



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EMPRESARIAL

Modelo de la agricultura 4.0 para el proceso de riego en una empresa
agrícola, Chiclayo 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EMPRESARIAL

AUTORES:

Quintana Castro, Javier Fernando (ORCID: [0000-0001-6583-9171](https://orcid.org/0000-0001-6583-9171))

Vallejos Vílchez, Cinthia Paola (ORCID: [0000-0003-0665-2395](https://orcid.org/0000-0003-0665-2395))

ASESOR:

Mg. Trujillo valdiviezo, Guido (ORCID: [0000-0002-3019-6599](https://orcid.org/0000-0002-3019-6599))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

ESTRATEGIA Y PLANEAMIENTO

CHICLAYO – PERÚ
2021

Dedicatoria

Esta investigación está dedicada primordialmente a Dios y a todas las personas de confianza que me brindan su apoyo y que a lo largo de mi carrera profesional estuvieron conmigo, como mis padres y hermanos, dándome los mejores consejos y ayudándome en mi crecimiento personal.

Javier Fernando Quintana Castro

A Dios por guiarme hasta esta etapa de mi vida, a mi mayor inspiración, mi madre, quien me apoyó en todo, a mi familia por sus ánimos y aliento para seguir, a todas las personas que siempre confiaron en mí y a la vida por darme tantas lecciones.

Cinthia Paola Vallejos Vílchez

Agradecimiento

Agradecemos de manera principal a Dios por la salud y por guiarnos en todo este proceso para alcanzar nuestros objetivos, a la universidad Cesar Vallejo y a nuestros docentes que en el transcurso de la carrera nos han sido fuentes de aprendizaje y conocimiento constante para lograr ser unos exitosos Ing. Empresariales.

Autores

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tabalas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	iv
iiResumen.....	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	4
III. METODOLOGIA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.4. Procedimientos	15
Desarrollo del modelo de Agricultura 4.0	36
3.5. Método de análisis de datos.....	58
3.6. Aspectos éticos	58
IV. RESULTADOS	59
V. DISCUSIÓN	66
VI. CONCLUSIONES.....	71
VII. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS	73
ANEXOS.....	78

Índice de tablas

Tabla 1: Juicio de expertos	14
Tabla 2: Ventajas y desventajas del Riego por Surcos.....	18
Tabla 3: Matriz de consistencia	78
Tabla 4: Matriz de operacionalización	79
Tabla 5: Cuestionario	80

Índice de gráficos y figuras

Ilustración 1: Confiabilidad de instrumento	15
Ilustración 2: Proceso de riego por surcos en la empresa agroindustrial	19
Ilustración 3: Proceso de riego actual de la empresa agrícola.....	20
Ilustración 4: Equipo móvil de riego por aspersión	21
Ilustración 5: Aspersor	23
Ilustración 6: Bulbo húmedo y la distribución de agua y sales.....	25
Ilustración 7: Bomba horizontal con motor eléctrico	26
Ilustración 8: Bomba horizontal con motor de combustión interna.....	26
Ilustración 9: Matriz de priorización	35
Ilustración 10: Mini estación meteorológica.....	38
Ilustración 11: Componentes de mini estación meteorológica.....	40
Ilustración 12: Programador wifi hunter hc hydrowse interior.....	42
Ilustración 13: Componentes del programador wifi hunter hc hydrowse interior.	44
Ilustración 14: Mapeo de superficie Phantom 4 multiespectral DJI.....	45
Ilustración 15: Mapeo de superficie Phantom 4 multiespectral DJI.....	45
Ilustración 16: Análisis NVDI-RGB	46
Ilustración 17: Phantom 4 multiespectral DJI.....	47
Ilustración 18: Cámara de Phantom 4 multiespectral DJI	47
Ilustración 19: Modelo del proceso de riego por goteo	50
Ilustración 20: Modelo de proceso de riego por goteo aplicando Agricultura 4.0	51
Ilustración 21: Intervención de Mini-estación meteorológica	52
Ilustración 22: Intervención de Programador Hunter Hidrowse	53
Ilustración 23: Riego por goteo en cultivo.....	54
Ilustración 24: Control y monitoreo por celular mediante software.....	55
Ilustración 25: Recorrido de Phantom 4 Multiespectral.....	56
Ilustración 26: Recopilación de datos del cultivo	57
Ilustración 27: Análisis RGB y NDVI del cultivo	57
Ilustración 28: Pregunta 1	59
Ilustración 29: Pregunta 2	59
Ilustración 30: Pregunta 3	60
Ilustración 31: Pregunta 4	60
Ilustración 32: Pregunta 5	61
Ilustración 33: Pregunta 6	62
Ilustración 34: Pregunta 7	62
Ilustración 35: Pregunta 8	63
Ilustración 36: Pregunta 9	63
Ilustración 37: Pregunta 10	64
Ilustración 38: Pregunta 11	64
Ilustración 39: Pregunta 12	65

Resumen

La presente tesis titulada “Modelo de la agricultura 4.0 para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021” se realizó con el fin de impulsar el empleo de la tecnología que hoy en día ha avanzado mucho para llevarla al campo y ayudar en esta ardua labor agrícola.

Para el modelo de la agricultura 4.0 se propuso 3 dispositivos tecnológicos que permitirán realizar las tareas de control en el proceso de riego. Para tal efecto se planteó el siguiente objetivo de estudio, describir el modelo de la agricultura 4.0 para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.

En la realización del trabajo de investigación, el tipo de investigación fue aplicada, enfoque cuantitativo, nivel propositivo – descriptiva, diseño no experimental.

Con ello se describió el modelo de agricultura 4.0 para el proceso de riego, donde se tomaron en cuenta posibles tipos de riegos por los cuales se podía sustituir el actual, estos, a través de una matriz de priorización fueron ponderados y se seleccionó el más idóneo, tomando en cuenta criterios de acorde al proceso de riego, de acuerdo a ello se pudo seleccionar tres diferentes herramientas tecnológicas aplicables y adaptables al tipo de riego propuesto.

Finalmente, el estudio concluyó que la utilización de Internet de las cosas, Inteligencia Artificial, Máquinas inteligentes y sistemas Autónomos son muy importantes en la eficiencia de un modelo de riego por goteo.

Palabras Clave: Agricultura 4.0, proceso de riego, tecnología.

Abstract

The present thesis entitled " Model of agriculture 4.0 for the irrigation process in an agricultural company, Chiclayo 2021 " was carried out in order to promote the use of technology that today has advanced a lot to take it to the field and help in this arduous agricultural work.

For the agriculture 4.0 model, 3 technological devices were proposed that will allow the control tasks to be carried out in the irrigation process. For this purpose, the following study objective was proposed, it describes the agriculture 4.0 model for the irrigation process in an agricultural company, Chiclayo 2021.

In carrying out the research work, the type of research was applied, quantitative approach, purposeful - descriptive level, non-experimental design.

With this, the agriculture 4.0 model for the irrigation process is described, where possible types of irrigation were taken into account by which the current one can be substituted, these, through a prioritization matrix, were weighted and the most suitable was selected. Taking into account criteria according to the irrigation process, according to this it was possible to select three different technological tools applicable and adaptable to the type of irrigation proposed.

Finally, the study concludes that the use of the Internet of Things, Artificial Intelligence, Intelligent Machines and Autonomous systems are very important in the efficiency of a drip irrigation model.

Keywords: Agriculture 4.0, irrigation process, technology

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura 4.0 es un término de vanguardia que forma parte del mundo globalizado que vive una gran transformación. La agricultura 4.0, es un término innovador que transforma la forma de trabajo, aplicando tecnología en los distintos procesos del sector agrícola.

Según la investigación de Ynzunza et al., (2017) la transformación tecnológica que genera la agricultura 4.0, está incidiendo en todas las áreas de las organizaciones agrícolas, desde el área de producción y organización hasta la investigación y desarrollo, así como también la atención al cliente, la gestión de inventarios, los métodos de trabajo de los colaboradores, etc.

En el área tecnológica, la agricultura 4.0, comprende una serie de métodos y herramientas innovadoras que permiten el desarrollo paralelo de las actividades de las empresas agrícolas, esto respalda y fortalece la teoría de la agricultura 4.0 como estrategia para automatizar procesos u actividades.

Uno de los procesos imprescindibles en la agricultura y que en este caso nos enfocamos, es el proceso de riego. Este proceso permite mantener hidratados los cultivos, considerando factores como el tiempo, la cantidad de agua a suministrar, el clima y el tipo de cultivo que se desea cosechar.

El proceso de riego que se emplea en las diferentes organizaciones agrícolas, debe asegurar el uso eficiente del recurso hídrico, para ello, se propuso nuevas opciones de mejora que sean viables para el proceso, con el propósito de mejorar los sistemas y métodos de práctica de riego ya existentes.

La organización agrícola en la cual nos centramos en la investigación se dedica a la siembra de caña de azúcar, la cual luego de varios procesos es convertida en azúcar doméstica.

Principalmente su proceso de riego, es un proceso convencional, que emplea el uso de compuertas que se abren por horarios para cada sector

de sembrío de caña de azúcar, y que luego, a través del riego superficial o por gravedad, específicamente el riego por surcos, el agua se filtre por los pequeños canales (surcos) trazados en el área de siembra o plantación.

Esto confirmó que es fundamental convertir el proceso de riego convencional de práctica antigua y estática que aplica la empresa, en un sistema moderno, innovador y dinámico, que abra paso a la aplicación de las herramientas tecnológicas que trae consigo la industria 4.0 con respecto al sector agrícola y el proceso de riego.

Por lo tanto, nos enfocamos en el estado de la problemática de la empresa agrícola, formulando así nuestro problema general de investigación ¿Cuáles son las características del modelo de la agricultura 4.0 del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021? también se formuló el problema específico de investigación:

¿Cuáles son las características del Internet de las cosas (IoT) del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021?

¿Cuáles son las características de Inteligencia Artificial del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021?

¿Cuáles son las características de máquinas inteligentes y sistemas autónomos del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021?

La investigación se justifica en los siguientes campos:

Justificación académica: La aplicación de los conocimientos que, a lo largo de los ciclos concluidos de la carrera de Ingeniería Empresarial en la Universidad César Vallejo, nos permitió investigar acerca de los desarrollos de tecnología para la aplicación de herramientas innovadoras en los diferentes sectores, para generar procesos automatizados.

Justificación tecnológica: El modelo de la agricultura 4.0 en el proceso de riego en una empresa agrícola, generaría consigo el interés en aplicar

herramientas tecnológicas, que proporcionen ahorro de tiempo y uso adecuado del agua en comparación con el sistema de riego convencional.

Justificación ambiental: El modelo de la agricultura 4.0 en el proceso de riego en una empresa agrícola generaría beneficios para el planeta, por el uso debido y adecuado del recurso del agua contribuyendo con nuestro planeta y el cuidado de sus recursos no renovables.

Cuando un investigador busca dar respuesta a algo que desconoce, se orienta inmediatamente a plantear uno o más objetivos que aporten a responder las interrogantes formuladas (Otero 2018).

Por ende, en la presente investigación se formuló un objetivo general con base en el problema de investigación:

- Describir el modelo de la agricultura 4.0 para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.

El objetivo específico proviene del objetivo general; formula lo que se quiere lograr de las variables de estudio y su interrelación, para ello el objetivo específico de la presente investigación es el siguiente:

- Describir las características del internet de las cosas (IoT) para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.
- Describir las características de Inteligencia artificial (IA) para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.
- Describir las características de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Se presentó los siguientes antecedentes:

En su investigación, (Ramon 2020) realizó una investigación cuyo objetivo fue analizar la aplicación de la Inteligencia Artificial a la agricultura, los distintos usos y legislación aplicable, además señala la relación que existe entre la agricultura e inteligencia artificial y mencionan que el internet de las cosas, la informática, la robótica pueden utilizarse para aumentar la eficiencia de la agricultura que en definitiva aseguran la sostenibilidad de los productos. Como resultado principal se evidenció las diversas aplicaciones de Inteligencia Artificial en la agricultura, como lo son las máquinas y sensores para las diferentes actividades agrarias, también describieron las soluciones a distintos problemas del sector agrario y el reto que demanda la informatización en sus actividades.

En Vietnam, la compañía Netxfarm, viene produciendo soluciones digitales y de alta tecnología para el sector agrícola. Ofrece tres principales categorías: NextFarm Diario Digital integrado con soluciones de trazabilidad- Nextfarm QR chek, plataforma de datos de nextfarm para la recopilación y análisis de big data y dispositivos técnicos para granjas y ciudades inteligentes. El desarrollo de cada una de estas categorías busca cumplir con los siguientes objetivos: analizar datos masivos en agricultura, utilizando tecnología de aprendizaje autónomo en inteligencia artificial; promover y desarrollar los sistemas automáticos de dosificación de nutrientes, todo ello para que les permita a los agricultores controlar y llevar la dosis nutricional a un nivel óptimo, teniendo en cuenta las condiciones externas, el tipo de cultivo y el nivel de calidad de la tierra (Thu Thuy y Xuan Diem 2020).

