

APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA EL MONITOREO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE CICLO CORTO

COMPUTER APPLICATION FOR MONITORING THE AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM IN SHORT-CYCLE AGRICULTURAL CROPS

José Luis Ponce Guerrero ^{1*}

¹ Ingeniero en Sistemas Computacionales, Estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información y Comunicación del Instituto de Posgrado de la Universidad estatal del Sur de Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4237-5225>. Correo: ponce-jose6529@unesum.edu.ec

José Nevardo Paladines Moran ²

² Doctor en Software, Sistemas y Computación. Ingeniero en Sistemas. Docente del Instituto de Posgrado en la Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación. Docente en la carrera de Tecnologías de la Información de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1991-1894>. Correo: jose.paladines@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: ponce-jose6529@unesum.edu.ec

Resumen

El cultivo agrícola de ciclo corto contribuye a impulsar el crecimiento económico. Por lo tanto, se debe garantizar que el monitoreo en el riego de los cultivos sea eficiente, ya que esto determina la cantidad y calidad de la producción en cada cosecha, elemento que en la actualidad posee algunas deficiencias, como por ejemplo: cultivos no desarrollados adecuadamente, pérdida de producción, falta de un control de las variables que afecta al cultivo, entre otros. A partir de esta problemática, la presente investigación fue realizada con el objetivo de implementar una aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto. La aplicación propuesta permite la recolección de datos en tiempo real a través de los sensores conectados a una placa Arduino con la que se establece un sistema de riego automatizado para cultivos agrícolas de ciclo corto. Se realiza el almacenamiento de los datos en una base de datos para su posterior análisis por medio de informes y cuadros estadísticos que sirven para la toma de decisiones y manejo de archivos históricos. Se realizó una encuesta para saber el estado actual en que se encuentran los sistemas de riego para cultivos agrícolas de ciclo corto considerando los criterios de funcionalidad, operatividad, aceptación y satisfacción para saber si cuentan con acceso a la tecnología para obtener datos en tiempo real. Para los cuatro criterios evaluados, se obtuvo como resultado final un puntaje del 25% que lo ubica en la categoría de Debilidad, siendo necesaria la implementación de un sistema automatizado. Posteriormente, se implementó la aplicación propuesta y en una nueva encuesta para validar la aplicación, la calificación en porcentaje final de todos los criterios fue del 100%, lo que indica que, la

aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto, denominada InfoAsper, cumple con los requerimientos para solucionar el problema que existe actualmente en cuanto a la optimización del recurso hídrico.

Palabras clave: Aplicación informática, monitoreo del sistema, riego automatizado, cultivos agrícolas, ciclo corto.

Abstract

Short-cycle agricultural crops contribute to boosting economic growth. Therefore, it must be ensured that the monitoring of crop irrigation is efficient, since this determines the quantity and quality of production in each harvest, an element that currently has some deficiencies, such as: crops not adequately developed, loss of production, lack of control of the variables that affect the crop, among others. Based on this problem, the present research was carried out with the objective of implementing a computer application for monitoring the automated irrigation system in short-cycle agricultural crops. The proposed application allows real-time data collection through sensors connected to an Arduino board with which an automated irrigation system for short-cycle agricultural crops is established. The data is stored in a database for subsequent analysis through reports and statistical tables that serve for decision making and management of historical archives. A survey was conducted to determine the current status of irrigation systems for short-cycle agricultural crops, considering the criteria of functionality, operability, acceptance and satisfaction to determine whether they have access to technology to obtain data in real time. For the four criteria evaluated, the final result obtained was a score of 25%, which places it in the category of Weakness, making it necessary to implement an automated system. Subsequently, the proposed application was implemented and in a new survey to validate the application, the final percentage score for all the criteria was 100%, which indicates that, the computer application for monitoring the automated irrigation system in short-cycle agricultural crops, called InfoAsper, meets the requirements to solve the problem that currently exists in terms of water resource optimization.

Keywords: Computer application, system monitoring, automated irrigation, agricultural crops, short cycle.

Fecha de recibido: 01/10/2022

Fecha de aceptado: 11/11/2022

Fecha de publicado: 21/11/2022

Introducción

La gran parte de las personas que se encuentran en situación de pobreza dependen de la agricultura (Brown, 2013; Rodríguez, 2015; Vargas & Eguiarte, 2017), por esta razón, los gobiernos de los diferentes países en el mundo se encuentran promoviendo la seguridad alimentaria conjuntamente con sus ministerios (Arnal et al., 2021; Martínez-Torres et al., 2022), para diseñar estrategias que permitan erradicar la pobreza e impulsar el

crecimiento económico (Álvarez-García et al., 2021; Savin et al., 2021). Dentro de estas estrategias se comprenden los incentivos como son: la titulación legal de sus tierras; la capacitación constante; y la implementación de tecnologías para obtener productos de calidad.

Sin embargo, queda evaluar los impactos relevantes en la agricultura y revisar los resultados sociales de una forma más amplia (Erthal & Berticilli, 2018; Vinchira-Villarraga & Moreno-Sarmiento, 2019). En el caso de la agricultura de presión, es necesario contar con riego automatizado y sobre todo la constancia del riego en lugares marginados de donde se necesita para que los productos agrícolas de ciclo corto no se pierdan (Aldaz et al., 2020; Rodríguez Delgado et al., 2020).

Actualmente en el Ecuador los sistemas de riego para cultivos agrícolas de ciclo corto cuentan con un proceso tradicional, en la que se considera al talento humano como un factor importante para recopilar datos manualmente en tiempo real (Murcillo et al., 2020; Pérez-Leira & Domínguez-Gutiérrez, 2019), en donde se vigilan y controlan las variables que inciden en el cultivo, existiendo un índice de error que ocasiona pérdidas en la producción.

En distintas zonas de Ecuador existen cultivos agrícolas de ciclo corto que se desarrollan de forma empírica, cada cultivo agrícola de ciclo corto presenta diferentes características, los que se pueden ver afectados por distintos factores como falta de humedad del suelo, humedad del ambiente, temperatura ambiente, índice UV y plagas (Siguas, 2018).

Las limitaciones que existen actualmente en el consumo del recurso hídrico para riego de cultivos agrícolas de ciclo corto acompañado de la degradación del suelo han ocasionado una baja productividad.

En Ecuador, el principal problema es la baja productividad por metro cuadrado y la zonificación. En algunos casos, los cultivos no se encuentran correctamente irrigados con el recurso hídrico en terrenos que no son aptos para un tipo de cultivo agrícola específico, o la ubicación geográfica del terreno no es el adecuado, lo que ocasiona la pérdida parcial o total del cultivo agrícola (Bonilla Bolaños & Singaña Tapia, 2019).

