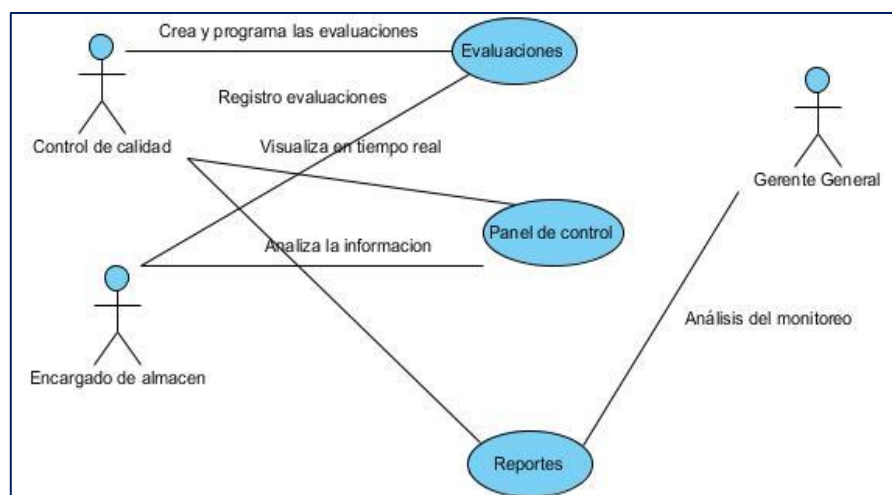


Figura 7. Diagrama de caso de uso. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 8

Diagrama de Caso de Uso - Evaluaciones

Caso de Uso: Evaluaciones

Autores: Control de calidad y Encargado de almacén

Descripción: - El usuario de Control de calidad podrá gestionar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao - El usuario Encargado de almacén podrá registrar las evaluaciones.

Escenario principal:

Crear y programar evaluaciones

1. El usuario Control de calidad accede al sistema web-móvil de monitoreo, genera y programa la sincronización de las evaluaciones.
2. El usuario Control de calidad ingresa la parcela piloto, variedad evaluada, tipo de fermentación evaluada y evaluación a sincronizar.
3. El usuario Control de calidad realizar observaciones o comentarios respecto a la programación de la evaluación.
4. El usuario Encargado de almacén accede al sistema web-móvil y registra evaluaciones.

Término de caso de uso.

Observaciones: Los actores pueden eliminar la programación de evaluaciones si consideran necesario.

Frecuencia de uso del sistema: Los usuarios podrán acceder al sistema la veces que sea conveniente.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9*Diagrama de Caso de Uso - Panel de control***Caso de Uso:** Panel de control

Autores: Control de calidad y Encargado de almacén

Pre-condición: Es necesario la programación del inicio de la evaluación del proceso de fermentación del grano de cacao.

Descripción: Tanto el usuario de Control de calidad y el Encargado de almacén podrán monitorear los parámetros básicos de la fermentación del grano de cacao en tiempo real a través del panel de control desde un dispositivo electrónico (ordenador o móvil).

Escenario principal:**Monitorear el proceso de fermentación**

1. Los actores acceden al sistema web-móvil y visualizan en tiempo real los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao en los cajones fermentadores.
2. El actor Encargado de almacén analiza la información del panel de control para realizar las remociones pertinentes.

Término caso de uso.

Frecuencia de uso del sistema: Los usuarios podrán acceder al sistema la veces que sea conveniente.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10*Diagrama de Caso de Uso - Reportes***Caso de Uso:** Reportes

Autores: Control de calidad y Gerente general

Pre-condición: Para generar y visualizar reportes es necesario que se desarrolle el proceso de evaluación.

Descripción: El Gerente general y el usuario Control de calidad podrán generar reportes del monitoreo del proceso de fermentación del grano de cacao.

Escenario principal:**Generar reportes**

1. Los actores ingresan al sistema web-móvil, se dirigen al módulo de evaluaciones y visualizan el registro de monitoreo del proceso de fermentación.
2. Los actores acceden a los reportes almacenados y exportan en formato Excel para su análisis.

Término de caso de uso.

Frecuencia de uso del sistema: Los usuarios podrán acceder al sistema la veces que sea conveniente.

Fuente: Elaboración propia

d) **Modelo de datos.** En la siguiente figura se visualiza el modelo entidad-relación de la base de datos que ha sido construida para el almacenamiento de los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao en el sistema web-móvil procesados por el

dispositivo electrónico basado en sensores. En ella se presenta dos tablas elaboradas en el gestor de base de datos MySQL.

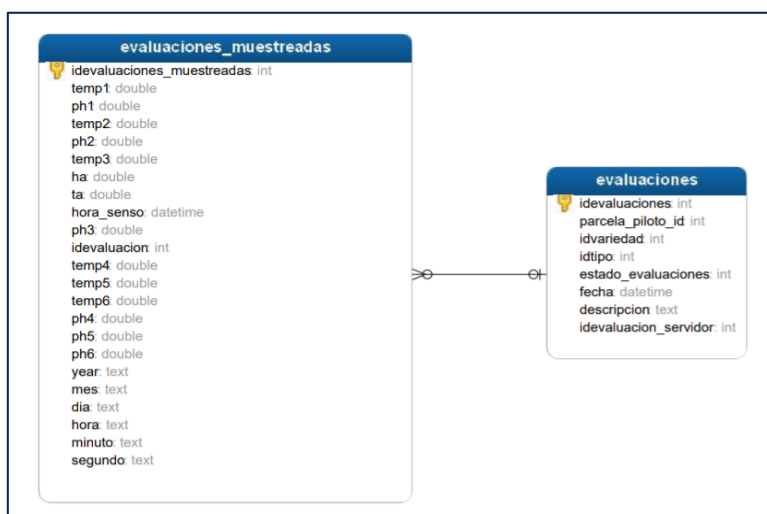


Figura 8. Modelo Entidad - Relación de base de datos. (Fuente: Elaboración propia).