Los investigadores Rodríguez et al., (2017), proponen una solución que constituye funcionalmente una red de sensores inalámbricos con la finalidad de medir la humedad del terreno, y una estación agrometeorológica local,

todo ello para desenvolverse dentro del contexto de una agricultura inteligente, con el propósito de optimizar un sistema de riego por goteo. Como resultados principales obtuvieron un ahorro de recurso hídrico y energético, asimismo se logró optimizar la productividad de los cultivos.

En su investigación, Erbes et al., (2019) haciendo referencia a los países que con gran aceleración se adaptan al uso de las plataformas digitales y robotización, mencionan a china como uno de los países que se preocupa por difundir el concepto de industria 4.0. Este país cuenta con un programa piloto, que adopta la tecnología como estrategia para la automatización. En este caso este plan fue desarrollado por la empresa israelí Roots Sustainable Agricultural Technologies Ltd, quienes vienen implementando productos como: control de riego y temperatura (DRIP AND TEMPERATURE CONTROL); optimización de temperatura de la zona raíz (ROOT ZONE TEMPERATURE OPTIMIZATION) y riego por condensación (IRRIGATION BY CONDENSATION IBC).

García et al., (2016) desarrollaron una plataforma de red de sensores utilizando Internet de las cosas con el objetivo de optimizar la eficiencia de la producción, maximizar la calidad, reducir los impactos ambientales y reducir el uso de recursos como la energía y el agua. Esta plataforma integra máquina-máquina y hombre-máquina, a través de una interfaz. Esta investigación con respecto al análisis y control del agua, identifica que es necesario un riego controlado en cuanto a tiempo y flujo y mencionan que las variables que demandan mayor control es el PH y la electro conductividad (EC). Los resultados de la investigación mostraron que las tecnologías de internet y los patrones de comunicación combinados fomentan el desarrollo de una agricultura inteligente. Además, se obtuvo reducción de consumo en un 20% del recurso hídrico.

Kamienski et al., (2019) proponen el desarrollo de una plataforma de riego inteligente basada en Internet de las cosas (IoT) con un enfoque aplicado

en cuatro proyectos pilotos desarrollados en Brasil y Europa. Se presentó la estructura, la plataforma y el sistema que emplearon (Sistema SWAMP). Los resultados muestran que la plataforma basada en internet de las cosas (IoT) puede aportar un rendimiento apropiado para los pilotos del sistema SWAMP, el cual requiere configuraciones desarrolladas por la reingeniería de algunos componentes y así proporcionar una mayor escalabilidad, minimizando el uso de los recursos computacionales.

En la investigación de Domínguez et al., (2020) proponen el uso de sensores, para generar una retroalimentación automatizada con el objetivo de probar en huertos con riego por goteo la idoneidad del método de balance hídrico ajustado por sensores , como base para el desarrollo de algoritmos de programación, la idoneidad de sensores de humedad en el suelo con un enfoque para la interpretación automatizada y comprobar la ejecución de la combinación de estos dos enfoques, con el fin de generar una programación autónoma del proceso de riego. Esta investigación fue de tipo aplicada. Como resultado se obtuvo que el método de equilibrio hídrico en conjunto con sensores de humedad, proporciona una base sólida para la programación automatizada de riego.

López et al., (2017) en su investigación desarrollaron un dispositivo autónomo, compacto e inalámbrico, capaz de detectar diferentes parámetros, como el flujo de agua, la temperatura, la electro conductividad, entre otros, con el objetivo de diseñar una agricultura de software basada en la nube, usando WSN, capaz de recopilar información del cultivo, enviarla y almacenar en la nube, gestionar y compartir información. Para el diseño y desarrollo de dicha arquitectura se empleó la herramienta del Cloud Computing, ya que presenta características beneficiosas, como la reducción de costos, agilidad y escalabilidad.

Como resultados principales se detectó que este software es capaz de reducir el uso del recurso hídrico, por lo que se puede concluir que la

aplicación de los servicios en la nube trabajando en conjunto con herramientas software para la agricultura generan muchos beneficios.

Brook et al., (2019) proponen un sistema de apoyo al proceso de riego para lograr la mayor eficiencia del uso del agua y aumentar sus ganancias con el máximo rendimiento de los cultivos. Este sistema demanda un costo mínimo, sin embargo, es un sistema avanzado que trabaja con I+D, también con un sistema de apoyo a la toma de decisiones (DSS), los cuales son completamente transferible para el apoyo al riego. Estas herramientas se basan en 3 metodologías diferentes: sensor de suelo in situ(W-TENS), teledetección (IRRISAT) y modelado de simulación (W-MOD). Estas herramientas fueron evaluadas en un caso de aplicación real, cuyos resultados fueron, que las dos primeras herramientas pueden ser las mejores soluciones para lograr la eficiencia del agua que se emplea en el proceso de riego.

Kassing et al., (2020) En su investigación proponen un control de retroalimentación, con el propósito de mejorar la producción de los cultivos y generar la optimización del agua de riego agrícola para un campo de plantación extensa. Haciendo uso de una metodología que consta de una estructura de dos niveles que consiste en: Un planificador de riego estacional y un controlador de riego MPC diario. La primera estructura toma en cuenta a la asignación de agua disponible para la próxima temporada de siembra, con tal que maximice el rendimiento general. La Segunda estructura logra la minimización del estrés hídrico, a través de la toma de decisiones diarias de las cantidades de riego. Como resultado se obtuvo una formulación eficiente de un planificador de riego estacional que precisa la distribución óptima del agua sobre los campos

La estructura teórica que sustentó el estudio es la siguiente:

Industria 4.0

Las tecnologías aplicadas en la Industria 4.0 se han convertido en el foco del progreso mundial porque aporta múltiples ventajas a la producción y al personal del sector agrícola, pues su participación simplificará parte de la carga de trabajo de los agricultores, optimizará la tierra, aumentará la producción y ganará competencia en el mercado laboral. (Umaña 2020).

La cuarta revolución industrial agrícola dio el primer paso a la agricultura inteligente, con el objetivo de conectar máquinas y sistemas para mejorar la adaptabilidad del sistema, lograr niveles de producción más altos y optimizar el uso de agua y fertilizantes.

Agricultura 4.0

Agricultura 4.0 es un concepto que permite la interconexión de maquinaria agrícola. El objetivo prioritario es lograr el máximo rendimiento de los cultivos, sin dañar el medio ambiente, y brindar a los agricultores el máximo confort y seguridad. (Sebastian 2020).

Tavera et al., (2019) Mencionan que la agricultura 4.0 busca recopilar información que nos brinda la naturaleza y convertirla en datos que permitan su manejo, este contiene análisis de metadatos para determinar líneas de tendencia y gráficos de comportamiento, que se comparan continuamente con mediciones reales para mantener las condiciones ideales cuanto más se pueda.

La Agricultura de Precisión (AP) es la consecuencia de la fusión de la tecnología de la información en la agricultura, esto quiere decir que la era digital hoy en día permite que la producción agrícola sea más eficiente. Rea et al., (2016).

Pilares tecnológicos de la agricultura 4.0

Basco et al., (2018) afirman que, inteligencia artificial, automatización y robótica no son palabras aisladas, sino conceptos que cambian el modelo de producción en la fábrica, cambian la interacción entre proveedores y

fabricantes, y entre clientes y vendedores. A continuación, se describen algunos pilares tecnológicos y su aplicación:

Automatización

La disciplina de la ingeniería encargada de optimizar el control de máquinas o procesos industriales, implica la combinación de tecnologías. Para automatizar el proceso, es necesario utilizar componentes y equipos, adecuados. La automatización ayuda a cualquier empresa a producir una mayor calidad y también beneficia a los trabajadores porque el proceso se vuelve más cómodo Chaname et al., (2019).

La producción al ser automatizada da como resultado reducción de los costos y tiempos asociados a los procesos, facilitando la optimización de actividades según Basco et al., (2018).

Sistemas de riego automatizado

Vargas et al., (2020) mencionan que el riego automatizado es un método que reparte el agua a las plantas de forma controlada mediante sistemas de riego por goteo, micro-aspersión y aspersión. Esto facilita que el agua se distribuya en ubicaciones, cantidades, frecuencias y horarios que necesitan ser programados. Un riego debidamente inspeccionado y automatizado es una de las alternativas más cómodas, eficientes y eficaces para el riego de cultivos ya que permite el ahorro y optimización de tiempo y agua, y garantiza las mejores condiciones para las plantas y mejores resultados en cuanto a las cosechas.

(Takaezu 2018) afirma que las tareas de producción se transfieren a un conjunto de elementos técnicos estas se transforman en acciones de manera precisa y repetitiva, con mínima intervención manual; se controla la ejecución y se lleva estos en registros. La función de automatización que se busca es proporcionar la información de datos en tiempo real y necesaria para tomar decisiones de riego precisas.

Según (Takaezu 2018) la automatización de sistemas de riego:

- Permite un tratamiento más técnico (fertilización y riego)
- Mejora la productividad, aumentando la producción y la calidad.
- Flexibiliza el uso del sistema.
- Optimiza y ahorra mano de obra.
- Mejora la eficiencia del agua en la zona.

El sistema de riego automatizado reduce el consumo de agua de los cultivos y mejora la eficiencia del riego agrícola. El sistema consta de sensores y dispositivos programables que ayudan a regar los cultivos. Hay diversos sistemas de riego que permiten un control los cuales son basados en planes de riego, interruptores que se activan según las condiciones atmosféricas y otros sistemas de riego automático con sensores que pueden detectar el estado de humedad del suelo y la temperatura ambiente (Laverde 2016).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación fue aplicada, ya que busca conocer para hacer, para actuar, para modificar. Transforma los conocimientos científicos en tecnología (Ríos 2017).

El proyecto fue de tipo aplicada, este fue realizado para contribuir en la modificación y adaptación de nuevos métodos para la mejora de la empresa en diversas áreas con algún problema específico.

Diseño de investigación

La investigación no experimental transversal tiene como finalidad comprender y resolver problemáticas de un colectivo relacionados a un ambiente el cual puede pertenecer a un grupo, organización o comunidad. En este caso no se manipularon las variables, sino se observaron los hechos de forma normal realizando la recolección de datos en un corto periodo o un determinado tiempo.

Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación fue cuantitativo ya que el sistema estadístico de datos numéricos y resultados validó la teoría de la variable agricultura 4.0. La investigación cuantitativa hace referencia a datos susceptibles de cuantificar, por lo general estudia muchos casos y explica características externas (Ríos 2017).

Nivel de investigación

El estudio propositivo demanda un alto grado de argumentación, para que la propuesta sea la más conveniente, pero necesita fundamentar o mostrar las deficiencias que existe en el proceso actual según Tantalean et al., (2016).

Mientras que la investigación descriptiva, detalla características del comportamiento y propiedades del fenómeno de estudio, por lo que, la investigación fue de nivel Descriptiva - Propositiva, porque se formuló un modelo de propuesta agricultura 4.0 para el proceso de riego de una empresa agrícola partiendo de la argumentación del proceso de riego actual.

3.2. Variables y operacionalización

Variable1: Agricultura 4.0 (Ver Anexo 02)

Agricultura 4.0 es un concepto que permite la interconexión de maquinaria agrícola. El objetivo prioritario es lograr el máximo rendimiento de los cultivos, sin dañar el medio ambiente, y brindar a los agricultores el máximo confort y seguridad (Sebastian 2020).

Dimensiones

Según Basco et al., (2018).

Internet de las cosas: lot facilita la comunicación entre personas y máquinas, permitiendo la toma de decisiones en base a toda la información recopilada. Emplea sensores combinados con Big data, para realizar herramientas autónomas y sistemas digitales inteligentes.

Inteligencia Artificial: Inteligencia artificial se denomina al desarrollo de algoritmos que permiten a los ordenadores procesar datos a velocidades inusuales mientras realizan el aprendizaje automático. Estos algoritmos toman los datos y la experiencia reciente, de modo que las máquinas tienen las capacidades necesarias para la toma de decisiones basadas en nuevos datos permitiendo en las industrias el desarrollo de modelos inteligentes aplicados al procesamiento óptimo de las estaciones de producción.

Máquinas inteligentes y sistemas autónomos (Robots): Los robots pueden realizar automáticamente tareas que antes estaban limitadas al dominio

humano. En el sector industrial, lo primordial es tener un progreso en la automatización, navegación y control de procesos de producción. Se busca el crecimiento tecno-robótico para avanzar hacia una fábrica inteligente, donde toda la empresa pueda trabajar uniformemente de manera interconectada y lograr un alto grado de automatización en las tareas.

Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

En este sentido (Gutierrez 2019) detalla que la población es un conjunto de sujetos u objetos que tienen caracteres o situaciones en común y estos se encuentran en un contexto determinado unidos por diversos vínculos

La población o universo de la presente investigación fue el total de trabajadores que se encuentran laborando en la empresa Agrícola.

Muestra

Según (Ríos 2019) la muestra expresa un subconjunto representativo de la población el cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de esta.

La muestra de la presente investigación estuvo determinada por el número de trabajadores de la gerencia de campo.

Muestreo

Según (Ríos 2019) el muestreo puede ser probabilístico y no probabilístico y aportan para la selección de las unidades de análisis.

En la presente investigación se aplicó el muestreo tipo no probabilístico, lo cual indica que la selección de la unidad de análisis depende del investigador.