Una alternativa para solucionar el problema sería implementar sistemas de riego que incorporan componentes tecnológicos, pero estos, son socialmente menos accesibles para diferentes comunidades que se dedican a esta actividad (Cornelio & González, 2018).

Por lo expuesto, es objetivo de la presente investigación, desarrollar una aplicación informática mediante la utilización de herramientas *Open Source* para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto (Mar Cornelio, 2019). Para alcanzar este objetivo, se analiza primeramente el estado actual en que se encuentra el monitoreo de los sistemas de riego automatizados en cultivos agrícolas de ciclo corto, para determinar los componentes electrónicos y las herramientas *Open Source* para el desarrollo de la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto (Alcívar & Cornelio, 2022).

Los avances tecnológicos y sobre todo las tecnologías de la información y comunicación, han ayudado a la sociedad, por tal motivo, tanto las empresas públicas o privadas, como las personas se soportan en ella para la solución de problemas mediante el uso de aplicaciones informáticas en tiempo real (Rodríguez, 2021). Con el uso de las tecnologías de la información y comunicación se pueden diseñar procesos más eficaces que

permiten resolver las necesidades de la comunidad agrícola proporcionando herramientas creativas para impulsar el desarrollo de aplicaciones de información en tiempo real (Martínez & Mesías, 2021).

La aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto, mejorará la administración del recurso hídrico, analizando las variables en tiempo real que intervienen directamente en el cultivo. Los beneficiarios directos serán los agricultores porque podrán elaborar informes a partir de los datos que la aplicación informática les provea y con ello crear un histórico de datos para realizar pronósticos o cuadros comparativos en el futuro.

La aplicación informática tiene un diseño de fácil acceso, está desarrollada en un ambiente web, para acceder a ella en cualquier momento y lugar, dispone todas las medidas de seguridad en el almacenamiento de datos y registro de usuarios. Los usuarios podrán hacer revisiones de los datos de manera diaria, semanal, mensual o anual y con ellos generar informes y estadísticas en tiempo real, y manejar registros históricos que sirvan para la toma de decisiones.

Materiales y métodos

Para la implementación de la aplicación informática se siguió una investigación de tipo aplicada y se apoyó en los siguientes métodos:

La observación: Permitió tomar notas en el campo sobre el comportamiento y actividades de los agricultores en un cultivo de ciclo corto específico.

La entrevista: se realizó para conocer los asuntos específicos sobre el riego en cultivos agrícolas de ciclo corto y las variables meteorológicas que influyen.

Revisión documental: se consultaron documentos públicos, privados y oficiales sobre temas específicos del riego en cultivos agrícolas de ciclo corto, además de revisar como es el funcionamiento de los componentes electrónicos Arduino para la toma de datos en tiempo real.

Estadística descriptiva: por medio de la utilización de los datos que se encuentran almacenados en la base de datos y representados en cuadros estadísticos.

Estadística diferencial: se realizó el análisis de los datos que se encuentran en la base de datos obtenidos de los sensores Arduino y visualizados por la aplicación informática para la toma de decisiones, predicciones y pronósticos del riego en cultivos agrícolas de ciclo corto.

Bibliográfico: Se empleó este para establecer y referenciar los conceptos tomados de libros, revistas, artículos, repositorios y sitios web relacionados con el tema de investigación.

Encuesta: Se aplicó la encuesta a los ingenieros agrónomos expertos en cultivos agrícolas de ciclo corto para obtener información que ayudará a comprobar la factibilidad de la presente investigación.

Para el desarrollo de la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto se usa software con licencia de código abierto lo que permite no invertir económicamente en la compra de licencias y poder obtener las herramientas de desarrollo de forma legal según lo establece. Algunos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Recursos de Software.

RECURSOS	DETALLE
Sistema Operativo	Linux Ubuntu 20.04
Lenguaje de Programación	Php
Servidor Web	Apache
Gestor de Base de Datos	Mysql

Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Diagnóstico del contexto actual

Se aplicó encuestas a 4 ingenieros agrónomos para saber el estado actual en que se encuentran los sistemas de riego para cultivos agrícolas de ciclo corto de acuerdo con los criterios de funcionalidad, operatividad, aceptación y satisfacción, además, para conocer si cuentan con acceso a la tecnología para obtener datos en tiempo real. La escala de evaluación se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de Evaluación.

Totalmente	En su mayor parte	Parcialmente	Ninguno
Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Muy satisfecho	Satisfecho	Parcialmente Satisfecho	Insatisfecho
4 Fortaleza	3 Mejora-Fortaleza	2 Mejora-Debilidad	1 Debilidad

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2, se muestra la escala de evaluación utilizada para procesar los datos de la encuesta realizada

Tabla 3. Escala de Valoración.

100% - 70%	FORTALEZA
69,9% - 40%	MEJORA
39,9% - 0,1%	DEBILIDAD

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3, se muestran la escala de valoración de cada categoría utilizada para procesar los datos de la encuesta realizada.

Tabla 4. Resultados del criterio de funcionalidad.

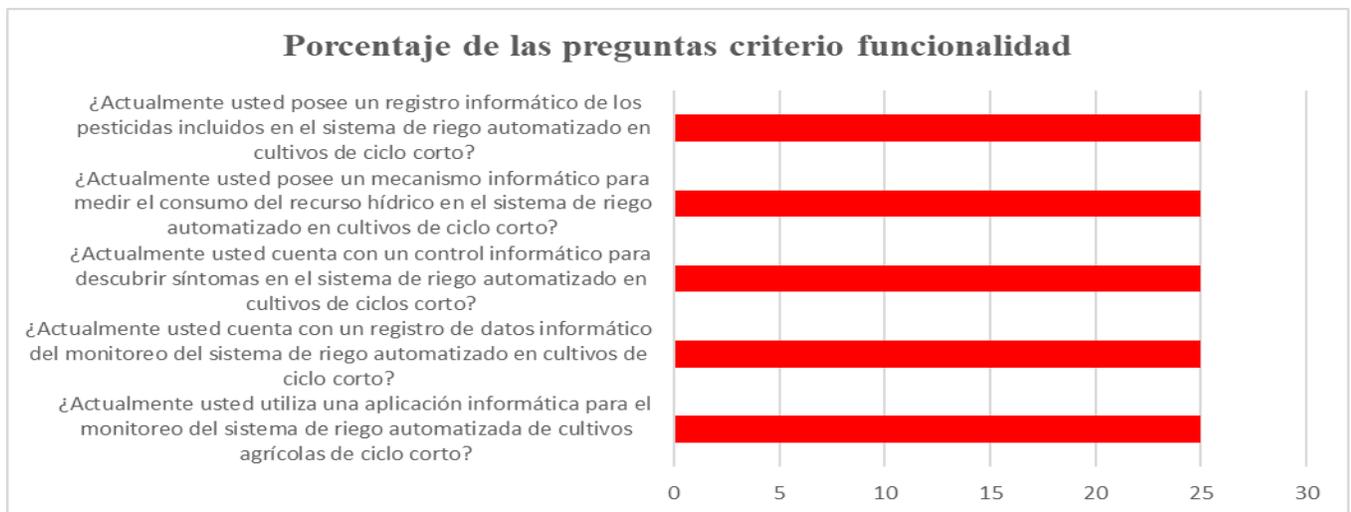
CRITERIO FUNCIONALIDAD					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
¿Actualmente usted utiliza una aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizada de cultivos agrícolas de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted cuenta con un registro de datos informático del monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25

Aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado

¿Actualmente usted cuenta con un control informático para descubrir síntomas en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclos corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted posee un mecanismo informático para medir el consumo del recurso hídrico en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted posee un registro informático de los pesticidas incluidos en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO FUNCIONALIDAD :					25

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Porcentaje de las respuestas al criterio funcionalidad.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación: En la Tabla 4, se presentan las calificaciones de las preguntas que se realizó a cada entrevistado de la situación actual sobre el criterio funcionalidad que se presenta en un sistema de riego de cultivo agrícola de ciclo corto; obteniendo como resultado final un puntaje del 25% que lo ubica en la categoría de **Debilidad**.

Tabla 5. Resultados del Criterio Operatividad.

CRITERIO OPERATIVIDAD					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
¿Actualmente usted cuenta con una aplicación informática que le brinde seguridad de los datos obtenidos de un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted cuenta con una aplicación informática que le permita ingresar sus comentarios y observaciones en un sistema de	1	1	1	1	25

Aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado

riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?					
¿Actualmente usted cuenta con una aplicación informática que le permita emitir reportes en un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted cuenta con una aplicación informática que le permita la revisión histórica de datos de un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted cuenta con una aplicación informática que le permita realizar proyecciones estadísticas de un sistema de riego automatizado de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO OPERATIVIDAD :					25

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Porcentaje de las preguntas criterio operatividad.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación: En la tabla 5, se presentan las respuestas a las preguntas que realizó cada entrevistado de la situación actual del criterio operatividad que se presenta en un sistema de riego de cultivo agrícola de ciclo corto, obteniendo como resultado final un puntaje del 25% que lo ubica en la categoría de **Debilidad**.

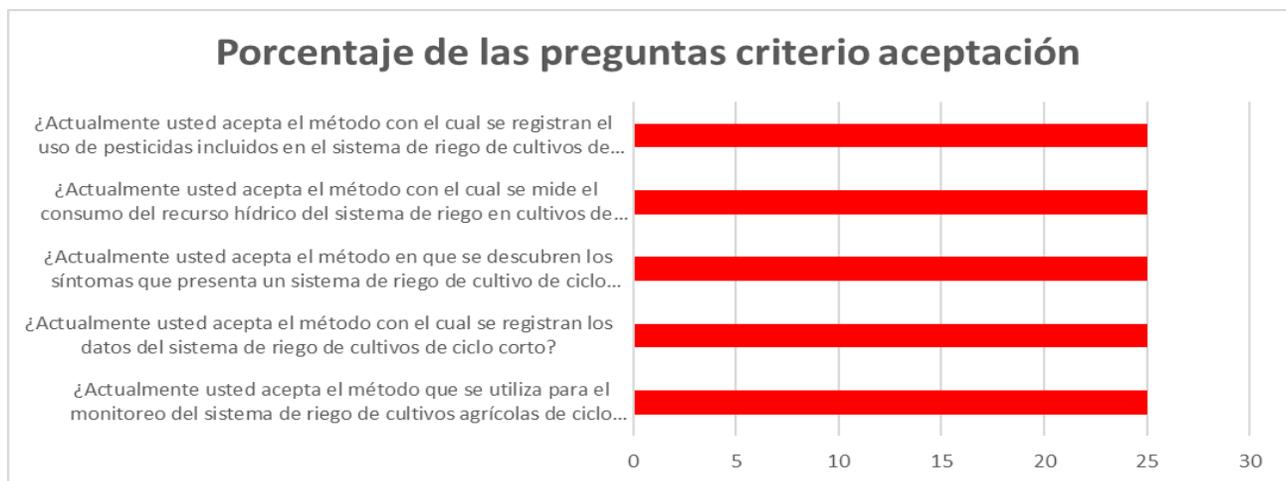
Tabla 6 Resultados del Criterio Aceptación.

CRITERIO ACEPTACIÓN					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
¿Actualmente usted acepta el método que se utiliza para el monitoreo del sistema de riego de cultivos agrícolas de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted acepta el método con el cual se registran los datos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25

¿Actualmente usted acepta el método en que se descubren los síntomas que presenta un sistema de riego de cultivo de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted acepta el método con el cual se mide el consumo del recurso hídrico del sistema de riego en cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted acepta el método con el cual se registran el uso de pesticidas incluidos en el sistema de riego de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO ACEPTACION:					25

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Porcentaje de las preguntas criterio aceptación.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación: En la tabla 6, se presentan las respuestas a las preguntas que realizó cada entrevistado de la situación actual del criterio aceptación que se presenta en un sistema de riego de cultivo agrícola de ciclo corto, obteniendo como resultado final un puntaje del 25% que lo ubica en la categoría de **Debilidad**.

Tabla 7 Resultados del Criterio Satisfacción.

CRITERIO SATISFACCIÓN					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
¿Actualmente usted se encuentra satisfecho con el método utilizado de seguridad de los datos obtenidos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted está satisfecho con el método utilizado de registro de comentarios y observaciones del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted se encuentra satisfecho del método utilizado para emitir reportes del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25

¿Actualmente usted se encuentra satisfecho con el método utilizado para la revisión histórica de los datos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
¿Actualmente usted se encuentra satisfecho con el método utilizado para realizar proyecciones estadísticas de un sistema de riego de cultivos de ciclo corto?	1	1	1	1	25
ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO SATISFACCION:					25

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Porcentaje de las preguntas criterio satisfacción.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación: En la tabla 7 del criterio satisfacción de presentan las respuestas a las preguntas que realizó cada entrevistado de la situación actual que se presenta en un sistema de riego de cultivo agrícola de ciclo corto, obteniendo como resultado final un puntaje del 25% que lo ubica en la categoría de **Debilidad**.

Tabla 8 Resultado por criterios.

CRITERIO	RESULTADO	ESTADO ACTUAL
FUNCIONALIDAD	25	25
OPERATIVIDAD	25	
ACEPTACIÓN	25	
SATISFACCIÓN	25	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: Estado actual según criterios.



Fuente: Elaboración propia.