3.3.3. Fase 3: Codificación:

En esta fase se ha codificado o programado las historias de los usuarios en comunicación con los clientes y en relación a las especificaciones de los casos de uso, para ello se desplegó las siguientes actividades:

- a) **Arquitectura de programación:** Se empleó el lenguaje de programación Php bajo el *framework* Modelo Vista Controlador (MVC), la misma que permitió trabajar en un patrón de arquitectura de software estable y eficiente, donde se gestionó la lógica del negocio de acuerdo a cada módulo o evento diseñado. En la figura de a continuación se aprecia la arquitectura construida, donde *Model* representó los modelos, *Controller* – controladores, *View* – vistas, *Template* - templates o marco principal, y *PhpORM* - marco de trabajo de la conexión a la base de datos.

```

app.js          index.php      README.md
bk.php          tenincloudtic.pem  README.text
cache.manifest lib/          sample.html
config.ini     login.php     server_imagenes.php
config_db.php  mapa.php     systema/
controller/    model/       template/
efix_servidor.sql nbproject/   templates/
efix_servidor_v2.sql 'panel (copia 1).html' view/
file.txt       panel.html   web/
files-copera/  phpORM/     web_lib/
Gruntfile.js   process.php
home.php       productora.json

```

Figura 9. Arquitectura de programación del sistema web-móvil (Fuente: Elaboración propia).

- b) **Interfaces de usuarios:** La programación del sistema web-móvil cumplió con las funcionalidades requeridas, se programó tres interfaces de usuarios, los primeros dos según el módulo de evaluaciones y el tercero fue diseñado para el módulo de monitoreo.
- **Interfaz N°1 “Generando sincronización evaluaciones”:** Esta pantalla de interfaz permitió generar y programar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao a través de un formulario que se muestra a continuación:

Figura 10. Registro y sincronización de toma de datos (Fuente: Elaboración propia).

- **Interfaz N°2 “Evaluaciones sincronizadas”:** Este menú permitió almacenar la información de la evaluación de pH y temperatura de la masa de cacao; también la temperatura y humedad relativa (HR) del ambiente; según muestra generada. Asimismo, exportar en formato Excel y eliminar el registro.

Cod.Reg	nombre_variedad	parcela_nombre	productor_nombre	altitud	tipo_fermentacion	fecha	Ver	Eliminar
11	ICS95	Parcela 1	Productor 1	200	DPC	2018-04-28 08:32:11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	ICS95	Parcela 1	Productor 1	200	Tradicional	2018-04-28 08:32:11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	CCN51	Parcela 1	Productor 1	200	DPC	2018-10-27 15:48:57	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	CCN51	Parcela 1	Productor 1	200	Tradicional	2017-11-20 11:43:38	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 11. Evaluaciones sincronizadas por muestra. (Fuente: Elaboración propia).

- **Interfaz N°3 “Panel de control”:** El diseño de la interfaz del panel de control permitió visualizar los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao y realizar el

monitoreo pertinente sobre el comportamiento del proceso de fermentación, a fin de validar la información de los parámetros y si fuera el caso, realizar las remociones para controlar las temperaturas y pH.

	PH	Temp°	
1	4.84	30.38	TA:30.60
2	4.86	31.00	HR:89.90
3	4.01	30.50	

Derechos Reservados © CLOUDTIC,inc 2013-2018

Figura 12. Panel de control de monitoreo de los parámetros básicos de fermentación. (Fuente: Elaboración propia).

3.3.4. Fase 4: Pruebas

Se efectuó las pruebas del sistema para comprobar la funcionalidad de la programación de los códigos a fin de corroborar las historias de usuario. Para ello, según la metodología XP, los clientes son quienes realizan el diseño de un test de aceptación para evaluar el cumplimiento de sus requerimientos (ver Anexo 3).

Como se puede apreciar, el sistema web – móvil de almacenamiento y visualización para el monitoreo de los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao en tiempo real cumplió con las historias de usuario, aceptando finalmente su utilidad, con ello se cerró la fase final del proyecto.

3.4. Comparación de las medidas de monitoreo de la fermentación del gran de cacao de forma tradicional y utilizando el dispositivo electrónico basado en sensores.

De forma tradicional, la fermentación del grano de cacao es medido según parámetros de pH de masa y temperatura a nivel superior utilizando un termómetro y medidores de pH digital durante 30 segundos en los cajones de madera. Estos datos se recopilaron y fueron comparados con los reportes del mismo indicador generado por el dispositivo electrónico basado en sensores.

La Tabla 11 muestra el número de medidas del monitoreo de fermentación en el periodo de siete días (P). Apreciamos que de forma manual el personal técnico de la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda realiza ocho mediciones de los parámetros, mientras con el

dispositivo se genera 56 513. Evidenciamos que la frecuencia de medición por día del dispositivo es más óptima, de modo que, se garantiza que las remociones se efectúen en el tiempo requerido para obtener calidad fisicoquímica en los granos.

Tabla 11

Media del monitoreo de la fermentación del cacao por frecuencia de día

	Tradicional	Dispositivo electrónico basado en sensores
Frecuencia de medición por día	8/P	56 513/P

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 12 demuestra que la frecuencia de medición de los parámetros de pH y temperatura masa en la fermentación del grano de cacao por hora se efectúa de manera manual cada 24 hrs, en tanto el dispositivo mide cada 30 seg. Este resultado manifiesta que, la implementación del dispositivo permite al personal técnico de la Cooperativa Agraria Allima Cacao monitorear en tiempo real la fermentación, disminuyendo horas de trabajos y agilizando la toma de decisión.