Unidad de análisis

La unidad de análisis para la presente investigación fue: un colaborador de la gerencia de campo.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas representan lo abstracto en la recopilación de información; es la forma que emplea el investigador para obtener datos, por lo tanto, determinan el instrumento a emplearse, así lo menciona (Ríos 2019).

La técnica que se utilizó en la presente investigación fue la encuesta. Esta según Paz et al., (2015) es el término medio entre la observación y la experimentación. En él se puede registrar lo que se puede observar y recrear el experimento el cual es respuesta de los participantes. Por tanto, se dice que las encuestas son un método descriptivo mediante el cual se pueden detectar ideas, necesidades, preferencias, hábitos de uso, etc.

Instrumento

El instrumento aplicado fue el cuestionario. En este sentido, un cuestionario es un conjunto de preguntas sobre hechos o aspectos de interés de la encuesta, que son respondidas por el encuestado. Es la herramienta básica para la obtención de datos. Paz et al., (2015).

Validez

Para la obtención de la validez en esta investigación, se aplicó un cuestionario, el cual fue procesado a través de un juicio de expertos para la validación respectiva.

Tabla 1: Juicio de expertos

Apellidos y Nombres	Título o grado	Aplicable
Rodriguez Alegre, Lino Rolando	Magister	SI
Benites Rodriguez Leonidas	Magister	SI
Guerrero Campos Franklin	Magister	SI

Fuente: Elaboración Propia.

El juicio de expertos de nuestro instrumento fue realizado por nuestros docentes de la prestigiosa Universidad César Vallejo.

Confiabilidad

Es el grado en donde una variable tiene el mismo valor cuando se mide más de una vez. En este caso, la confiabilidad de nuestro instrumento, fue validada a través del Alfa de Cronbach.

Ilustración 1: Confiabilidad de instrumento

<i>Estadísticas de fiabilidad</i>	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,966	12

Fuente: SPSS, Elaboración propia.

3.4. Procedimientos

El procedimiento es un conjunto de lineamientos que son necesarios seguir para que la investigación se desarrolle correctamente siguiendo un orden para delimitar la investigación.

A continuación, se procedió a resumir las etapas que se desarrollaron en el proyecto.

Primera etapa, para el desarrollo de la investigación se realizaron una secuencia de pasos los cuales permitieron un avance arduo y continuo.

Se seleccionó un tema de investigación partiendo de la problemática identificada en el proceso de riego de la empresa agrícola, ubicada en el distrito de Pucalá, tras identificar posibles fugas y desperdicio del recurso hídrico por poseer un proceso de riego convencional.

Se desarrolló un Excel bibliográfico de la temática a tratar tomando en cuenta autores, año de publicación y lineamiento del tema.

A partir de ello se presentó al docente a cargo del curso, el título de la investigación, planteamiento del problema, objetivos y delimitación de la investigación para su aprobación.

Se elaboró el marco teórico del proyecto de investigación con información detallada de base del análisis documentado en los libros, artículos científicos y links extraídos previamente.

Luego se elaboró la matriz de operacionalización donde se encuentra a detalle la variable y dimensiones identificadas.

Para la segunda etapa, en el marco metodológico se incluyó el tipo, diseño, enfoque y nivel de la investigación, como también se describió las técnicas e instrumentos que se emplearon para el análisis y recolección de datos necesarios para saber cuál es la percepción de los trabajadores hacia la posible adopción de un nuevo modelo que trae consigo nuevas herramientas tecnológicas aplicado al sector agrícola.

Tercera etapa, se procedió a realizar el diagnóstico situacional del proceso de riego de la empresa agrícola en el cual se pudo describir y determinar el tipo de riego y las características que sigue dicho proceso, todo ello fue realizado como resultado de una visita técnica por parte de los investigadores a la organización. A partir de ello se procedió a formular el modelo de la agricultura 4.0 que fue descrito en la presente investigación

Diagnóstico situacional del proceso de riego

La empresa agrícola cuenta con 5 mil 500 hectáreas de caña de azúcar las cuales se encuentran distribuidas en los centros poblados de Pátapo, Pucalá y Batangrande.

Para los sembríos de caña la organización habilita las tierras de cultivo, erradicando arbustos y todo tipo de malezas, para proceder a la nivelación de terreno, luego de la respectiva nivelación se realiza el levantamiento del plano topográfico, surcadura y levantamiento de acequias para el riego, trabajo que

es realizado con la maquinaria respectiva para estos procedimientos (tractores frontales, tractores Caterpillar, motoniveladora, etc)

Para el riego aplican un sistema de riego convencional, llamado riego por "gravedad" o "surcos" en el cual existe un control de humedad encargado de estudiar el suelo donde será territorio en el cual va a recorrer el agua para su distribución.

El método de riego por gravedad tiene un costo de inversión relativamente bajo sin requerimiento de energía. Aunque pierde mucha agua por algunas filtraciones, se puede mejorar su eficiencia de uso. (Demin 2014).

En este tipo de riego, el agua fluye de un lugar alto a un lugar más bajo a través de pequeños canales. En algunos casos, el agua puede moverse entre posiciones de la misma altura, gracias a la altura del agua en la parte superior de la melga o surco. Este tipo de riego es adecuado para cultivos que se siembran a lo largo de la ruta.

Para el diseño de riego por surcos se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Orientación de los surcos
- b) Cálculo de la separación entre surcos
- c) Cálculo de la frecuencia de riego
- d) Cálculo de la lámina bruta de riego
- e) Longitud de los surcos
- f) Caudal máximo no erosivo
- g) Cálculo de caudal de infiltración
- h) Cálculo de tiempo de infiltración
- i) Cálculo de tiempo de avance
- j) Tiempo total de riego
- k) Número de surcos en toda el área
- l) Tiempo para regar toda el área

El tipo de riego que pone en práctica la empresa agrícola está condicionado por los siguientes factores:

1. Los suelos: Este determina el tipo de riego aplicar
2. Relieve y pendiente: Se toma en cuenta para la uniformidad del proceso
3. Cultivo: En este caso el producto es caña de azúcar
4. Recurso Hídrico: Se toma en cuenta la disponibilidad
5. Mano de obra y presupuesto
6. Eficiencia

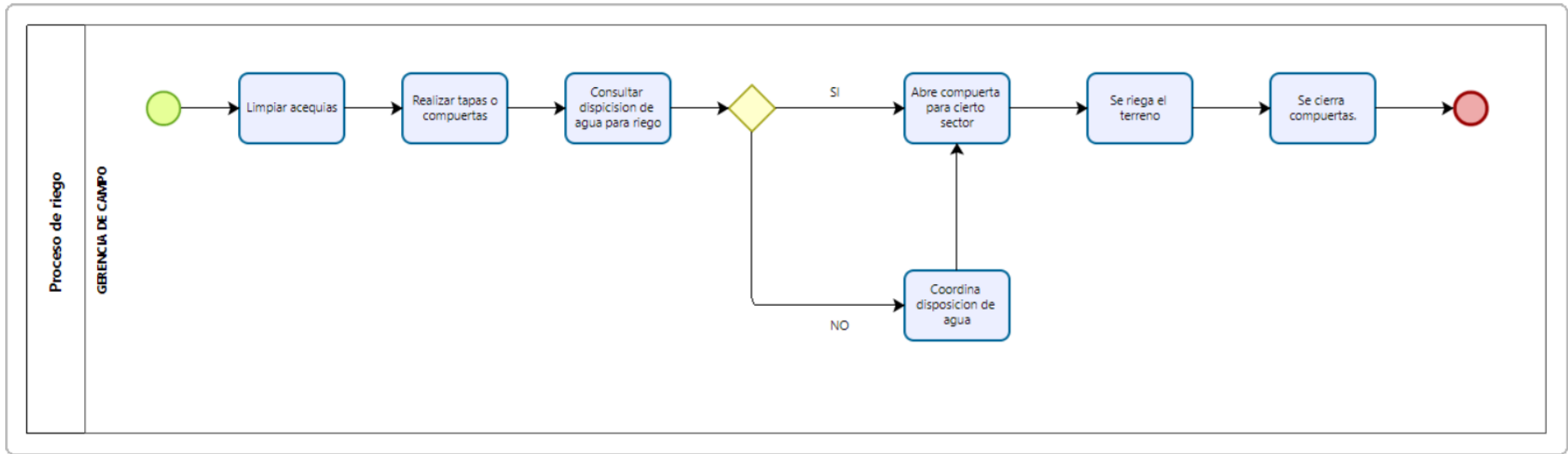
Tabla 2: Ventajas y desventajas del Riego por Surcos

Riego por surcos	
Factores que favorecen este tipo de riego	Inconvenientes que trae consigo este tipo de riego
Bajo costo para la elaboración y mantenimiento de surcos	Baja eficiencia con incorrecta manipulación
El riego no necesita energía para su aplicación	Cambios repentinos en la infiltración de agua
El clima no afecta sus condiciones	Los riegos son dependientes a actividades secundarias
Utilización de aguas de baja calidad	Conducción de semillas de malezas
	Alto requerimiento en personal

Fuente: Elaboración Propia.

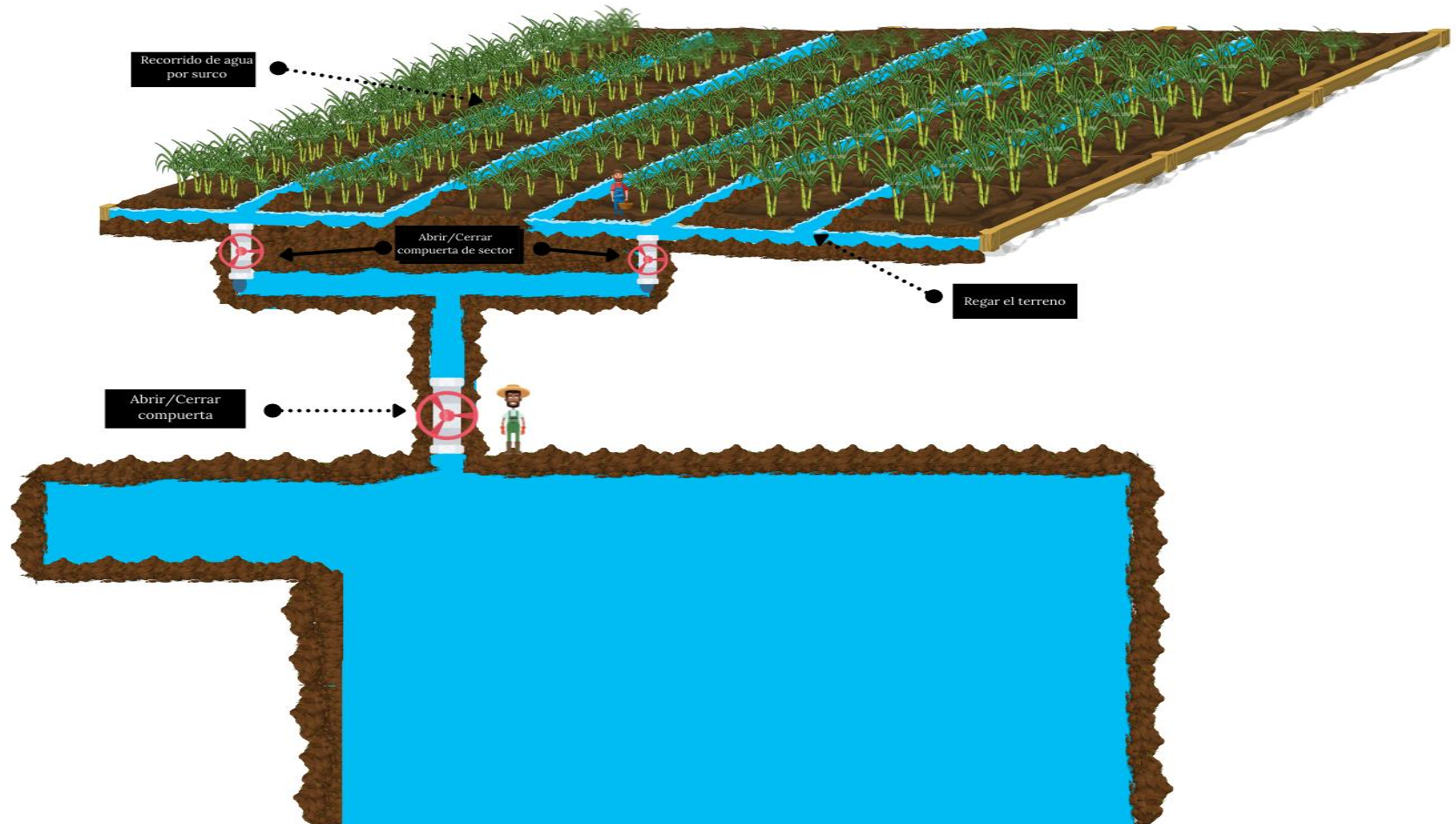
Se puede destacar que el tipo de riego por surcos es el más flexible o adaptable a cambios (tipos de cultivo, de caudal, de sistema, etc.) y que son relativamente más económicos (según los diversos estudios que se han realizado anteriormente), sin embargo, a pesar de estas ventajas mencionadas, trae consigo inconvenientes los cuales pueden demandar cambios considerables que interfieren con el riego.