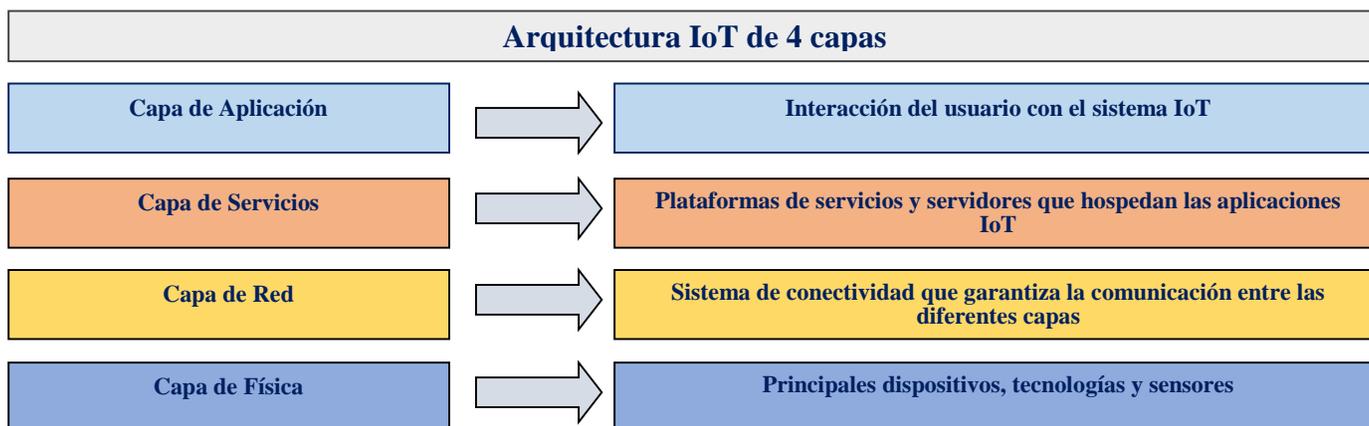
Análisis e interpretación: En la tabla 8, se presentan los resultados de los cuatro criterios analizados para comprender de mejor manera el estado en que se encuentra actualmente la utilización de una aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto. Como se puede observar, todos los criterios alcanzan un resultado del 25%.

Con los resultados presentados se puede concluir, el monitoreo de un sistema de riego para cultivos agrícolas de ciclo corto se lo lleva de forma manual y que no existe la implementación de alguna Tecnología de la Información y Comunicación para obtener datos en tiempo real y analizarlos para la toma de decisiones para mejorar la producción y contribuir con la sociedad.

Implementación de la propuesta

La investigación se apoya en el avance de las tecnologías de la comunicación, donde la mayoría de los dispositivos electrónicos pueden conectarse a redes ubicuas para el monitoreo y recolección de datos. La arquitectura implementada se estructura en un modelo de referencia de 4 capas: Aplicación, Servicio, Red, Física. La figura 6 muestra una representación de la arquitectura en 4 capas utilizada.

Figura 6: Arquitectura IoT de cuatro capas para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto.



Fuente: Elaboración propia.

Datos a evaluar: Indicadores del ambiente de los cultivos.

Indicadores del ambiente: Temperatura, humedad, densidad de la especie, iluminación.

Dispositivos a considerar: Sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores iluminación, sensores de agua, sensores de luz.

Alcance para la propuesta: Encargado de la gestión de la información de un ambiente sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto.

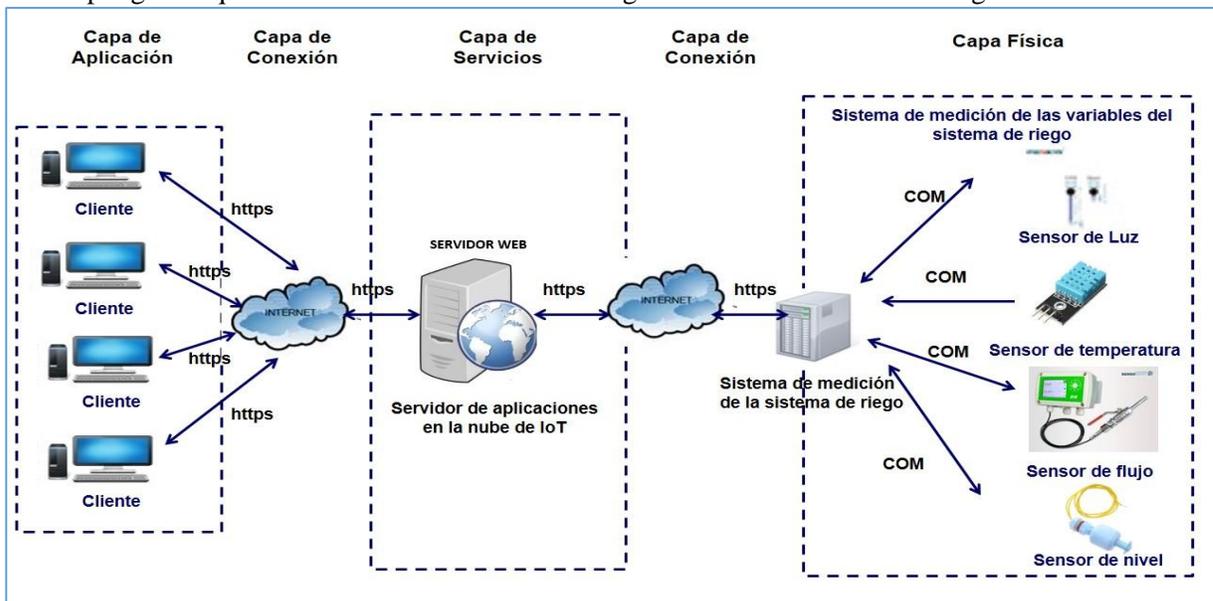
Características y consideraciones:

- Dispositivos de bajo consumo de energía de 2.4 GHz
- Protocolo de comunicación: TCP / IP, la velocidad de transferencia de dato es 100 Mbps.
- Cada sensor no enviará una cantidad de información superior a los 8 bytes de datos por segundo.
- Se implementará un sistema de medición de las variables del ambiente acuáticas cada 10 minutos.

Infraestructura de IoT el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto

La arquitectura propuesta se basó en los modelos de referencias de 4 capas para las infraestructuras de IoT que garantiza la gestión eficaz del sistema de medición utilizado para la obtención de los datos en un ambiente del sistema de riego. La figura 7 muestra una representación de la arquitectura propuesta.

Figura 7: Despliegue Arquitectura de IoT del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto.



Fuente: Elaboración propia.

Capa Física: representa el sistema de medición utilizado para el ambiente agrícola. Se compone por el conjunto de sensores de temperatura, humedad, luz, nivel del agua que brindan los parámetros necesarios para lograr un adecuado crecimiento de las plantas; cada sensor realiza una lectura de los datos sobre las diferentes condiciones del ambiente del suelo.