Tabla 12

Media del monitoreo de la fermentación del cacao por frecuencia de día

	Tradicional	Dispositivo electrónico basado en sensores
Frecuencia de medición por hora	24 hrs	30 seg

Fuente: Elaboración propia

Realizamos la comparación entre los valores de pH y temperatura masa de forma tradicional y por el dispositivo electrónico del día 0, 1 y 2. La Tabla 13 revela que los valores medidos guardan relación de similitud aproximadas. El monitoreo de temperatura masa tiene mayor precisión por el dispositivo, y esto porque de forma tradicional se realiza con termómetros digitales que puede verse influenciada por la temperatura ambiente. En el caso de los valores del pH masa, también se aprecia exactitudes semejantes, por ende, la solución tecnológica genera ventajas al asegurar que la medición automatizada en tiempo real permita realizar remociones del cacao en el periodo del proceso de fermentación requerido.

Tabla 13*Comparación entre los valores de los parámetros de fermentación*

Parámetro	Monitoreo de la fermentación del grano de cacao					
	Tradicional			Dispositivo electrónico basado en sensores		
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 0	Día 1	Día 2
pH masa	5.2	6.58	4.95	4.99	7.01	5.17
Temperatura masa	28	34	39	26.42	35.67	38.14

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, podemos aceptar la hipótesis planteada: el dispositivo electrónico basado en sensores influye significativamente en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda. Este resultado concuerda con la investigación de (Ipanaque et al., 2017), quienes afirman la influencia positiva de dispositivos electrónicos en el monitoreo en tiempo real del proceso de fermentación del cacao. El estudio de (Napanga Paredes, 2018) también sustenta el presente, en cuanto a la conclusión de que con la implementación de sensores conectados a un sistema de información web se puede almacenar y presentar datos en tiempo real para optimizar tiempo y recursos de monitoreo.

Es preciso recalcar que, el dispositivo electrónico basado en sensores mide los parámetros básicos de fermentación definidos en el primer objetivo específico. En este caso, con los reportes del sistema web-móvil, es posible generar evaluaciones de los parámetros almacenados y verificar el comportamiento de la misma. Esta acción es pertinente para el personal de control de calidad y gerente general, puesto que con la información se tomará decisiones para garantizar el correcto proceso de fermentación.

Por ejemplo, en la Figura 13 el comportamiento de la temperatura de fermentación es oscilante, se incrementan en el día por efecto de la incidencia del sol; en las noches las temperaturas descienden. La temperatura en la parte superior del cajón fermentador (T3), tiene variaciones; por ejemplo, en aproximadamente a las 105 horas de proceso y durante el día, la temperatura fue de 52°C y en la noche fue de 47.25°C, que representa una diferencia de 4.75°C; en el mismo momento la temperatura en la parte inferior (T1) fue 37.55°C en el día, y en la noche 47.25°C, que representa una diferencia ascendente de 10.30°C. Sin embargo, la diferencia entre la temperatura máxima superior en inferior en el día fue 14.45°C; y en la noche la temperatura entre ambos no tuvo diferencia (47.25°C).

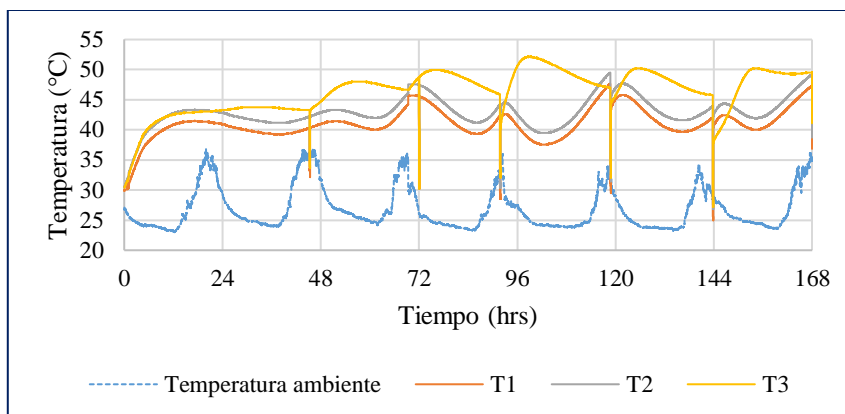


Figura 13. Evaluación de la temperatura para el cacao CCN51 con fermentación DPC durante 7 días. (Fuente: Elaboración propia).

La Figura 14 muestra el reporte de los niveles de pH al inicio del proceso (5.51); estos decrecen en forma constante hasta el quinto día del proceso, siendo el valor más bajo pH=4.1. Luego todos niveles se incrementan; el valor más bajo es de 4.65, y el más alto de 4.72, para los niveles inferior y superior, respectivamente.

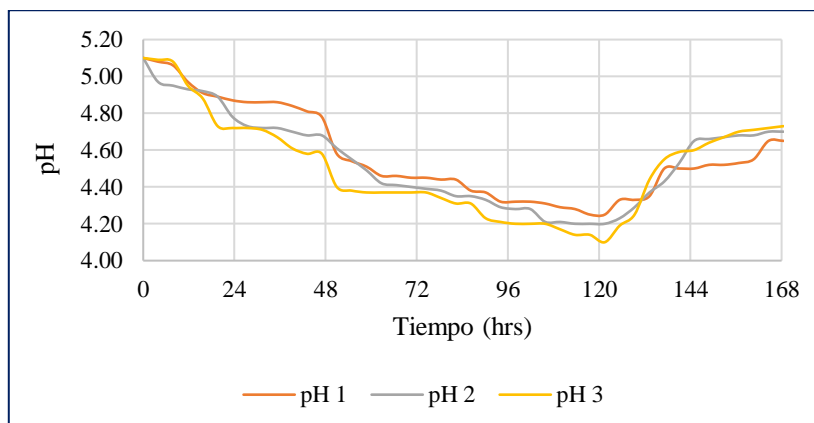


Figura 14. Evaluación del pH para el cacao CCN51 con fermentación DPC durante 7 días. (Fuente: Elaboración propia).