Ilustración 2: Proceso de riego por surcos en la empresa agroindustrial



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: Proceso de riego actual de la empresa agrícola



Fuente: Elaboración propia

Posibles tipos de riegos que pueden sustituir al actual

Riego por aspersión

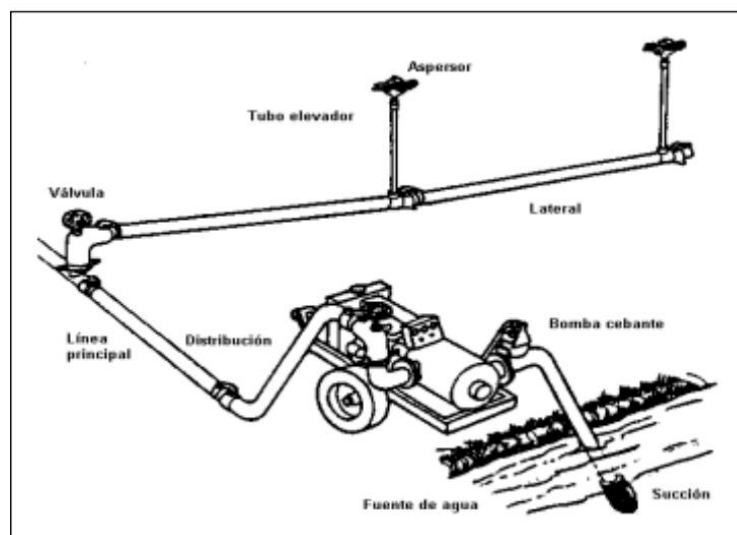
El sistema de riego consiste en regar la parcela en forma de lluvia uniforme para infiltrarse en el mismo punto donde cae. Esto se logra necesariamente con una red de distribución donde el agua de riego llegue con la mejor presión posible hacia los aspersores según Apaza et al., (2017).

Este riego es conveniente para la mayor parte de los cultivos y se adapta a la mayoría de suelos regables. En comparación con los sistemas de riego por gravedad, este utiliza menos agua, pero es más frecuente, más uniforme y más preciso, y no requiere que los agricultores trabajen más.

Peralta et al., (2010) determina que un equipo de riego por aspersión móvil está compuesto de cuatro unidades claves:

- Unidad de bombeo
- Accesorios
- Tuberías
- Aspersores

Ilustración 4: Equipo móvil de riego por aspersión



Fuente: Riego por aspersión, 2001

Unidad de bombeo.

Está formado por una instalación de equipos de elevación mecánica, cuya función es aspirar agua de una de las fuentes e impulsarla hacia la red de tuberías.

La unidad de bombeo tiene los siguientes componentes

- Motobomba
- Cámara de aspiración
- Accesorios y fitting de descarga
- Canastillo y válvulas de succión.
- Tubería de succión

Accesorios.

Se emplearán nanómetros y medidores de flujo; dispositivos adicionales como estanques de riego y fertilización, filtros, amortiguadores de golpes de ariete y válvulas de retención de compuerta, antivacío y sobrepresión.

Los accesorios permiten un adecuado control y manejo del equipo los cuales son distintos en características generales ya que existen múltiples diseños de equipos y diferentes condiciones de terreno

Tuberías

La tubería transporta el agua a presión de la bomba hasta los conductos laterales, que al mismo tiempo conducen desde la red inicial hasta los rociadores puestos en ella (aspersores).

Las tuberías se pueden clasificar en:

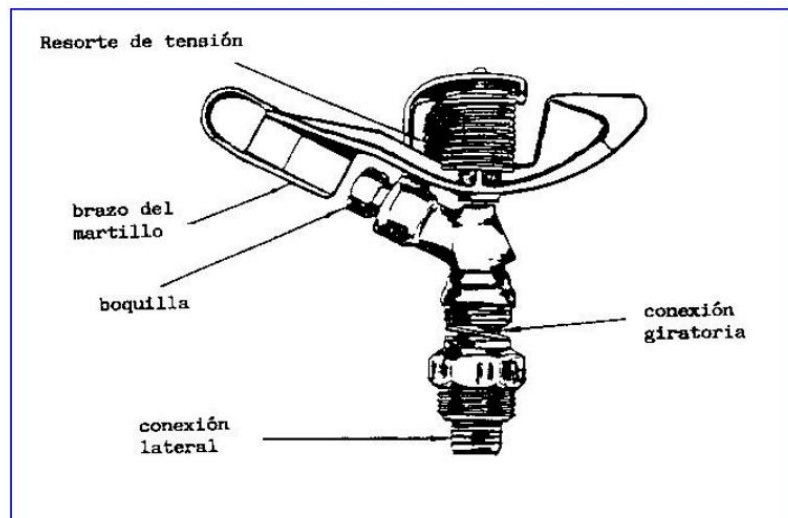
- Fijas
- Portátil

- Semiportatil

Aspersores.

Es un mecanismo que pulverizan chorros de agua en gotitas de varios tamaños a través de boquillas. Debido a la rotación del cuerpo de la boquilla, el agua se distribuye uniformemente en el suelo, que es el efecto de la reacción al pulso de la boquilla.

Ilustración 5: Aspersor



Fuente: Riego por aspersión, 2001

Dentro de las principales ventajas para aplicar este tipo de riego podemos precisar que se produce:

- Máximo ahorro de agua
- Permite la disminución de la mano de obra
- Facilita la distribución de sustancias fertilizantes y de tratamientos químicos en el agua de riego.
- Eficiencia de riego

De la misma manera para este tipo de riego se pueden mencionar ciertas desventajas:

- Coste de instalación relativamente caro

- Obstrucción de aspersores por malezas
- El viento puede afectar la uniformidad del riego.

Datos necesarios para su aplicación:

- Cantidad de agua
- Calidad del agua a emplear
- Plantas o cultivos a regar
- Clima y suelo
- Necesidades de agua de riego Eficiencia y uniformidad
- Frecuencia y tiempo de riego
- Marco de los aspersores

Riego por goteo

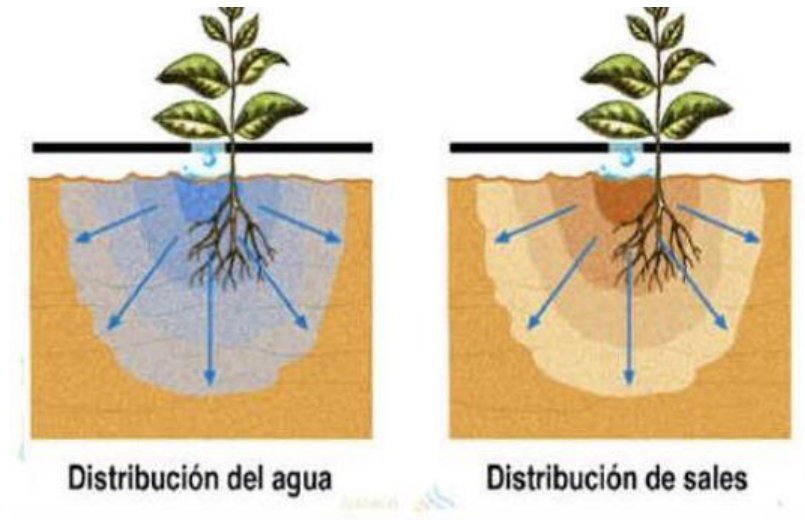
Este sistema de riego permite transportar el agua a través de una red mangueras o tuberías y aplicarla a los cultivos por medio de pequeños goteros los cuales dispersan agua de manera directa y precisa según Vargas et al., (2020)

Campos et al., (2018) menciona que este tipo de riego como bien lo dice su nombre, es aplicado directamente al suelo gota a gota a través de unos aparatos llamados goteros, mediante cierta presión, la cual es de nivel más bajo que la presión que necesita el tipo de riego por aspersión.

Esta presión es obtenida a través de un equipo de bombeo o también se da por las diferencias de nivel que existe entre los emisores y la fuente de agua.

Cuando el agua de los goteros se aplica, se infiltra y va formando un espacio húmedo en forma de cebolla que se denomina “bulbo húmedo”.

Ilustración 6: Bulbo húmedo y la distribución de agua y sales.



Fuente: Informe “Riego por goteo”, 2013.

Los componentes del riego por goteo como mínimo son los siguientes:

- Fuente de energía
- Cabezal de control
- Red de tuberías
- Goteros o emisores
- Dispositivos de control

Fuente de energía: este componente es imprescindible, pues genera el impulso del agua para su transportación, esta energía puede obtenerse de equipos de bombeo o de la energía que se genere entre el sitio de derivación del agua y la parcela de agua.

Las bombas que se emplean son llamadas también turbobombas. Estas provocan impulsos que generan energía al agua.

Existen los siguientes tipos de bombas:

- Bombas horizontales: la característica principal es que están ubicados en la superficie. El parámetro principal a evaluar es la capacidad de aspersion en vacío o también conocido por las siglas NPSH.

Ilustración 7: Bomba horizontal con motor eléctrico



Fuente: Informe “Riego por goteo”, 2013.

Ilustración 8: Bomba horizontal con motor de combustión interna



Fuente: Informe “Riego por goteo”, 2013.

- Bombas verticales: Su uso principalmente es para pozos profundos, por lo cual su característica principal es estar sumergida.

Es importante considerar principalmente el nivel de profundidad a sumergir, ya que a más de 80-90m de profundidad, su trabajo deja de ser preciso y empieza a generar averías, por lo que el elevado costo de adquisición generaría pérdidas, por producir costos de mantenimiento extras.

Cabezal de control: es el conjunto de instrumentos que se requieren para tratar, filtrar, medir, inyectar el fertilizante y en general a suministrar el agua que se emplea para el riego.

En el cabezal de control podemos encontrar:

- Sistema de filtrado
- Equipo de fertirrigación
- Elementos de medición de caudales y presión

Red de tuberías: Está compuesta por las tuberías que transportan el agua filtrada y tratada desde el cabezal, y por todos los accesorios que forman parte de la adaptación de red de tuberías.

Pueden existir tres tipos de tuberías: Principal, múltiple o manifold y laterales o porta goteros.

Goteros o emisores: son dispositivos por el cual el agua es aplicada al suelo.

Clases de goteros:

- Goteros en línea
- Goteros sobre línea
- Tubería sobre línea
- Cinta de riego

Criterios para la selección de goteros

- Cambios en el caudal de descarga
- Exponente de descarga del gotero

- Rango posible de presiones de operación adecuado
- Susceptibilidad de la obstrucción.

Dispositivos de medida o control y protección

Elementos de medida: Son parte de la instalación de este sistema para la medición del caudal, volumen o presión del agua.

- Medidores de caudal
- Medidores de presión

Elementos de protección: Son instaladas para proteger al sistema de sobrepresiones o depresiones, los más usados en la puesta en marcha son las válvulas de aire.

- Válvulas del aire
- Bolsa de aire
- Purgadores o ventosas monofuncionales
- Ventosas bifuncionales ventosas trifuncionales

Dentro de las principales ventajas para aplicar este tipo de riego podemos precisar que:

- Se puede aplicar en todo tipo de cultivo.
- Es eficiente en cuanto a la utilización del agua.
- Es un tipo de riego potencial para las fuentes de agua que se encuentran en la parte superior del área que se desea regar, pues habría energía potencial disponible (diferencia de nivel)
- El manejo de este sistema es relativamente fácil.
- El viento es un factor que no afecta.
- Se puede aplicar para sitios con bajo caudal en las fuentes de recurso hídrico.
- Este tipo de riego minimiza las malezas que se pueden generar por la humedad de toda la superficie.
- No provoca la erosión de los suelos.

De la misma manera para este tipo de riego se pueden mencionar ciertas desventajas:

- La principal desventaja es la obstrucción de los orificios de los goteros, la cual se genera con mucha facilidad, esto a raíz de la calidad de agua que rota por las tuberías.
- La supervisión para este tipo de riego es constante, pues al obstruirse los goteros no se pueden identificar con claridad, lo cual puede generar el crecimiento del cultivo a diferentes niveles.

Datos necesarios para su aplicación:

Cultivo

- Especie
- Ciclo vegetativo
- Profundidad de raíces (Pr)
- Fecha de siembra
- Agotamiento permisible
- Suelos
- Textura
- Capacidad de retención (Cr)
- Profundidad
- Agotamiento permisible (p)
- Clima
- Estación meteorológica
- Elevación
- Latitud
- Longitud

Criterios de espaciamiento de goteros:

- Selección de goteros
- Tipo
- Diámetro nominal

- Diámetro interno
- Marca
- Salidas por gotero
- Caudal nominal
- Caudal por metro
- Presión de operación
- Disposición de goteros
- Espaciamiento entre goteros sobre el lateral
- Espaciamiento entre laterales
- Espaciamiento entre plantas

Cálculos:

- Puntos de emisión por planta
- Porcentaje de área mojada
- Lámina de reposición
- Intervalo de riego
- Frecuencia de riego
- Lámina neta por riego
- Eficiencia de riego
- Lámina bruta de riego
- Volumen de agua por planta
- Tiempo de aplicación

Matriz de priorización

Según (Betancourt 2018) la matriz de priorización es una de las 7 nuevas herramientas de calidad, por la cual, a través de criterios considerados y respectivamente ponderados, nos ayuda a elegir entre un conjunto de opciones a través de operaciones matemáticas simples.