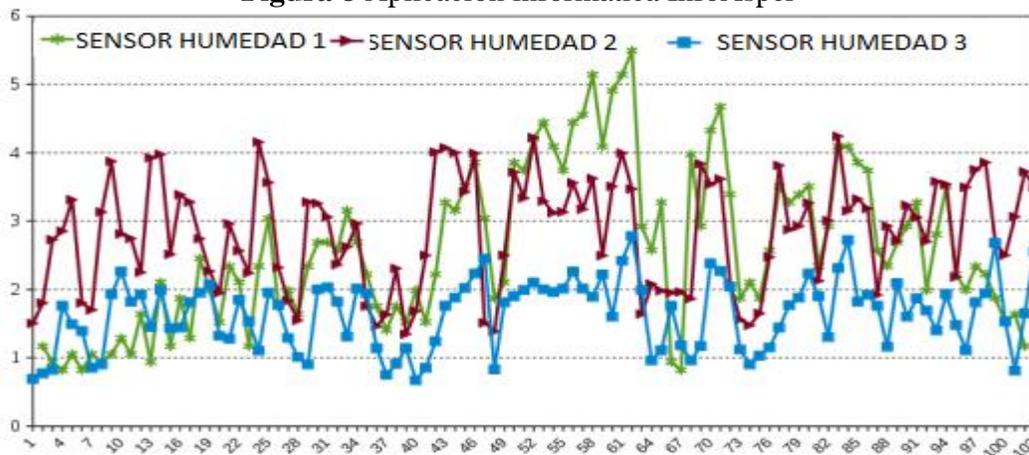
Capa de Conexión: agrupa todos los dispositivos de interconexión físicos y lógicos que garanticen la transferencia de los datos obtenidos en el sistema de medición de los sensores hacia la capa de servicio utilizándose a internet.

Capa de servicios: ofrece los principales proveedores de servicio de IoT, sistemas gestores de bases de datos y servidores de aplicaciones dedicados. A partir de los datos generados en el sistema de medición de los sensores estos se envía hacia la capa de servicio mediante la capa de conexión. Cada dato es almacenado por los repositorios creados para este fin; esta capa facilita la información sobre las variables del suelo en el sistema de riego. La capa de servicios permite el procesamiento de los datos a través de servicios web.

Capa de aplicación: constituye la capa que interactúa directamente con los usuarios. Representa una interfaz web que puede ser visualizada mediante un ordenador o móvil para obtener los datos generados en el sistema de medición. En esta capa se generan informes, estadísticas y gráficas de comportamientos. El monitoreo continuo garantiza las informaciones necesarias para apoyar la toma de decisiones referentes al proceso de crecimiento de las plantas y el funcionamiento del sistema de riego. El usuario encargado del control del proceso puede tener el comportamiento en tiempo real de las variables ambientales: Temperatura, humedad, luz, sonido, agua.

Aplicación informática

Figura 8 Aplicación informática InfoAsper



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8, muestra los resultados de la información captada del sistema de riego denotado la funcionalidad y operatividad de la aplicación informática sobre los datos que se obtienen en tiempo real por medio de los sensores Arduino y que se encuentran almacenados en una base de datos mysql y presentando al usuario final una interfaz gráfica en ambiente web por medio del servidor apache, permitiendo la administración y control

del recurso hídrico en los sistemas de riego en cultivos agrícolas de ciclo corto reduciendo los tiempos, recursos y permitiendo a los usuarios generar informes, aceptando favorablemente la aplicación informática considerándola como un recurso tecnológico actual e importante para monitoreo del recurso hídrico.

Análisis de la propuesta implementada

Una vez implementada y utilizada la aplicación se realizó otra encuesta para conocer los beneficios que aportó el sistema de riego automatizado para cultivos agrícolas de ciclo corto. La encuesta estuvo dirigida a 4 expertos en ingeniería agronómica con sus títulos de tercer nivel legalmente registrados en la plataforma del Senescyt.

Tabla 9 Escala de Evaluación.

Totalmente	En su mayor parte	Parcialmente	Ninguno
Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Muy satisfecho	Satisfecho	Parcialmente Satisfecho	Insatisfecho
4	3	2	1
Fortaleza	Mejora-Fortaleza	Mejora-Debilidad	Debilidad

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, se muestra como la categoría fortaleza comprende de 100% a 70%; la categoría de mejora comprende de 69.9% a 40% y la categoría de debilidad comprende de 0% a 39.9%. Cada criterio se evalúa en base a cada respuesta indicada por cada experto en agronomía.

Tabla 10 Escala de Valoración

100% - 70%	FORTALEZA
69,9% - 40%	MEJORA
39,9% - 0,1%	DEBILIDAD

Fuente: Elaboración propia.

Criterio Funcionalidad

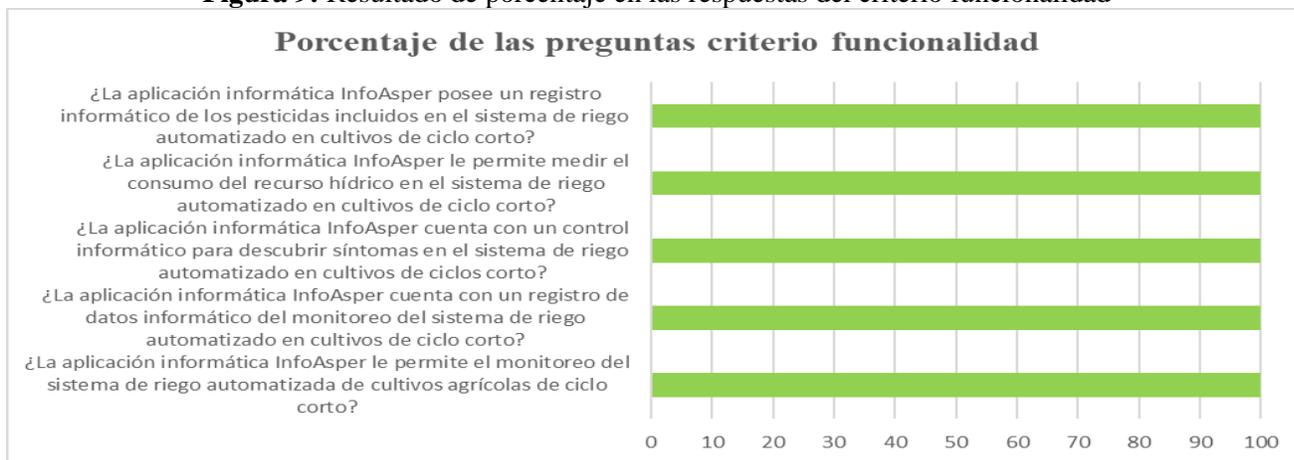
Tabla 11 Resultados del Criterio Funcionalidad.