CONCLUSIONES

Se ha determinado los parámetros fisicoquímicos básicos de la fermentación del grano de cacao sustentando en teorías de la literatura científica y el protocolo de fermentación de la Cooperativa Allima Cacao Ltda en el periodo de siete días. Los parámetros definidos fueron: 1) temperatura masa, 2) pH masa, 3) temperatura ambiente y 4) humedad relativa. En cuanto a los parámetros de temperatura y pH masa tuvieron un rango de valores establecidos para garantizar la calidad organoléptica en los granos fermentados.

Asimismo, se ha ensamblado un dispositivo electrónico basado en sensores para monitorear en tiempo real la fermentación del grano de cacao en los cajones de madera. Para ello, se diseñó un esquema eléctrico para simular el dispositivo y se configuró un arduino mega y raspberry pi en lenguaje C++ que permitió procesar los datos recopilados por los sensores. Se trabajó además la parte técnica en campo para las conexiones e implantación en los cajones de madera. El dispositivo cumple la función de recolectar y enviar los datos a un sistema de información para su almacenamiento.

Por otra parte, se ha realizado el análisis, diseño e implementación de un sistema web-móvil bajo la metodología de desarrollo de software XP que permita almacenar y visualizar los datos de los parámetros básico de fermentación del grano de cacao medidos por el dispositivo de sensores. Con la aplicación de un test de aceptabilidad se comprobó su utilidad y cumplimiento del requerimiento del usuario final. Se ha demostrado que los reportes del sistema permiten al personal de control de calidad y gerente general realizar evaluaciones o comparación de parámetros básicos, sustancial para validar el proceso de fermentación.

De acuerdo a la comparación de los valores medidos del monitoreo de fermentación del grano de cacao de forma tradicional y utilizando el dispositivo electrónico, se ha demostrado que de forma tradicional la medición se realiza por hora cada 24 hrs en un periodo de ocho días, en cuanto el dispositivo mide los parámetros cada 30 seg en un periodo de 56 513 veces. Esta diferencia de medias evidencia la mejora de monitoreo del proceso de fermentación, además de realizarse en tiempo real por el dispositivo.

Concluimos que el dispositivo electrónico basado en sensores influye significativamente en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al personal técnico de la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda encargados del monitoreo de fermentación del grano de cacao considerar los parámetros fisicoquímicos básicos determinados, con el propósito de asegurar que los valores de la temperatura y pH masa de fermentación estén en los rangos definidos según el periodo de siete días.

En relación al dispositivo electrónico basado en sensores se recomienda continuar con la construcción de más dispositivos e implantarse en los cajones fermentadores de madera ya que se ha demostrado su utilidad y eficiencia en el monitoreo de parámetros básicos de fermentación del grano de cacao en tiempo real.

Se recomienda registrar en el sistema web-móvil los diferentes tipos de cacao que son procesados en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda y que estos sean fermentados en los cajones de madera que cuentan con dispositivos electrónicos basado en sensores. Además, realizar copias de respaldo (backup) de las evaluaciones de fermentación programadas.

Es pertinente recomendar al personal de control de calidad y al gerente general realizar el análisis de fermentación del grano de cacao a partir de los reportes generados por el sistema web-móvil para evaluar la influencia de los parámetros sobre la calidad organoléptica, que al mismo tiempo mejore la producción de cacao.

Se recomienda a los académicos continuar con la línea de investigación de tecnificación del proceso de cosecha y poscosecha del cacao a través de la integración de tecnologías que automaticen, mejoren y aseguren la producción de cacao de calidad y con ello el desarrollo del comercio nacional e internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrego Almazán, D., Sánchez Tovar, Y., & Medina Quintero, J. M. (2017). Influence of information systems on organizational results. *Contaduría y Administración*, 62(2), 321-338. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2017.03.001>
- Aguilar, H. (2017). *Guía de Buenas Prácticas de Poscosecha de Cacao*. http://v2.fhia.info/downloads/cacao_pdfs/Guia_buenas_practicas_de_poscosecha_de_cacao.pdf
- Alegre Buj, M. S., & Cuetos Revuelta, M. J. (2020). Sensores y equipos de captación automática de datos en los trabajos prácticos de Física y Química de Secundaria y Bachillerato: el uso de Arduino. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1202. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1202
- Allima Cacao. (2020). *Cooperativa Agraria «Allima Cacao» Ltda*. <https://www.devex.com/organizations/cooperativa-agraria-allima-cacao-ltda-130112>
- Amorim Homem de Abreu Loureiro, G., Reis de Araujo, Q., René-Valle, R., Andrade-Sodré, G., & Moreira de Souza, S. M. (2017). Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 579-587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>
- Andrade-Almedia, J., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.462>
- Aubain, Y., Camille, N. É., & Kidiyo, K. (2020). Machine Vision-Based Cocoa Beans Fermentation Degree Assessment. En *El Moussati A., Kpalma K., Ghaouth Belkasmi M., Sabre M., Guégan S. (eds) Advances in Smart Technologies Applications and Case Studies. SmartICT 2019*. (Springer, pp. 144-148). Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 684. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53187-4_17
- Augstburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J., & Streit, C. (2000). II Parte Especializada: Producción Orgánica de Cacao. En *Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico* (Primera ed). Alemania: Asociación Naturland. <https://www.naturland.de/images/SP/Productores/cacao.pdf>