En el presente proyecto se procedió a realizar una matriz de priorización, la cual nos ayudó a determinar qué tipo de riego será el más adecuado para proponer su aplicación en el proceso de riego de la organización, considerando los siguientes criterios:

1. Adaptación de cultivos

Surcos	Este riego es uno de los más adaptables al plantío sembrado en línea como frutales.
Aspersión	El sistema de riego por aspersión es más apropiado para cultivos grandes que habitan toda la superficie terrestre y el sistema radicular ocupa todo el suelo sembrado como el pasto. No es adecuado para los cultivos altos y poblados.
Goteo	Es más adaptable a los cultivos de terreno amplio y adecuado para cultivos altos y frondosos o también bajos no pronunciados.

2. Adaptación a las características del terreno

Surcos	En surcos se tiene que tener muy presente la calidad de suelo con el que se cuenta en el sembrío, ya que en los surcos la distancia y longitud de estos, es depende si es Arenoso, franco o arcilloso
Aspersión	Es más adaptable a terrenos semi planos o planos gracias a la llegada de los chorros de agua
Goteo	Este sistema se adapta de buena manera a terrenos de cualquier pendiente

3. Consumo de agua

Surcos	Este sistema consume mucha agua ya que el recorrido del recurso hídrico por los surcos debe ser de manera parcial y uniforme
Aspersión	Utiliza el doble de agua que el sistema de goteo ya que requiere de presión para poder disparar los chorros de agua
Goteo	Es el más eficaz en cuanto al uso del agua, especialmente cuando se cultivan grandes superficies de cultivo, consume muy poco y, debido a una distribución lenta, los cultivos tienden a aprovecharlo mejor.

4. Calidad de agua

Surcos	En surcos se puede emplear el agua en cualquier condición como también de mala calidad física
Aspersión	La existencia de residuos sólidos reduce la eficiencia del sistema, ya que obstruye las puntas de los aspersores. Con ello las piedras, arena y partículas duras, deterioran las boquillas, afectando la uniformidad de distribución del agua.
Goteo	Este sistema es muy susceptible a la presencia de partículas duras y estos obstruyen los orificios de los goteros. Incluso algunas sales puede taponearlos al momento de que el gotero realice el riego

5. Eficiencia de riego

Surcos	Considerando los diferentes informes el promedio de eficiencia de riego en promedio es: 40 – 65%
Aspersión	Considerando los diferentes informes el promedio de eficiencia de riego en promedio es: 80 – 85 %
Goteo	Considerando los diferentes informes el promedio de eficiencia de riego en promedio es: 90 – 95%

6. Control de agua aplicada

Surcos	Siendo posible manejar la cantidad de agua gracias a las compuertas, es complicado saber si se está aplicando a cierto punto del terreno, ya sea por deformaciones de los surcos o lugares secos
Aspersión	En los sistemas de rociadores, la cantidad de agua aplicada se puede controlar con un simple pluviómetro o con la relación flujo / tiempo del rociador. Pero si la presión en los es baja o la presión entre ellos es desigual, la distribución del agua en la periferia de riego será desigual; por lo tanto, algunas áreas tendrán más agua que otras.
Goteo	En este sistema, la cantidad de agua aplicada puede controlarse bien mediante la relación flujo / tiempo del gotero. Sin embargo, si estos son temporales o modificados, la distribución del agua de cada gotero será diferente

7. Dispersión de plagas y enfermedades

Surcos	El agua que fluye por el surco puede transportar semillas de malezas y patógenos, si el suelo está estancado las inundaciones prolongadas pueden ser fatales para algunos cultivos creando hongos de suelo.
Aspersión	Al momento de la roción las gotas de agua que salpican al suelo y se depositan en los tallos y hojas de los cultivos pueden propagar ciertos patógenos o transferirse de plantas enfermas a plantas sanas.
Goteo	En este caso el agua no entra en contacto con la parte aérea de las plantas, ya que es un riego focalizado. La propagación de plagas o enfermedades por el área de goteo es menor. Para reducir la humedad en el suelo la cantidad de agua puede ser controlado por los goteros

8. Empleo de mano de obra

Surcos	La mano de obra para el mantenimiento y construcción de los surcos son altos, como también para la operación del riego es necesario que personal esté pendiente en el control y distribución del recurso hídrico.
Aspersión	El mayor empleo de mano de obra está en la operación del sistema, más específicamente, en la rotación de equipos de campo en cada turno de riego.

Goteo	Como sistema fijo, una gran parte de la mano de obra se utiliza para la instalación de equipos. Luego la operación incluye la inspección diaria del sistema, especialmente el funcionamiento del gotero.
-------	--

9. Costos

Surcos	En cuestión de inversión inicial, es de nivel baja. (Aproximadamente S/ 6,500.00 por 100 m ²)
Aspersión	En cuestión de inversión inicial, es de nivel alta. (Aproximadamente S/ 6,111.83 por 100 m ²)
Goteo	En cuestión de inversión inicial, es de nivel media. (Aproximadamente S/ 1,303.86 por 100 m ²)

Establecidos estos 9 criterios, se les procedió a dar un porcentaje de importancia:

- Eficiencia de riego: 25%
- Costos: 18%
- Empleo de mano de obra: 15%
- Dispersión de plagas y enfermedades: 12%
- Control de agua aplicada: 10%
- Calidad de agua: 5%
- Consumo de agua: 8%
- Adaptación a las características del terreno: 4%
- Adaptación de cultivos: 3%

Luego cada opción puede obtener un puntaje del 1 al 5, por cada criterio, siendo:

- 1: lo más bajo
- 5: lo más alto

Ilustración 9: Matriz de priorización

Criterio Opción	Adaptación de cultivos			Adaptación a las características del terreno			Consumo de agua			Calidad de agua			Control de agua aplicada			Eficiencia del riego			Dispersión de plagas y enfermedades			Empleo de mano de obra			Costos			Total
	Peso	Total		Peso	Total		Peso	Total		Peso	Total		Peso	Total		Peso	Total		Peso	Total		Peso	Total		Peso	Total		
Riego por surcos	2	3%	0.06	1	4%	0.04	1	8%	0.1	1	5%	0.05	1	10%	0.1	1	25%	0.25	1	12%	0.12	1	15%	0.15	4	18%	0.72	1.6
Riego por aspersión	3	3%	0.09	2	4%	0.08	2	8%	0.2	4	5%	0.2	4	10%	0.4	3	25%	0.75	3	12%	0.36	3	15%	0.45	3	18%	0.54	3.0
Riego por goteo	5	3%	0.15	5	4%	0.2	5	8%	0.4	5	5%	0.25	5	10%	0.5	5	25%	1.25	5	12%	0.6	4	15%	0.6	2	18%	0.36	4.3

Fuente: Elaboración propia.

De las opciones propuestas y de los criterios respectivamente calificados, la matriz de priorización nos da como resultado proponer el tipo de riego por goteo como mejor opción para aplicar en el proceso de riego de la empresa.

El costo de implementación de un sistema de riego por goteo aproximadamente es de S/.13,038.60 por hectárea.

Desarrollo del modelo de Agricultura 4.0

Se partió considerando los resultados de la matriz de priorización, el tipo de riego con el cual desarrollamos la propuesta es el riego por goteo, por ende, se tuvo en cuenta las condiciones de este riego para la adaptación de los dispositivos y bondades en general de las tecnologías que trae consigo la agricultura 4.0

Gráfico 1: Dimensiones para el desarrollo del modelo de proceso de riego por goteo interconectado.



Fuente: Elaboración propia

El modelo de proceso de riego por goteo automatizado se basa en el acoplamiento de dispositivos programables y sensoriales, como lo son: una estación meteorológica, un dispositivo programador de riego y un dron multiespectral, que a través de una misma red se interconectan y funcionan en conjunto para agregar valor al proceso.

- Dispositivo con Inteligencia Artificial para el proceso de riego por goteo: Se requiere de una estación meteorológica que debe:

Brindar una adquisición automatizada de la información climatológica: La estación meteorológica debe proporcionar información de diferentes variables como la humedad, lluvias, bajas temperaturas, entre otros, para poder generar alertas al dispositivo de riego programable para cuando debe dejar de regar.

Brindar datos que ayuden al agricultor a tomar decisiones: con respecto al manejo de cultivos, que se libren de los riesgos climáticos y generen datos más precisos y exactos.

La estación meteorológica estará compuesta por una combinación de un sensor de lluvia (sensor Hunter Mini-Clik®) y un sensor de viento (Hunter Wind-Clik®), estos componentes detendrán el riego programado cuando este detecte un nivel de lluvia y velocidad de vientos preestablecidos.

En términos generales este dispositivo interrumpirá la energía del controlador de riego a través de un sensor terminal con comunicación con cable.

Para la instalación de este dispositivo, se deberá tomar en cuenta las instrucciones publicadas por el fabricante (Hunter Industries Incorporated, San Marcos, California).

Ilustración 10: Mini estación meteorológica



Fuente: Hunter®, Built on Innovation®.

Componentes del sensor

A. Sensor de lluvia

El circuito del sensor de lluvia utilizará un juego de discos hidrocópicos para activar el interruptor en la unidad para la compensación total de lluvia. El sensor debe ser ajustable, usando configuraciones en la unidad para medir cantidades de lluvia de $\frac{1}{8}$ " (3 mm) a $\frac{3}{4}$ " (19 mm). La tasa de reinicio de la unidad debe ser una apertura no ajustable que permita la evaporación variable de los discos.

B. Sensor de viento

El circuito del sensor de viento debe utilizar una veleta de 5" (13 cm) de diámetro para activar el interruptor en la unidad para velocidades del viento que excedan la tasa preestablecida. El sensor se puede configurar para actuar

a varias velocidades del viento desde un mínimo de 12 mph (19,3 km / hr) a un máximo de 35 mph (56,3 km / hr).

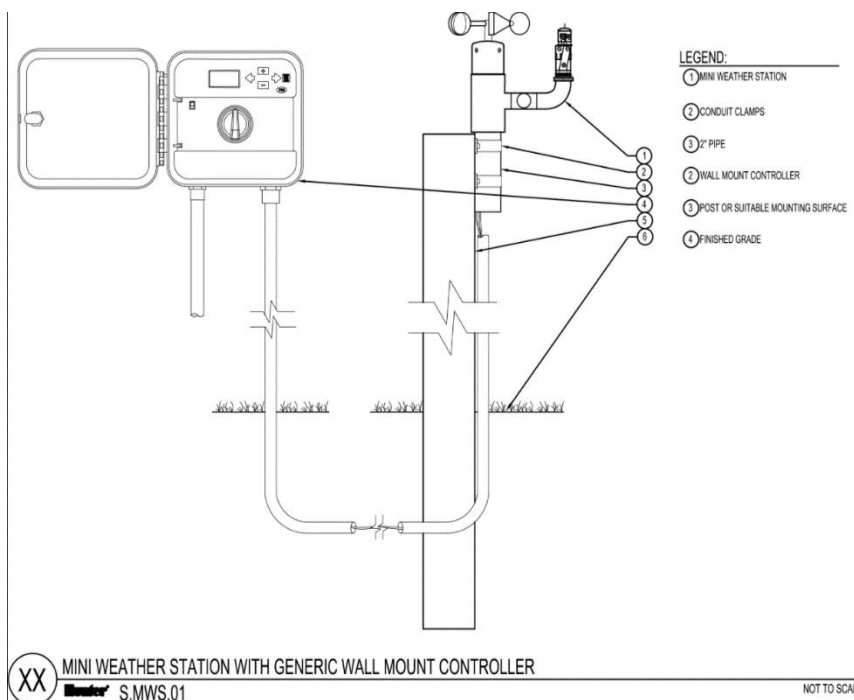
El sensor deberá tener un reinicio ajustable para velocidades de viento de entre 8 y 24 mph (12,8 a 38,6 km / hr).

El sensor de viento con cable utilizará dos perillas para configurar la activación y restablecer las tasas de velocidad del viento. La perilla grande es la velocidad de actuación en millas por hora. La perilla pequeña es la velocidad de reinicio. Esta es la velocidad a la que el viento tendrá que reducir la velocidad para restablecer el interruptor. La diferencia entre los dos ajustes determinará el ciclo del sistema que se está controlando.

Ventajas principales

- Sensor que integra sensores de viento y lluvia a la vez.
- Su instalación es fácil en cualquier sistema de riego automático e implica pocos ajustes.
- Ajuste de apagado con velocidades de vientos de 13 a 38 km/h.
- Ajuste de apagado del sistema con lluvia de 3mm a 19 mm.
- Montaje: Se desliza en un tubo de pvc de más de 5cm o se fija a un conducto de 1 cm con adaptador.

Ilustración 11: Componentes de mini estación meteorológica



Fuente: © 2021 Hunter Industries

Especificaciones de funcionamiento

Clasificación del interruptor	5 A máximo
Diámetro de veleta	13 cm
Velocidad de reinicio	13 a 38 km/h
Cable de apantallado	7 m de cable de dos conductores de 0,5 mm ²
Periodo de garantía	5 años

Fuente: © 2021 Hunter Industries

El costo de este dispositivo es de 209,00 € que convertido a nuestra moneda nacional es un total de S/.998.17

- Dispositivo con IoT para el proceso de riego por goteo: Se requiere de un programador de riego que debe:

Permitir el acceso remoto para controlar el sistema de riego desde un dispositivo inteligente (celular, Tablet o computador), en cualquier horario y desde cualquier parte.