CRITERIO FUNCIONALIDAD					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
¿La aplicación informática InfoAsper le permite el monitoreo del sistema de riego automatizada de cultivos agrícolas de ciclo corto?	4	4	4	4	100
¿La aplicación informática InfoAsper cuenta con un registro de datos informático del monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto?	4	4	4	4	100
¿La aplicación informática InfoAsper cuenta con un control informático para descubrir síntomas en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclos corto?	4	4	4	4	100
¿La aplicación informática InfoAsper le permite medir el consumo del recurso hídrico en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto?	4	4	4	4	100

¿La aplicación informática InfoAsper posee un registro informático de los pesticidas incluidos en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto?	4	4	4	4	100
ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO FUNCIONALIDAD:					100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Resultado de porcentaje en las respuestas del criterio funcionalidad



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación: En la tabla 11, se visualiza el resultado en porcentaje obtenido del criterio funcionalidad de las encuestas realizadas a los cuatro ingenieros agrónomos, en las que indican que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto cumple con los parámetros de:

- Permite el monitoreo del sistema de riego automatizada de cultivos agrícolas de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Cuenta con un registro de datos informático del monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Cuenta con un control informático para descubrir síntomas en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclos corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Permite medir el consumo del recurso hídrico en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Posee un registro informático de los pesticidas incluidos en el sistema de riego automatizado en cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.

Se observa que la calificación en porcentaje final del criterio funcionalidad es de 100%, lo que indica que la aplicación informática InfoAsper para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo cumple con los requerimientos para solucionar el problema que existe actualmente en el consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego de cultivos agrícolas de ciclo corto.

Con el resultado presentado del criterio funcionalidad podemos concluir que existe un mejor y documentado seguimiento con datos en tiempo real que provee la aplicación informática InfoAsper del consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego automatizados de cultivos agrícolas de ciclo corto.

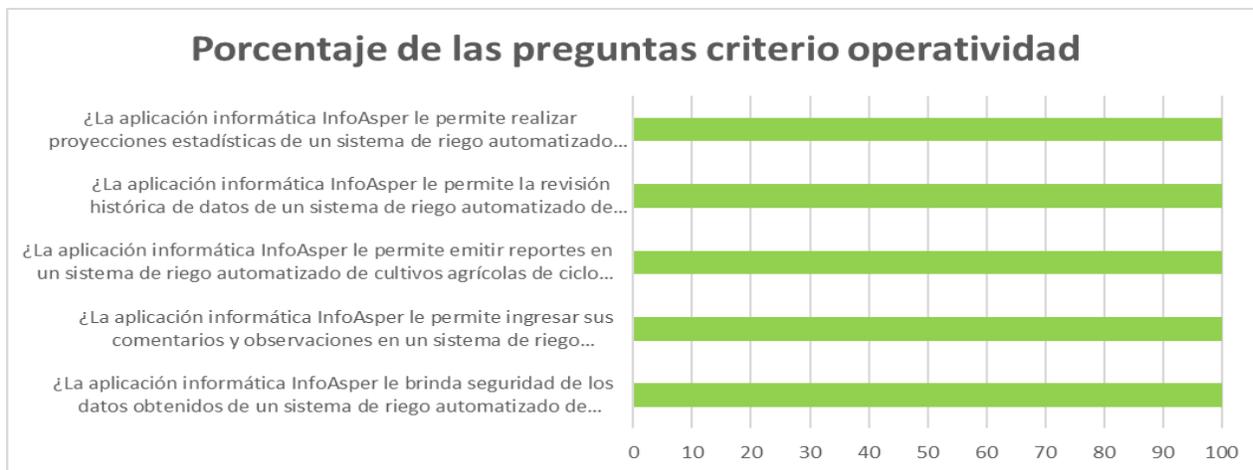
Criterio operatividad

Tabla 12 Resultados del Criterio Operatividad.

CRITERIO OPERATIVIDAD					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
¿La aplicación informática InfoAsper le brinda seguridad de los datos obtenidos de un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?	4	4	4	4	100
¿La aplicación informática InfoAsper le permite ingresar sus comentarios y observaciones en un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?	4	4	4	4	100
¿La aplicación informática InfoAsper le permite emitir reportes en un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?	4	4	4	4	100
¿La aplicación informática InfoAsper le permite la revisión histórica de datos de un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto?	4	4	4	4	100
¿La aplicación informática InfoAsper le permite realizar proyecciones estadísticas de un sistema de riego automatizado de cultivos de ciclo corto?	4	4	4	4	100
ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO OPERATIVIDAD:					100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Resultado de porcentaje en las respuestas del criterio operatividad.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación: En la tabla 12, se visualiza el resultado en porcentaje obtenido del criterio operatividad de las encuestas realizadas a los cuatro ingenieros agrónomos, en las que indican que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto cumple con los parámetros de:

- Brinda seguridad de los datos obtenidos de un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Permite ingresar sus comentarios y observaciones en un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Permite emitir reportes en un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Permite la revisión histórica de datos de un sistema de riego automatizado de cultivos agrícolas de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Permite realizar proyecciones estadísticas de un sistema de riego automatizado de cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.

Se visualiza que la calificación en porcentaje final del criterio operatividad es de 100%, lo que indica que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo InfoAsper cumple con los requerimientos para solucionar el problema que existe actualmente en el consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego de cultivos agrícolas de ciclo corto.

Con el resultado presentado del criterio operatividad podemos concluir que existe la seguridad de los datos, la emisión de reportes y proyecciones estadísticas en tiempo real que provee la aplicación informática InfoAsper del consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego automatizados de cultivos agrícolas de ciclo corto.

Criterio aceptación

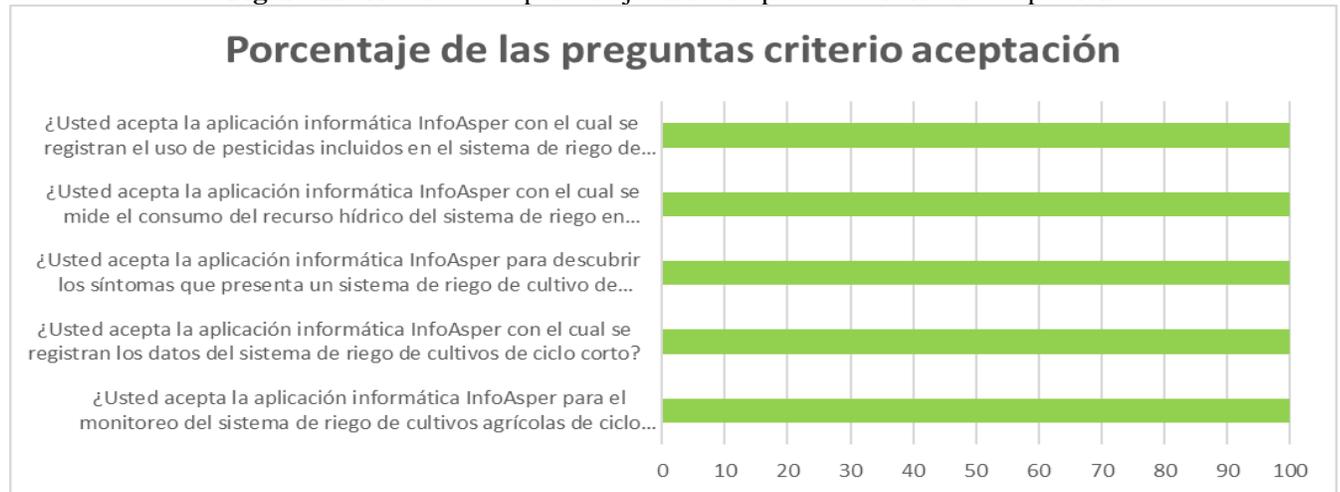
Tabla 13 Resultados del Criterio Aceptación.