- Barrezueta-Unda, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1), 155. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1210>
- Bekele, F. L., Bidaisee, G. G., Singh, H., & Saravanakumar, D. (2020). Morphological characterisation and evaluation of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad to facilitate utilisation of Trinitario cacao globally. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(3), 621-643. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00793-7>
- Briz Redón, Á., & Serrano Aroca, Á. (2018). Aprendizaje de las matemáticas a través del lenguaje de programación R en Educación Secundaria. *Educacion Matematica*, 30(1), 133-162. <https://doi.org/10.24844/EM3001.05>
- Cárdenas Guerra, R. A. (2019). Políticas Públicas y Exportaciones de Cacao del Perú. Periodo 2011-2016. *Gestión en el Tercer Milenio*, 22(44), 95-104. <https://doi.org/10.15381/gtm.v22i44.17315>
- Carrillo Ortiz, M. G., Zúñiga de la Torre, B. L., Toscano de la Torre, A. B., Aguas García, N., & Díaz Mendoza, J. C. (2017). Los dispositivos móviles e Internet y su uso en el aula: ¿Un factor distractor en el proceso de aprendizaje? Un estudio de caso. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, 4(3), 40-51. https://conaic.net/revista/publicaciones/Vol_IV_Num3_2017/Articulo4.pdf
- Castrillón Idárraga, S. A., Durango-Vanegas, C. E., & Murillo Gómez, D. M. (2019). Buenas prácticas para el desarrollo de mapas de ruido dinámicos en entornos Web GIS. *Cuaderno Activa*, 11(1), 67-80. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/578>
- Córdova Bohórquez, R. P., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., & Herrera Reyes, S. (2019). Automatización de un sistema de fermentación de almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.) para pequeños productores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 149-156. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Dang, Y. K. T., & Nguyen, H. V. H. (2019). Effects of Maturity at Harvest and Fermentation Conditions on Bioactive Compounds of Cocoa Beans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(1), 54-60. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0700-3>
- Escobar Gallardo, E., & Villazón, A. (2018). Sistema de monitoreo energético y control domótico basado en tecnología «Internet de las cosas». *Investigación & Desarrollo*, 18(1), 103-116. <https://doi.org/10.23881/idupbo.018.1-8i>
- Fernández Ruiz, M. G. (2018). *Propuesta de un Centro Empresarial para la organización*

de la actividad comercial del Cacao en San Martín [Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/2700>

- Flores Castro, E. G. (2018). Implementación de una base de datos heterogénea distribuida entre los SGBDs ORACLE, MySQL y PostgreSQL con replicación, mediante un script bash implementado en el sistema operativo CentOS usando software libre. *INNOVA Research Journal*, 3(2.1), 59-66. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.1.2018.668>
- García-Alamilla, P., Salgado-Cervantes, M. A., Barel, M., Berthomieu, G., Rodríguez-Jimenes, G. C., & García-Alvarado, M. A. (2007). Moisture, acidity and temperature evolution during cacao drying. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1159-1165. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.005>
- García Gonzalez, E., Serna Murillo, A. M., Córdoba Pantoja, D. A., Marín Aricapa, J. G., Montalvo Rodríguez, C., & Ordoñez Narváez, G. A. (2019). Estudio de la fermentación espontánea de cacao (*Theobroma Cacao* L.) y evaluación de la calidad de los granos en una unidad productiva a pequeña escala. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 41-51. <https://doi.org/10.23850/24220582.1635>
- García Otero, P. (2020). Equipo de adquisición de audio multicanal usando raspberry pi y python. *VII Simposio Internacional de Electrónica: diseño, aplicaciones, técnicas avanzadas y retos actuales*. <http://www.informaticahabana.cu/es/node/5264>
- Gómez, J. E., Castaño, S., Mercado, T., Fernandez, A., & Garcia, J. (2018). Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. *Ingeniería e Innovación*, 5(1), 24-31. <https://doi.org/10.21897/23460466.1101>
- Gutiérrez, A. (2020). Caracterización morfológica de tres genotipos criollos promisoros de *Theobroma cacao* L., en Panamá. *Ciencia agropecuaria*, 30, 150-169. <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/134>
- Guzmán-Bautista, J., & Chire-Fajardo, G. (2019). Evaluación de la cadena de valor del cacao (*Theobroma cacao* L.) peruano. *Enfoque UTE*, 10(1), 97-116. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.339>
- Hashimoto, J. C., Lima, J. C., Celeghini, R. M. S., Nogueira, A. B., Efraim, P., Poppi, R. J., & Pallone, J. A. L. (2018). Quality Control of Commercial Cocoa Beans (*Theobroma cacao* L.) by Near-infrared Spectroscopy. *Food Analytical Methods*, 11(5), 1510-1517. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1137-2>

- Huamanchumo de la Cuba, O. (2017). Cacao. Producción, consumo y comercio. Del período prehispánico a la actualidad en América Latina. *Fronteras de la Historia*, 22(1), 237-242. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-46882017000100237
- Huang, J. C., Huang, H. C., & Chu, S. H. (2019). Research on image quality in decision management system and information system framework. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 63, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2019.102588>
- Huerta-Riveros, P. C., Gaete-Feres, H. G., & Pedraja-Rejas, L. M. (2020). Dirección estratégica, sistema de información y calidad. El caso de una universidad estatal chilena. *Información tecnológica*, 31(2), 253-266. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000200253>
- Ipanaque, W., Belupu, I., Castillo, J., & Salazar, J. (2017). Internet of Things applied to monitoring fermentation process of Cocoa at the Piura's mountain range. *2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/CHILECON.2017.8229532>
- Jimenez, J. C., Tuz Guncay, I. G., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2018). Presecado: su efecto sobre la calidad sensorial del licor de cacao (theobroma cacao l.). *Revista Científica Agrosistemas*, 6(2), 63-73. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/inde>
- John, W. A., Böttcher, N. L., Behrends, B., Corno, M., D'souza, R. N., Kuhnert, N., & Ullrich, M. S. (2020). Experimentally modelling cocoa bean fermentation reveals key factors and their influences. *Food Chemistry*, 302, 125335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125335>
- Kuhnert, N., D'souza, R. N., Behrends, B., Ullrich, M. S., & Witt, M. (2020). Investigating time dependent cocoa bean fermentation by ESI-FT-ICR mass spectrometry. *Food Research International*, 133, 109209. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109209>
- Lancheros-Cuesta, D., Galvis, B., & Pachón, J. (2017). Dispositivo electrónico portable para la medición de la contaminación del aire. *Ingenio Magno*, 8(1), 8-18. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/1386>
- López Medina, S. E., & Gil Rivero, A. E. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) "cacao". *Arnaldoa*, 24(2), 609-618. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>