Ofrecer una configuración que sea entendible, que a través de un navegador o de una aplicación para dispositivos inteligentes funcione de forma óptima y que lo único que requiera para su manejo sea una contraseña.

Generar un riego inteligente que se guíe de las condiciones meteorológicas que brindara la estación meteorológica trabajando en conjunto con el programador.

Permitir trabajar en conjunto con una aplicación o dispositivos que puedan emitir alertas y resolver problemas de forma remota.

Permitir acoplar dispositivos autónomos, que, a través de una misma red, estén interconectados y que con las alertas que reciban, estos cumplan su función de manera individual y autónoma.

En términos generales este dispositivo trabajará en conjunto con la estación meteorológica, quien emitirá las condiciones climáticas, haciendo que el programador de riego se detenga o siga regando cuando sea necesario. Por otro lado, el programador permitirá elegir cuánto y cuándo regar, también permitirá designar las zonas a regar.

Ilustración 12: Programador wifi hunter hc hydrawise interior



Fuente: © 2021 Hunter Industries

El programador cuenta con funciones de ahorro inteligente de agua y de gestión de forma remota del riego. El controlador estará completamente integrado con conectividad Wi-Fi a Internet y el software Hydrawise® (Industries 2021).

Características principales del programador:

- Cuenta con pantalla táctil
- Habilitado para Wi-Fi para una conexión a Internet sencilla
- Programadores estándar con 6 o 12 estaciones
- Módulo de expansión de 12 estaciones que le permite ampliar hasta 36 estaciones
- 2 puertos para sensores
- Garantía de 2 años
- Ajustes predictivos de riego (compatible con estación meteorológica)
- Detección de cableado y alertas

- Puertos para sensores avanzados

Ventajas principales

- Número de estaciones: 6 o 12 (modelos fijos)
- La opción de programación estándar permite 6 programas de riego independientes y 6 horas de arranque por programa
- La opción de programación avanzada ofrece programación basada en la estación con hasta 6 horas de arranque totales
- El tiempo de funcionamiento máximo de estación de 24 horas proporciona flexibilidad para las zonas con poco caudal
- Dos entradas de sensor disponibles para su uso con cualquier sensor Clik y el caudalímetro HC
- Las salidas de estación también se pueden usar para activar el relé de arranque de la bomba o la válvula maestra
- Habilitado para Wi-Fi para una conexión rápida al software Hydrowise
- Pantalla táctil a todo color de 7 cm para una programación simple en el panel de control
- Sensor en miliamperios incorporado para detectar fallas en el cableado y enviar alertas.

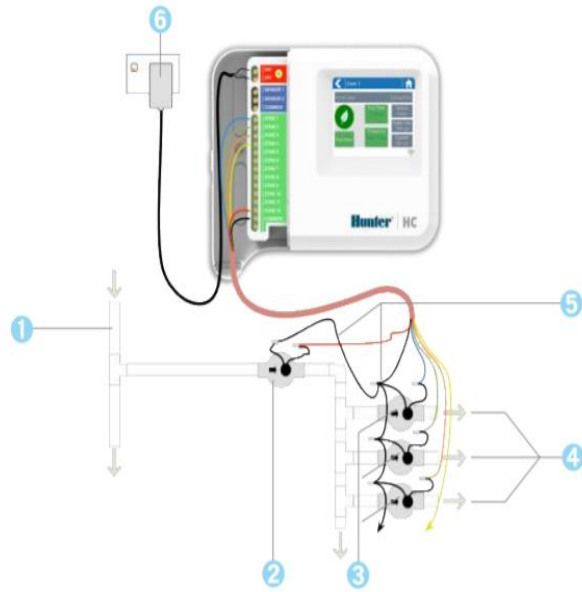
Especificaciones de funcionamiento

Entrada del transformador	120 VCA o 230 VCA
Salida del transformador	(24 VCA): 1 A
Salida de la estación	(24 VCA): 0,56 A
Bomba/válvula maestra	(24 VCA): 0,28 A
Entradas para sensores	2
Temperatura de funcionamiento	Entre 0 y 60° C

Fuente: © 2021 Hunter Industries

Ilustración 13: Componentes del programador wifi hunter hc hydrowise interior.

- 1 Tubería
- 2 Válvula maestra (opcional)
- 3 Válvulas de solenoide
- 4 Riego para las zonas
- 5 Cables comunes
- 6 Transformador de 24VCA



Fuente: © 2021 Hunter Industries

El costo de este dispositivo es de 209,80 €, que convertido a nuestra moneda nacional es un total de S/.1001,99.

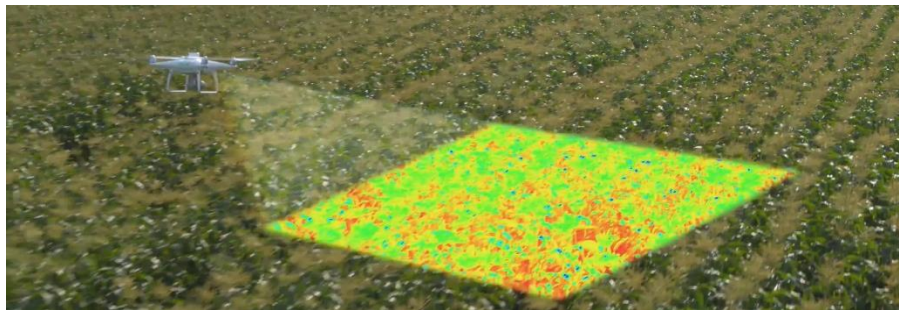
- Máquinas inteligentes y/o sistemas autónomos para el proceso de riego por goteo: Se requiere de un Drone Phantom 4 multispectral el cual:

Pre cultivo:

Brinda información sobre la salud de los cultivos y el manejo de la vegetación. Indica áreas con problemas, zonas ineficientes o no cultivadas, esto permite tomar decisiones respecto a la aplicación de nutrientes, construcción de desagües, suministro de agua adicional, etc.

Realiza un mapeo de superficie de la zona cultivada y proporciona información de la necesidad o exceso de riego en el cultivo.

Ilustración 14: Mapeo de superficie Phantom 4 multispectral DJI



Fuente: DJI, 2021.

Ilustración 15: Mapeo de superficie Phantom 4 multispectral DJI



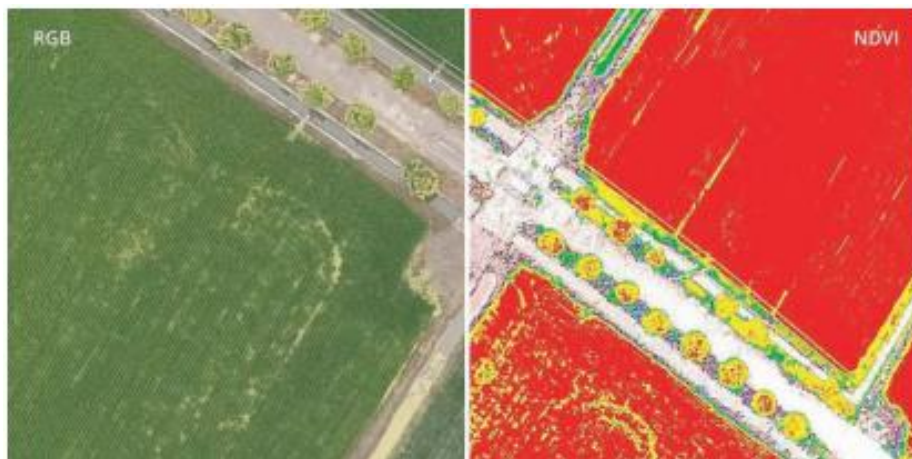
Fuente: DJI, 2021.

De acuerdo a los datos recopilados durante el vuelo del drone, se toman decisiones de acuerdo a la necesidad o problema que presente el cultivo

Ver alimentaciones RGB y NDVI

Además, este dispositivo ofrece para los profesionales agrícolas un análisis preliminar del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y la alimentación RGB en tiempo real para visualizar inmediatamente las áreas que requieren atención, de modo que se puedan tomar decisiones de tratamiento específicas rápidamente.

Ilustración 16: Análisis NVDI-RGB



Fuente: DJI, 2021.

El dron multiespectral DJI Phantom 4 incluye un sensor multiespectral para el análisis de cultivos y la gestión de la vegetación en la agricultura de precisión, incluye hasta 27 minutos de tiempo de vuelo y 7 kilómetros de rango de transmisión del sistema OcuSync (Reserved 2021).

Tiene RTK, que tiene un sensor de luz que captura la irradiación de luz solar, lo que le permite una precisión excelente a la hora de recopilar datos.

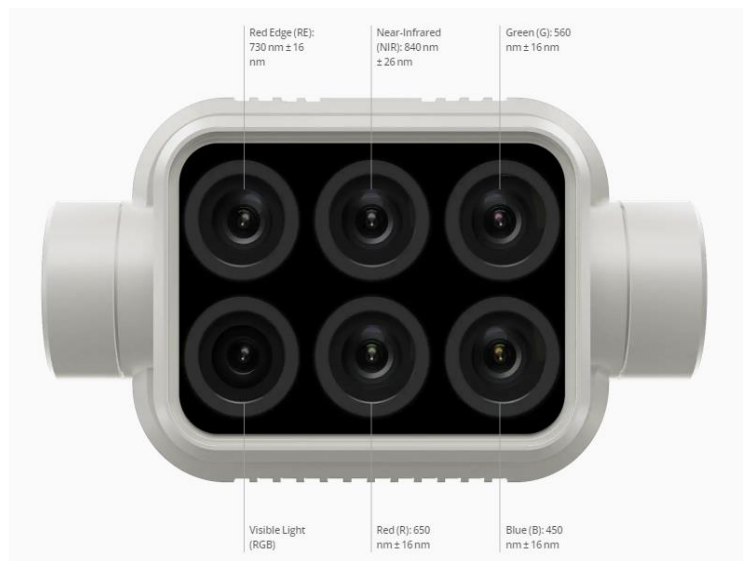
Su cámara multiespectral es uno de los rasgos más importantes y lo hace tan único entre los drones para el campo.

Ilustración 17: Phantom 4 multispectral DJI



Fuente: DJI, 2021

Ilustración 18: Cámara de Phantom 4 multispectral DJI



Fuente: DJI, 2021

Las imágenes multispectrales son útiles para los profesionales agrícolas al proporcionar información invisible para el ojo humano a través del espectro electromagnético. Al tener acceso a estos datos y a los datos del Índice de Vegetación obtenidos posteriormente, como NDRE y NDVI, los agricultores pueden tomar decisiones oportunas e informadas sobre el

tratamiento de cultivos, reducir costos, ahorrar recursos y maximizar los rendimientos.

Todos los datos y fotos que tome el equipo son almacenados en la tarjeta SD que viene con el equipo, después para el postproceso la aplicación reconstruirá todas las fotos y le dará imagen del todo el terreno mapeado con los datos del cultivo.