CRITERIO ACEPTACIÓN					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
<i>¿Usted acepta la aplicación informática InfoAsper para el monitoreo del sistema de riego de cultivos agrícolas de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted acepta la aplicación informática InfoAsper con el cual se registran los datos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted acepta la aplicación informática InfoAsper para descubrir los síntomas que presenta un sistema de riego de cultivo de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted acepta la aplicación informática InfoAsper con el cual se mide el consumo del recurso hídrico del sistema de riego en cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted acepta la aplicación informática InfoAsper con el cual se registran el uso de pesticidas incluidos en el sistema de riego de cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100

ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO ACEPTACION:	100
--	-----

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11: Resultado de porcentaje en las respuestas del criterio aceptación.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13, se puede ver el resultado en porcentaje obtenido del criterio aceptación de las encuestas realizadas a los cuatro ingenieros agrónomos en las que nos indican que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto cumple con los parámetros de:

- Acepta la aplicación informática InfoAsper para el monitoreo del sistema de riego de cultivos agrícolas de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Acepta la aplicación informática InfoAsper con el cual se registran los datos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Acepta la aplicación informática InfoAsper para descubrir los síntomas que presenta un sistema de riego de cultivo de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Acepta la aplicación informática InfoAsper con el cual se mide el consumo del recurso hídrico del sistema de riego en cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.

Se observa que la calificación en porcentaje final del criterio aceptación es de 100%, lo que indica que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo InfoAsper cumple con los requerimientos para solucionar el problema que existe actualmente en el consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego de cultivos agrícolas de ciclo corto.

Con el resultado presentado del criterio aceptación podemos concluir que existe la aceptación por parte de los usuarios para trabajar con los datos en tiempo real que provee la aplicación informática InfoAsper del consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego automatizados de cultivos agrícolas de ciclo corto.

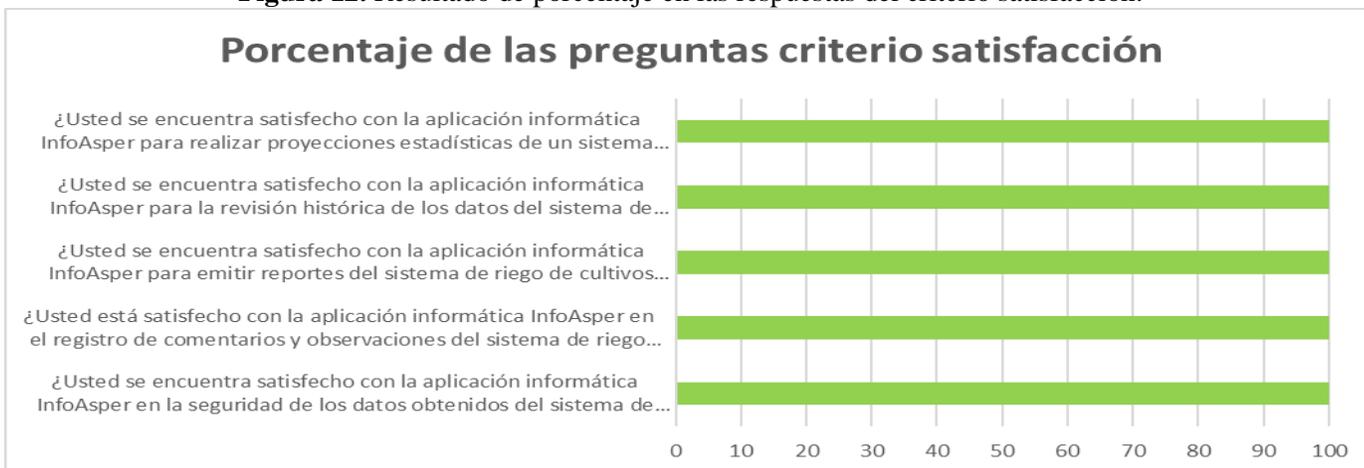
Criterio satisfacción

Tabla 14 Resultados del Criterio Satisfacción.

CRITERIO SATISFACCIÓN					
PREGUNTAS	ENCUESTADO 1	ENCUESTADO 2	ENCUESTADO 3	ENCUESTADO 4	RESULTADO %
<i>¿Usted se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper en la seguridad de los datos obtenidos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted está satisfecho con la aplicación informática InfoAsper en el registro de comentarios y observaciones del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper para emitir reportes del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper para la revisión histórica de los datos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
<i>¿Usted se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper para realizar proyecciones estadísticas de un sistema de riego de cultivos de ciclo corto?</i>	4	4	4	4	100
ESTADO ACTUAL DEL CRITERIO SATISFACCION:					100

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Resultado de porcentaje en las respuestas del criterio satisfacción.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación: En la tabla 14, se puede apreciar el resultado en porcentaje obtenido del criterio satisfacción de las encuestas realizadas a los cuatro ingenieros agrónomos en las que nos indican que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto cumple con los parámetros de:

- Se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper en la seguridad de los datos obtenidos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Está satisfecho con la aplicación informática InfoAsper en el registro de comentarios y observaciones del sistema de riego de cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper para emitir reportes del sistema de riego de cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper para la revisión histórica de los datos del sistema de riego de cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.
- Se encuentra satisfecho con la aplicación informática InfoAsper para realizar proyecciones estadísticas de un sistema de riego de cultivos de ciclo corto, obteniendo como resultado la calificación en porcentaje de 100%.

Se observa que la calificación en porcentaje final del criterio satisfacción es de 100%, lo que indica que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo InfoAsper cumple con los requerimientos para solucionar el problema que existe actualmente en el consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego de cultivos agrícolas de ciclo corto.