- Manga Essouma, F., Michel, I., Mala, W. A., Levang, P., Ambang, Z., Begoude Boyogueno, A. D., Moisy, C., Ngono, F., & Carriere, S. M. (2020). Cocoa-based agroforestry system dynamics and trends in the Akongo subregion of central Cameroon. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00510-9>
- Molina Rios, J. R., Zea Ordonez, M. P., Contento Segarra, M. J., & Garcia Zerda, F. G. (2017). El estado de arte: Metodologías de desarrollo en aplicaciones web. *3C Tecnologia*, 6(3), 54-71. <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/54>
- Molina Ríos, J. R., Zea Ordóñez, M. P., Contento Segarra, M. J., & García Zerda, F. G. (2018). Comparación de metodologías en aplicaciones web. *3C Tecnología_Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(1), 1-19. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n1e25.1-19>
- Napanga Paredes, E. (2018). *Solución web con tecnología de red de sensores para el monitoreo de los parámetros básicos de la calidad del agua en el río Shilcayo* [Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/2665>
- Ngouambe Tchouatcheu, G. A., Mboene Noah, A., Lieberei, R., & Niemenak, N. (2019). Effect of cacao bean quality grade on cacao quality evaluation by cut test and correlations with free amino acids and polyphenols profiles. *Journal of Food Science and Technology*, 56(5), 2621-2627. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03749-y>
- Orna, J. E., Chuquín, N., Saquina, L., & Cueva, O. (2018). Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg. *Enfoque UTE*, 9(2), 159-174. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.185>
- Ortiz S., J., Chungara, M., Ibieta, G., Alejo, I., Tejeda, L., Peralta, C., Aliaga-Rossel, E., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2019). Determinación de teobromina, catequina, capacidad antioxidante total y contenido fenólico total en muestras representativas de cacao amazónico boliviano y su comparación antes y después del proceso de fermentación. *Revista Boliviana de Química*, 36(1), 40-50. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.1.4>
- Paez, D. C., Jojoa, J. F., Moreno, E., Lopez, L. J., Díaz, J. G., Zamora, A. S., Rivera, C. M., & Márquez, M. A. (2020). Sensors Network for Temperature Measurement in a Cocoa Fermentator. En *Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol. 672, pp. 1021-1029). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5558-9_86
- Paniagua L., A., Bedoya R., D., & Mera, C. (2020). Un método para la evaluación de la

- accesibilidad y la usabilidad en aplicaciones móviles. *TecnoLógicas*, 23(48), 99-117. <https://doi.org/10.22430/22565337.1553>
- Pérez Darquea, D. G. (2018). Evolución de los dispositivos electrónicos en un automóvil. *INNOVA Research Journal*, 3(2), 1-7. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.2018.616>
- Pérez, J., Urdaneta, E., & Custodio, Á. (2014). Metodología para el diseño de una red de sensores inalámbricos. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 18(70), 12-22. <http://ve.scielo.org/pdf/uct/v18n70/art02.pdf>
- Pérez Roche, L., González Rios, J., Rodríguez Gómez, R., & Valdés Zaldívar, E. (2019). Caracterización de dispositivos electrónicos de dos terminales utilizando Instrumentación Virtual Remota. *Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 40(2), 34-48. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282019000200034
- Quevedo Guerreo, J. N. (2018). Calidad físico química y sensorial de granos y licor de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando cinco métodos de fermentación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 115-127. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.
- Ramos, N., Castro, A., Félix, M., Milla, F., Soria, R., Alcarraz, M., Ramos, D., Choquesillo, F., Acha de la Cruz, O., Blancas, J., Rodriguez, N., & Valdivieso, D. (2018). Evaluación de Ocratoxina en *Theobroma cacao* L. “cacao trinitario”, por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) y análisis micotoxigénico durante el proceso de cosecha, fermentado, secado y almacenado. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(4), 477-487. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v84i4.67>
- Ribes, X., Monclús, B., Gutiérrez-García, M., & Martí, J.-M. (2017). Aplicaciones móviles radiofónicas: adaptando las especificidades de los dispositivos avanzados a la distribución de los contenidos sonoros. *Revista de la Asociación Española de Investigación de la Comunicación*, 4(7), 29-39. <https://doi.org/10.24137/raeic.4.7.5>
- Salih, F., & Omer, M. S. A. (2018). Raspberry pi as a Video Server. *2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICCCEEE.2018.8515817>
- Santos Melo, T., Santos Pires, T. S., Pereira Engelman, J. V., Oliveira Monteiro, A. L., Fonseca Maciel, L., & da Silva Bispo, E. (2020). Evaluation of the content of bioactive compounds in cocoa beans during the fermentation process. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04706-w>

- Saravia-Matus, S. L., Rodríguez, A. G., & Saravia, J. A. (2020). Determinants of certified organic cocoa production: evidence from the province of Guayas, Ecuador. *Organic Agriculture*, 10(1), 23-34. <https://doi.org/10.1007/s13165-019-00248-4>
- SINEACE. (2017). *Norma de competencia del especialista en proceso de post cosecha de cacao*. <https://www.sineace.gob.pe/wp-content/uploads/2017/07/Anexo-Resolución-Nº275-2017.pdf>
- Sosa Macmahon, N., Bautista Merino, O., Maza Valle, A. C., Namigtle Jiménez, A., & Pérez Delgado, A. (2014). Simulador de Ensamble de Dispositivos Electrónicos por medio de Realidad Aumentada usando un Sensor Kinect. *Pistas Educativas*, XXXV(108), 1436-1449. <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1482>
- Steinau-Dueñas, I., González-Rosales, S., & Castañeda-de-Abrego, V. (2017). Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sonsonate, El Salvador. *Agrociencia*, 1(1), 11-25. <http://revistas.ues.edu.sv/index.php/agrociencia/article/view/716/0>
- Sunyaev, A. (2020). Information Systems Architecture. En *Internet Computing* (pp. 25-26). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34957-8_2
- Syazlina Mohd Soleh, S. S., Som, M. M., Abd Wahab, M. H., Mustapha, A., Othman, N. A., & Saringat, M. Z. (2018). Arduino-Based Wireless Motion Detecting System. *2018 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*, 71-75. <https://doi.org/10.1109/ICOS.2018.8632703>
- Tummers, J., Kassahun, A., & Tekinerdogan, B. (2020). Reference architecture design for farm management information systems: a multi-case study approach. *Precision Agriculture*. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09728-0>
- Vallejo Torres, C. A., Loayza Flores, G. L., Morales Rodríguez, W., Vera Chang, J., Amable Vallejo, C., Lisseth Loayza, G., Morales Rpdriíguez, W., & Vera Chang, J. (2018). Perfil sensorial de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Valle Hermoso - Ecuador. *Revista Espamciencia*, 9(2), 103-113. http://190.15.136.171:49151/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/160
- Vera R., J. M., Arrieta S., A., Quintana, L. F., & García J., A. (2017). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas como parámetros de calidad en la fermentación de clones de cacao CCN51, TSC01. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 76-86. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/2970/1595