Características principales del Drone Phantom 4 multiespectral

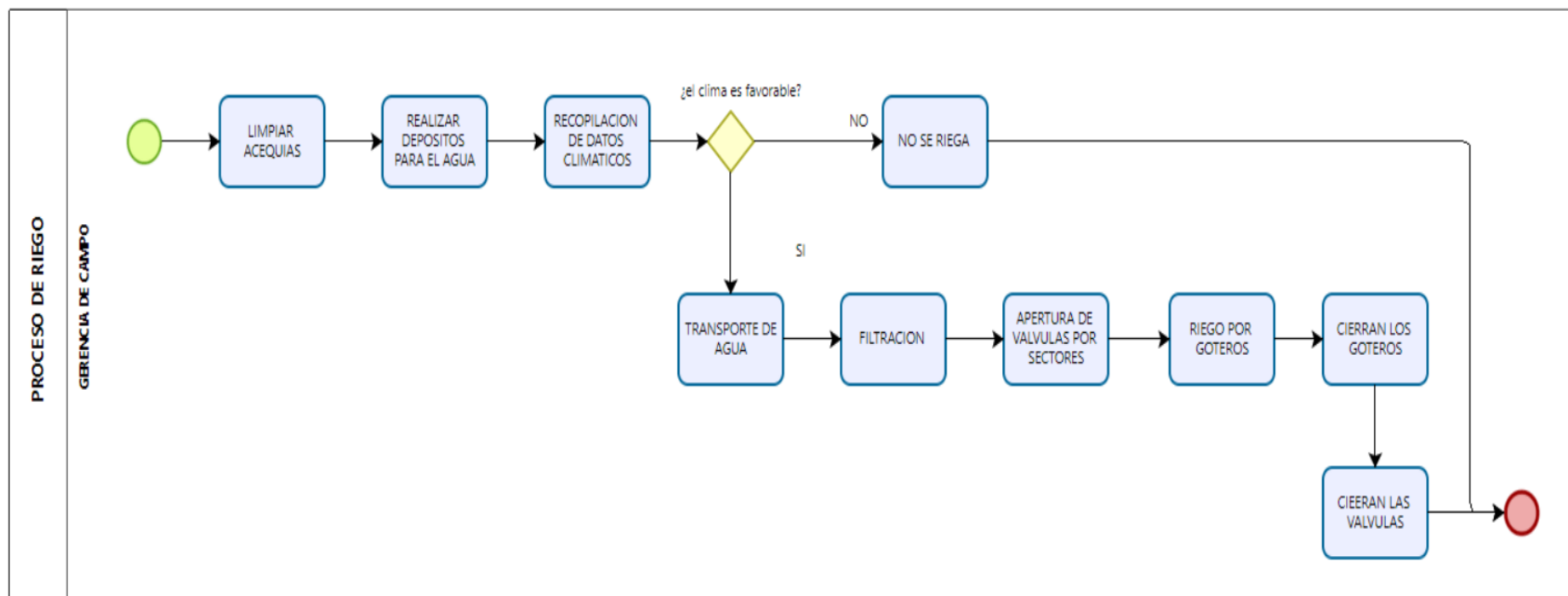
DRONE	
Peso de despegue	1487 g
Distancia diagonal (Hélices excluidas)	350 mm
Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar	6000 m (19685 pies)
Velocidad máx. en ascenso	6 m/s (vuelo automático);
	5 m/s (control manual)
Velocidad máx. en descenso	3 m/s
Velocidad máx.	50 km/h (31 mph) (modo P)
	58 km/h (36 mph) (modo A)
Tiempo máx. de vuelo	27 minutos aprox.
Temperatura de funcionamiento	De 0 a 40 °C (de 32 a 104 °F)

Cámara	
Sensores	Seis sensores CMOS de 1/2.9", incluyendo un sensor RGB para el espectro visible y cinco sensores monocromos para imagen multiespectral.
	Cada sensor: Píxeles efectivos 2.08 MP (Píxeles totales: 2.12 MP)
Filtros	Azul (B): 450 nm ± 16 nm;
	Verde (G): 560 nm ± 16 nm;
	Rojo (R): 650 nm ± 16 nm;
	Borde rojo (RE): 730 nm ± 16 nm;
	Infrarrojo cercano (NIR): 840 nm ± 26 nm
	Campo de visión: 62.7°

Objetivos	Distancia focal: 5.74 mm (equivalente a formato 35 mm: 40 mm), enfoque automático configurado en ∞
	Apertura: f/2.2
Rango ISO del sensor RGB	200 – 800
Ganancia del sensor monocromo	1 – 8x
Obturador electrónico global	1/100 – 1/10000 s
Tamaño máx. de imagen	1600x1300 (4:3.25)
Formatos de fotografía	JPEG (imágenes del espectro visible) + TIFF (imágenes multiespectrales)
Sistemas de archivo compatibles	FAT32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)
Tarjetas SD compatibles	MicroSD con una velocidad de escritura de 15 MB/s.
	Capacidad Máx: 128 GB.
	Clase 10 ó UHS-1 valoración requerida
Temperatura de funcionamiento	De 0 a 40 °C (de 32 a 104 °F)

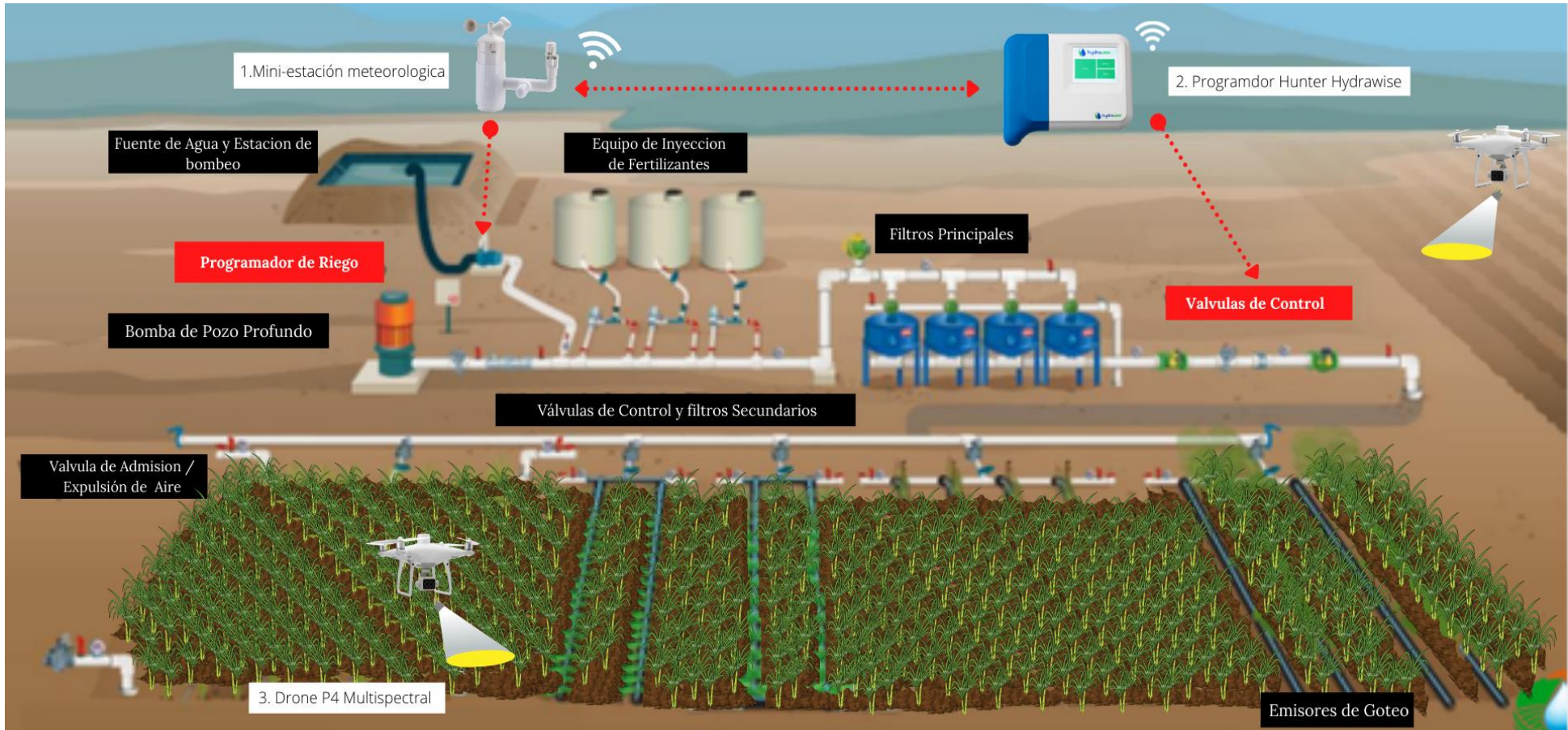
Las características del Drone son las más óptimas para el trabajo de análisis del cultivo puesto que gracias a la cámara multiespectral es más simple y eficiente recopilar un conjunto de datos completo de inmediato. El costo del Drone Phantom 4 multispectral es de 5,760 dólares americanos el cual equivale a 23,616 soles peruanos.

Ilustración 19: Modelo del proceso de riego por goteo



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 20: Modelo de proceso de riego por goteo aplicando Agricultura 4.0



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 21: Intervención de Mini-estación meteorológica



Fuente: Elaboración propia.

El modelo del proceso de riego por goteo aplicando agricultura 4.0 comienza por la limpieza de las malezas o impurezas que interrumpen el paso del agua por las acequias, después de ello se procede a realizar los depósitos para el agua que llegará del transcurso de las acequias, estos depósitos son indispensables, ya que aquí será desde donde el agua almacenada será bombeada hasta los goteros a través de una fuente de energía o bomba.

Seguido de ello se deberá proceder a la instalación de los componentes que implica el riego por goteo, los cuales son: cabezal de control, red de tuberías, goteros o emisores y los dispositivos de control en los sembríos.

Adicionalmente a ello, se procede a la instalación de los dispositivos de la agricultura 4.0 propuestos como lo es el drone multiespectral, la estación meteorológica y el dispositivo de control de riego.

El funcionamiento de los dispositivos de la agricultura 4.0 con los componentes del riego por goteo será el siguiente:

Ya almacenada el agua en el depósito construido, entra en acción el dispositivo con inteligencia artificial: “mini estación meteorológica”, que a

Ilustración 23: Riego por goteo en cultivo



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, el programador de riego y las actividades que implique este dispositivo, serán controladas y monitoreadas por los especialistas a través de cualquier dispositivo, a cualquier hora y desde cualquier lugar, tan solo ingresando al software que nos brinda este dispositivo con una contraseña determinada por los especialistas.

Ilustración 24: Control y monitoreo por celular mediante software



Fuente: Google imágenes.



Fuente: Google imágenes.

Por ejemplo: si el programador es configurado para regar con 120L, 3 hectáreas por 6 horas, 1 sector y las condiciones climáticas son óptimas se procede a regar, pero si en el transcurso del riego se presentan lluvias y/o fuertes vientos, este riego será interrumpido y hará que el programador de

riego suspenda esta actividad hasta que las condiciones climáticas se normalicen, todo ello gracias a las alertas que fueron emitidas desde la estación meteorológica.

Finalmente, para la recopilación de información sobre el estado de los cultivos y desarrollo de estos, se haría uso del Drone Phantom 4 multiespectral.

Ilustración 25: Recorrido de Phantom 4 Multiespectral



Fuente: Google imágenes.

Este realizará un mapeo a la superficie de los campos, brindándonos la detección oportuna de zonas infectadas, no cultivadas o no hidratadas esto permite tomar decisiones respecto a la aplicación de riego nutrientes, construcción de desagües y suministro de agua adicional.

El equipo puede detectar si la zona está regada de acuerdo al contraste que brinde las imágenes del equipo, entonces con esto se puede verificar si tiene buen riego en un área determinada o en varias.

Ilustración 26: Recopilación de datos del cultivo



Fuente: Elaboración propia.

Con la información adquirida el agricultor podrá identificar en tiempo real qué área de todo el cultivo necesita intervención inmediata y ayuda manual, esto además de ahorrar tiempo y recursos para recorrer e identificar dónde existe problema alguno en el campo, permitirá de manera eficaz detectar la existencia de plagas el cual se realiza mediante un análisis de nivel de estrés de la planta que es recopilada por el dron mediante su recorrido

Ilustración 27: Análisis RGB y NDVI del cultivo



Fuente: DJI, 2021.

3.5. Método de análisis de datos

La presente investigación cuantitativa aplicó instrumentos de medición (haciendo uso de la estadística), con los cuales se pudo medir los datos y procedió a realizar gráficos y/o tablas, los cuales nos ayudaron a interpretar la información obtenida del cuestionario. Todo ello se realizó a través de la herramienta Excel, pues se consideró que nos permitió realizar un estudio preciso de los datos que se procesaron.

3.6. Aspectos éticos

La ética se considera como un conocimiento racional, por lo que se convierte en una herramienta de investigación educada y objetiva sobre los valores morales. Es por ello que es muy importante que el investigador demuestre sus más altos principios morales en el proceso de realización del proyecto de investigación donde no solo se trata de resolver problemas generales, sino también tratando de resolver problemas específicos que surgen durante la investigación (SALAZAR, y otros, 2018).

Los derechos del autor se respetaron durante todo el proceso de investigación desde la recopilación de información hasta el planteamiento mediante citas textuales. A los dos investigadores parte del proyecto se les permitió la libertad y la responsabilidad de adherirse al plan de investigación de manera científica y rigurosa, sin causar ningún tipo de daño a los participantes, y mucho menos distorsionar los resultados bajo el libre albedrío del investigador, pero tratando de aclarar el objeto de investigación y lograr la meta propuesta.

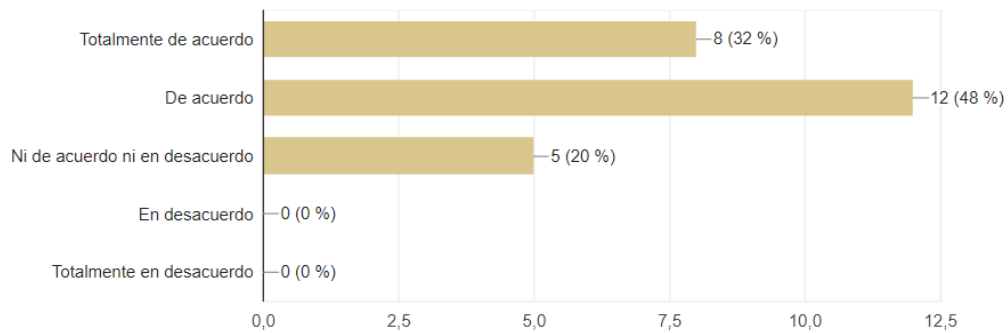
IV. RESULTADOS

Análisis descriptivo de Internet de las cosas (IoT)

Ilustración 28: Pregunta 1

¿Cree usted que la aplicación de IoT influiría en el proceso de riego por goteo en la empresa?