Con el resultado presentado del criterio satisfacción podemos concluir que existe la comodidad y bienestar de trabajar con los datos en tiempo real que provee la aplicación informática InfoAsper del consumo del recurso hídrico en los sistemas de riego automatizados de cultivos agrícolas de ciclo corto.

Resultado de criterios

En la tabla 15, se presentan los resultados finales de la encuesta aplicada a los ingenieros agrónomos acerca de los cuatro criterios evaluados.

Tabla 15 Evaluación final de criterios.

CRITERIO	RESULTADO	EVALUACION FINAL
FUNCIONALIDAD	100	100
OPERATIVIDAD	100	
ACEPTACIÓN	100	
SATISFACCIÓN	100	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Resultado de porcentaje evaluación final de criterios.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15, se visualiza que la calificación en porcentaje final de evaluación de los criterios es de 100%, lo que indica que la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto InfoAsper cumple con los requerimientos para solucionar el problema que existe actualmente en el consumo del recurso hídrico para este tipo de sistema de riego de cultivo agrícola.

Conclusiones

En base al estudio realizado en la presente investigación, se puede evidenciar el problema que existe actualmente al momento de la utilización del recurso hídrico para los cultivos agrícolas de ciclo corto, el proceso de poder administrar el recurso hídrico manualmente es defectuoso e ineficiente, se lo lleva de manera empírica y no existe un control de las variables que afecta al cultivo.

Por este motivo se desarrolla la aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto, utilizando herramientas de *Open Source*, que permitirá a los usuarios conocer en tiempo real todas las variables que afectan al cultivo agrícola de ciclo corto mediante el análisis de los datos que se obtendrá de los sensores y por medio de representaciones graficas se podrá establecer los resultados para la toma de decisiones.

La aplicación informática contempla las diferentes necesidades que actualmente posee los expertos en cultivos agrícolas de ciclo corto, por tal motivo se la desarrolla para que sea amigable e intuitiva de fácil entendimiento y comprensión, lo que se complementará con una mejor administración y monitoreo de las variables y factores que intervienen en un cultivo agrícola de ciclo corto.

Mediante las tecnologías de la información y comunicación, nos permite realizar aplicaciones informáticas para obtener datos en tiempo real para procesarlos y analizarlos para la toma de decisiones para incrementar la producción y minimizar las perdidas en el cultivo agrícola de ciclo corto para tener identificados las posibles acciones a implementar.

Se demostró la funcionalidad y operatividad de la aplicación informática mejorando la administración y control del recurso hídrico en los sistemas de riego en cultivos agrícolas de ciclo corto reduciendo los tiempos, recursos y permitiendo a los usuarios generar informes en base a los datos que obtienen en tiempo real,

aceptando favorablemente la aplicación informática considerándola como un recurso tecnológico actual e importante para monitoreo del recurso hídrico.

Referencias

- Alcívar, K. I. V., & Cornelio, O. M. (2022). Estado del arte de un sistema IoT, para la interacción con los visitantes de museos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 15(3), 124-138. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1049>
- Aldaz, J. C. C., Cortez, J. L. P., López, M. C., & Jacome, S. S. I. (2020). Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(4), 308-327. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065077024/28065077024.pdf>
- Álvarez-García, C., López-Medina, I. M., Sanz-Martos, S., & Álvarez-Nieto, C. (2021). Salud planetaria: educación para una atención sanitaria sostenible. *Educación Médica*, 22(6), 352-357. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575181321001376>
- Arnal, L. M. L., Tormo, A. V., Muñoz, A. C., Villarroya, C. M., Calvo, E. L., Navarro, P. M., & París, A. S. (2021). Impacto del consumo de alimentos ultraprocesados en la enfermedad renal crónica. *Nefrología*, 41(5), 489-501. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211699521000291>
- Bonilla Bolaños, A. G., & Singaña Tapia, D. A. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1), 70-83. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962019000100070&script=sci_arttext
- Brown, W. J. (2013). El papel de la agricultura en la reducción de la pobreza. *Revista mexicana de Agronegocios*, 32, 166-178. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14125584002.pdf>
- Cornelio, O. M., & González, J. G. (2018). Modelo para la evaluación de habilidades en ingeniería automática. *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 7(1), 21-32. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6404180>
- Erthal, E. S., & Berticilli, R. (2018). Sustentabilidade: Agricultura irrigada e seus impactos ambientais. *Ciência & Tecnologia*, 2(1), 64-74. <https://revistaelectronica.unicruz.edu.br/index.php/cataventos/article/download/106/46#page=81>
- Mar Cornelio, O. (2019). Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto. <https://repositorio.uci.cu/handle/123456789/9378>
- Martínez-Torres, J., Gutierrez-Lesmes, O., Navia, H. R., Córdoba-Castro, J., Anaya-Baldovino, J., & Celis-Parra, D. (2022). Niveles de inseguridad alimentaria y características asociadas en mujeres gestantes de Colombia en el 2015. *Medicina de Familia. SEMERGEN*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138359322000892>

- Martínez, M., & Mesías, M. (2021). Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en la cadena alimentaria. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 9(19), 47-57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8336057>
- Murcillo, J. L. M., Gentili, J., & Cara, R. B. (2020). Uso agrícola del suelo y demanda de agua para riego en la cuenca del río Vinces (Ecuador) durante el período 1990–2014. *Investigaciones Geográficas*(59), 91-104. <https://revistahistoriaindigena.uchile.cl/index.php/IG/article/view/56958>
- Pérez-Leira, R., & Domínguez-Gutiérrez, J. (2019). El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: propuesta para cinco cultivos permanentes. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542019000400006
- Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M., & Quezada Mosquera, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389-398. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000500389
- Rodríguez, M. M. (2021). Integración de modelos como servicio (GMaaS) en iVeg, plataforma IoT para la agricultura intensiva protegida. *IV JORNADAS*, 97. <https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5072218&publisher=FZW949#page=101>
- Rodríguez, R. B. (2015). Informalidad y precariedad laboral en el Distrito Federal. La economía de sobrevivencia. *Economía Informa*, 391, 69-84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185084915000067>
- Savin, I., Drews, S., & van den Bergh, J. (2021). Free associations of citizens and scientists with economic and green growth: A computational-linguistics analysis. *Ecological economics*, 180, 106878. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800920309484>
- Siguas, O. J. R. (2018). Estudio de la incidencia de los rayos ultravioletas (uv) en la localidad de Ayacucho-sus consecuencias. *Investigación*, 26(2), 151–163-151–163. <http://revistas.unsch.edu.pe/index.php/investigacion/article/view/94>
- Vargas, J. A. C., & Eguiarte, M. d. C. H. (2017). Análisis del impacto del programa Oportunidades en el ingreso autónomo de sus beneficiarios. *Economía Informa*, 406, 62-79. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S018508491730049X>
- Vinchira-Villarraga, D. M., & Moreno-Sarmiento, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 2-5. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752019000100002