- Vílchez Vargas, N. (2016). *Efecto del material del fermentador, en el grado de fermentación de granos de cacao (Theobroma cacao L, Clon: CCN - 51)* [Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/2550%0A>
- Visintin, S., Ramos, L., Batista, N., Dolci, P., Schwan, F., & Cocolin, L. (2017). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* and *Torulaspora delbrueckii* starter cultures on cocoa beans fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 257(2016), 1-42. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.004>
- Wanger, T. C., Hölscher, D., Veldkamp, E., & Tschardtke, T. (2018). Cocoa production: Monocultures are not the solution to climate adaptation—Response to Abdulai et al. 2017. *Global Change Biology*, 24(2), 561-562. <https://doi.org/10.1111/gcb.14005>

ANEXOS

Anexo 2: Imágenes de implantación del dispositivo electrónico basado en sensores

Ilustración 1. Ensamblaje de la red que conecta los sensores con el arduino y raspberry pi



Ilustración 2. Descarga de cacao en baba en los cajones fermentadores



Ilustración 3. Evaluación del proceso de fermentación con el dispositivo electrónico basado en sensores

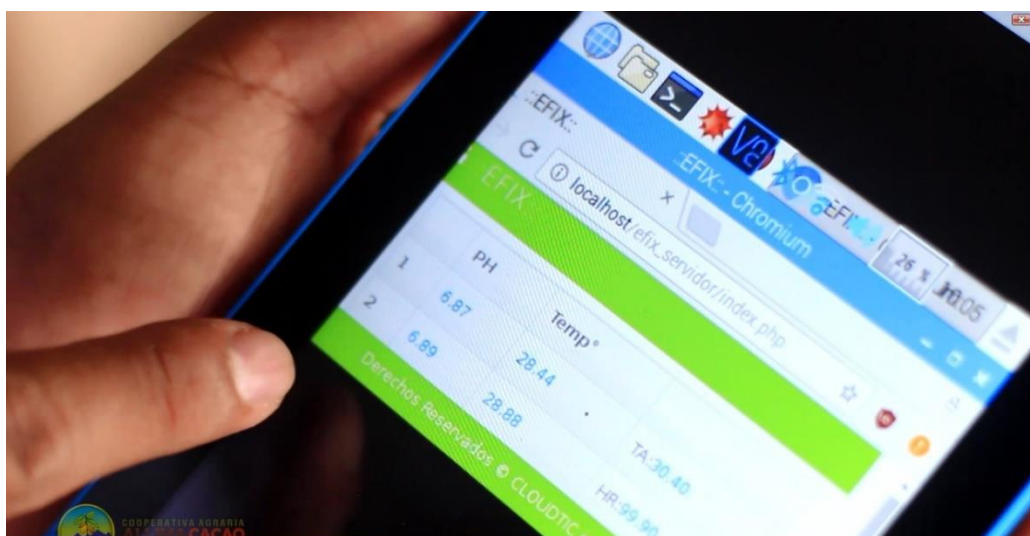


Ilustración 4. Visualización de los parámetros básicos de la fermentación en tiempo real

Anexo 3: Test de aceptabilidad del sistema web-móvil




COOPERATIVA AGRARIA
ALLIMA CACAO
Chazuta - Peru

Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

Chazuta, 31 de agosto del 2021

En el marco de la ejecución del proyecto de investigación “Dispositivo electrónico basado en sensores y su influencia en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda” se formuló el siguiente test de aceptación para validar los requerimientos funcionales enmarcados en las historias de usuario del Sistemas web-móvil de monitoreo en tiempo real de los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao:


Test de aceptación	
Nombres y Apellidos: <i>Carlos Angulo Gonzalez</i>	Usuario: Gerente general
Motivo del presente: Realizar test de aceptación del sistema web – móvil.	
Test: Marcar con una X	
<p>a) El sistema web – móvil permite generar y/o programar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao de manera fácil y sencilla. Aceptable (X) Poco aceptable () No aceptable ()</p> <p>b) El formulario de registro de evaluaciones permite ingresar parcela piloto, variedad evaluada, tipo de fermentación, evaluación a sincronizar, y de manera alternativa una descripción o comentario de forma eficaz. Aceptable (X) Poco aceptable () No aceptable ()</p> <p>c) El sistema web – móvil muestra los registros de las evaluaciones y permite generar reportes en formato Excel del monitoreo con información <i>íntegra y confiable</i>, así como eliminar los registros. Aceptable (X) Poco aceptable () No aceptable ()</p> <p>d) El panel de control de monitoreo muestra los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao de forma entendible, de modo que, se puede tomar decisiones de remoción. Aceptable (X) Poco aceptable () No aceptable ()</p> <p>e) Finalmente, el sistema web-móvil cumple con las expectativas requeridas, y las funcionalidades esenciales para garantizar el monitoreo de la fermentación, así obtener granos de cacao con calidad organoléptica. Aceptable (X) Poco aceptable () No aceptable ()</p>	
Firma:  DNI: <u>41509382</u>	



Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

Chazuta, 31 de agosto del 2021

En el marco de la ejecución del proyecto de investigación “Dispositivo electrónico basado en sensores y su influencia en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda” se formuló el siguiente test de aceptación para validar los requerimientos funcionales enmarcados en las historias de usuario del Sistemas web-móvil de monitoreo en tiempo real de los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao:


Test de aceptación	
Nombres y Apellidos: <i>Gening Tapullima Chasbraxmot</i>	Usuario: Encargado de almacén
Motivo del presente: Realizar test de aceptación del sistema web – móvil.	
Test: Marcar con una X	
<p>a) El sistema web – móvil permite generar y/o programar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao de manera fácil y sencilla. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>b) El formulario de registro de evaluaciones permite ingresar parcela piloto, variedad evaluada, tipo de fermentación, evaluación a sincronizar, y de manera alternativa una descripción o comentario de forma eficaz. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>c) El sistema web – móvil muestra los registros de las evaluaciones y permite generar reportes en formato Excel del monitoreo con información íntegra y confiable, así como eliminar los registros. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>d) El panel de control de monitoreo muestra los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao de forma entendible, de modo que, se puede tomar decisiones de remoción. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>e) Finalmente, el sistema web-móvil cumple con las expectativas requeridas, y las funcionalidades esenciales para garantizar el monitoreo de la fermentación, así obtener granos de cacao con calidad organoléptica. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p>	
Firma:  DNI: <u>01083391</u>	



Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

Chazuta, 31 de agosto del 2021

En el marco de la ejecución del proyecto de investigación "Dispositivo electrónico basado en sensores y su influencia en el monitoreo en tiempo real de la fermentación del grano de cacao en la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda" se formuló el siguiente test de aceptación para validar los requerimientos funcionales enmarcados en las historias de usuario del Sistemas web-móvil de monitoreo en tiempo real de los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao:

Test de aceptación	
Nombres y Apellidos: <u>DAVID SANTOS HUANCAS</u>	Usuario: Control de calidad
Motivo del presente: Realizar test de aceptación del sistema web – móvil.	
Test: Marcar con una X	
<p>a) El sistema web – móvil permite generar y/o programar las evaluaciones del proceso de fermentación del grano de cacao de manera fácil y sencilla. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>b) El formulario de registro de evaluaciones permite ingresar parcela piloto, variedad evaluada, tipo de fermentación, evaluación a sincronizar, y de manera alternativa una descripción o comentario de forma eficaz. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>c) El sistema web – móvil muestra los registros de las evaluaciones y permite generar reportes en formato Excel del monitoreo con información íntegra y confiable, así como eliminar los registros. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>d) El panel de control de monitoreo muestra los parámetros básicos de fermentación del grano de cacao de forma entendible, de modo que, se puede tomar decisiones de remoción. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p> <p>e) Finalmente, el sistema web-móvil cumple con las expectativas requeridas, y las funcionalidades esenciales para garantizar el monitoreo de la fermentación, así obtener granos de cacao con calidad organoléptica. Acceptable (X) Poco acceptable () No acceptable ()</p>	
 Firma: _____ DNI: <u>76962657</u>	

Anexo 4: Acta de implantación del dispositivo



Chazuta 31 de abril del 2021

Acta de instalación del dispositivo electrónico basado en sensores para monitorear la fermentación del grano de cacao.

Reunidos el 31 de abril del 2021 en las instalaciones de la **Cooperativa Allima Cacao**, el equipo técnico compuesto por control de calidad, Almacén, Gerencial general y el tesista, el motivo de la reunión es para constatar la funcionalidad **del equipo electrónico basado en sensores**.

El primer paso se realizó un test de pruebas *in situ* con las mediciones generadas del equipo electrónico basado en sensores y corroboradas por los sensores de pH y Temperatura de masa manuales calibrados que cuenta la cooperativa. La temperatura tuvo un margen de diferencia de ± 0.01 de parte del equipo electrónico y de ± 0.1 en el pH, quedando en conformidad el equipo técnico.

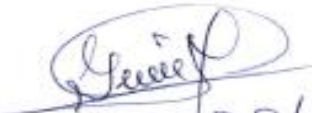
El segundo paso se corroboró que los datos de los sensores se guarden y puedan ser descargados por control de calidad para hacer correlaciones y análisis de data para mejorar y definir los protocolos durante la fermentación de grano de cacao para fines de mejora de calidad sensorial.


Reunidos, se concluye que el dispositivo electrónico basado en sensores es funcional, por lo tanto, está listo para hacer las pruebas para los fines pertinentes de sus tesis de pregrado del tesista, el cual tiene el apoyo de todo el equipo técnico de la cooperativa.

Firman los presentes en señal de conformidad.


 76962657
 DAVID SANTOS HUANCAS.

 Carlos Augusto González
 41500302


 01083391
 Gening Tapullima
 Chashnamote


 46201753
 Lenin Sabanillo Pardo

Anexo 5: Certificado de capacitación



Chazuta 31 de agosto del 2021

Certificado de capacitación en uso de dispositivo electrónico basado en sensores

Ing. Carlos Angulo González, Gerente General de la Cooperativa Allima Cacao.

CERTIFICA

Que la Cooperativa Allima Cacao está conforme con la capacitación en el uso de dispositivo electrónico basado en sensores realizado por el Bachiller Lenin Cabanillas Pardo con numero de DNI 46901755 egresado de la carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática de Universidad Nacional de San Martín.

Para que conste y se use el presente como sea conveniente, firmo en la ciudad de Chazuta treinta y uno de agosto del año 2021


Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda

Carlos Angulo González

GERENTE GENERAL

Ing. Carlos Angulo González
Gerente General