25 respuestas

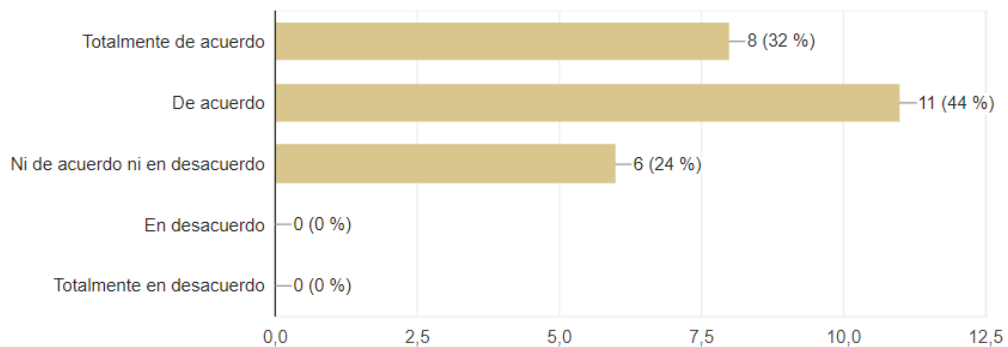


De acuerdo a la encuesta aplicada a los trabajadores que conforman el área de gerencia de campo, el 80% de ellos considera que el internet de las cosas influye en el proceso de riego por goteo en la empresa, y solo un 20 % considera que no influye en dicho proceso.

Ilustración 29: Pregunta 2

¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de costos?

25 respuestas



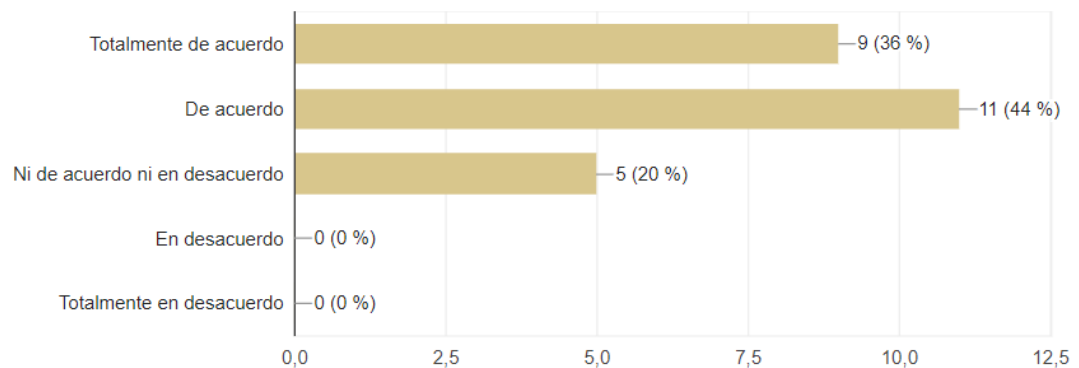
Para la Segunda pregunta, se pudo conocer que, el 76% de los encuestados consideran que la aplicación de internet de las cosas ayuda a optimizar el

proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de costos, mientras que el 24% considera que el internet de las cosas no optimiza o no perjudica al proceso en los costos.

Ilustración 30: Pregunta 3

¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de tiempo?

25 respuestas

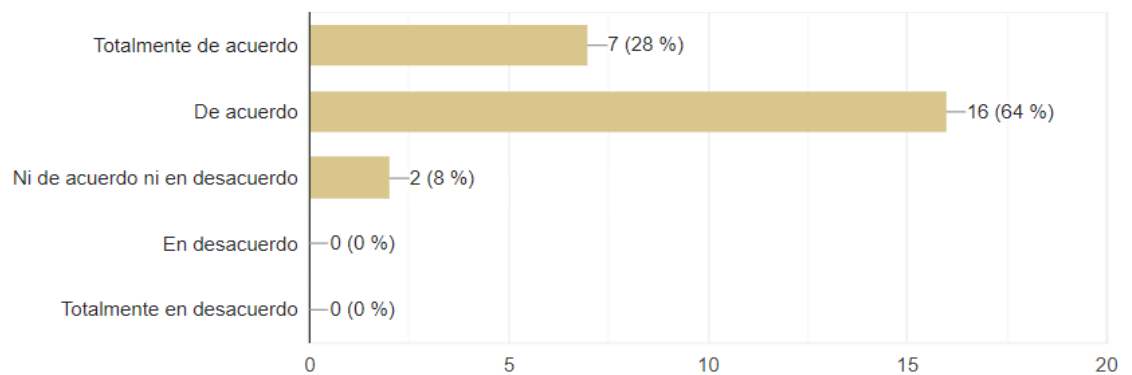


Para la tercera pregunta, el 80% considera que el internet de las cosas ayuda a optimizar el proceso en tiempo, mientras que solo el 20% considera que no afecta al proceso en cuestión de tiempo.

Ilustración 31: Pregunta 4

¿Cree usted que la aplicación de IoT en el proceso de riego por goteo genere beneficios para la empresa?

25 respuestas



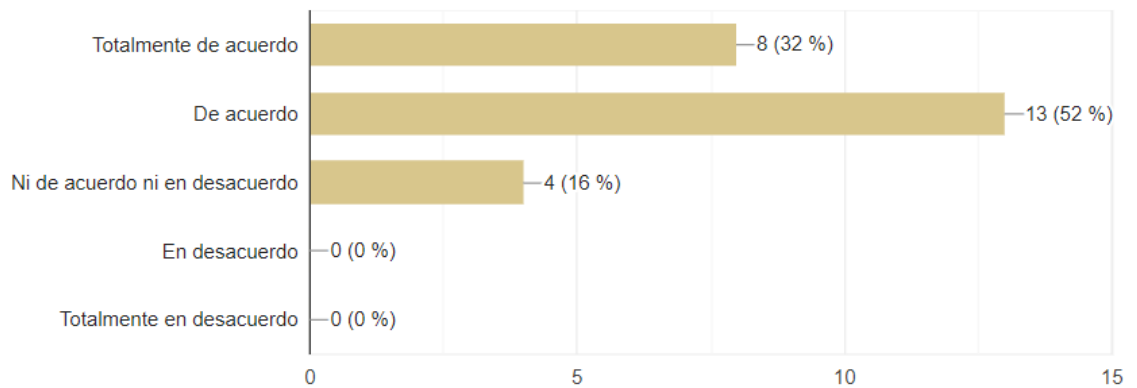
Para la cuarta pregunta, el 92% de los encuestados considera que la aplicación del internet de las cosas puede generar beneficios para la empresa en el proceso de riego por goteo, también se puede determinar que solo el 8% menciona que la aplicación de IoT no genera ninguna acción en dicho proceso.

Análisis descriptivo de Inteligencia Artificial (IA)

Ilustración 32: Pregunta 5

¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial influiría en el proceso de riego por goteo en la empresa?

25 respuestas

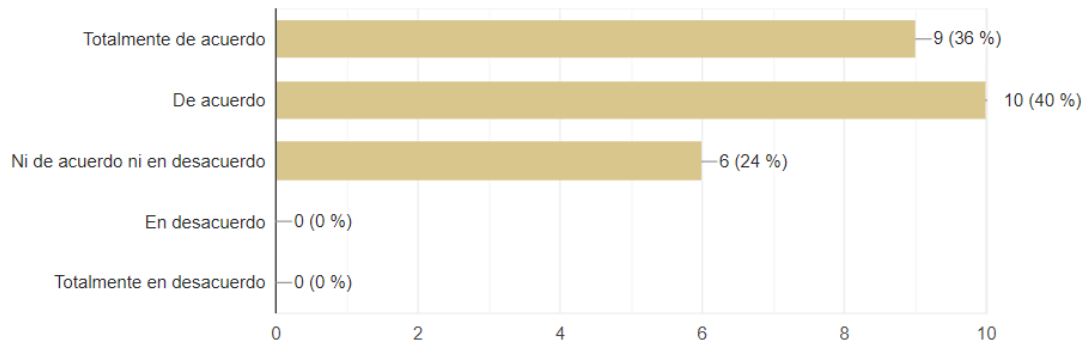


Para la quinta pregunta, el 84% mencionan que la Inteligencia artificial influiría en el riego por goteo, mientras que sólo el 16% considera que la aplicación de IA no influye en nada en el proceso.

Ilustración 33: Pregunta 6

¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego por goteo de la empresa en cuestión de costos?

25 respuestas

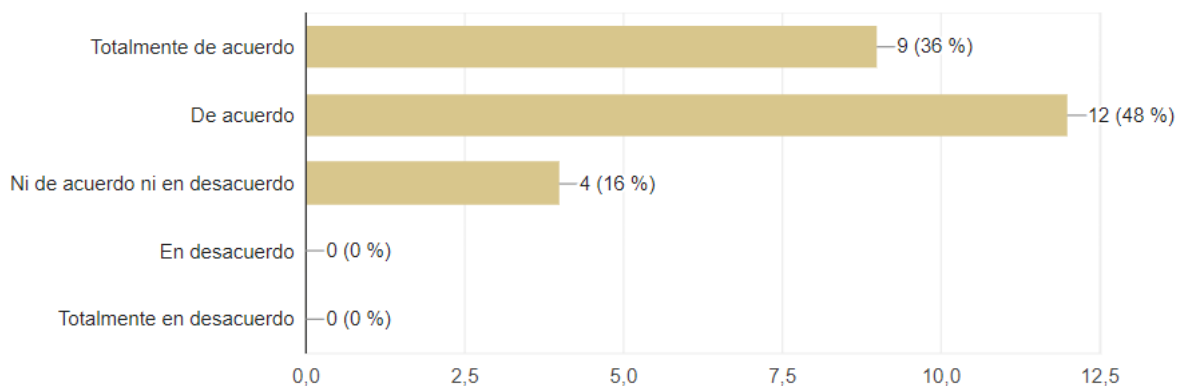


Para la sexta pregunta, el 76% consideran que están de acuerdo que la inteligencia artificial ayuda a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de costos y solo el 24% considera que la IA no ayuda a optimizar este factor.

Ilustración 34: Pregunta 7

¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de tiempo?

25 respuestas

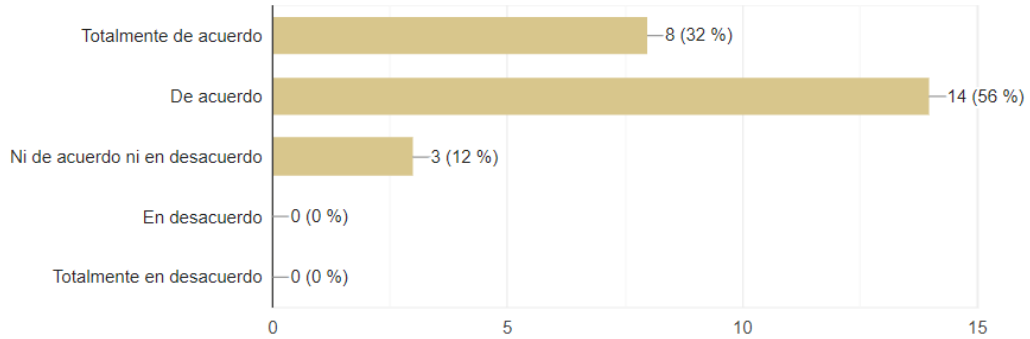


Para la séptima pregunta, el 84% mencionan que la aplicación de inteligencia artificial ayuda a optimizar el proceso en el factor tiempo, mientras que un 16% considera que la aplicación de IA no tiene ningún efecto en este aspecto.

Ilustración 35: Pregunta 8

¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial en el proceso de riego por goteo genere beneficios para la empresa?

25 respuestas



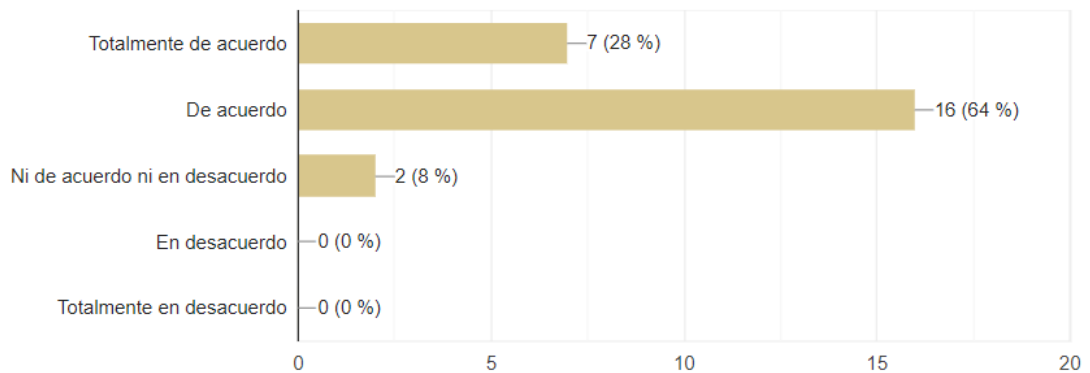
Para la octava pregunta, el 88% de encuestados menciona que la aplicación de inteligencia artificial genera beneficios para la empresa, mientras que el 12% considera que no genera ningún impacto para este proceso.

Análisis descriptivo de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos

Ilustración 36: Pregunta 9

¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autónomos influiría en el proceso de riego por goteo en la empresa?

25 respuestas

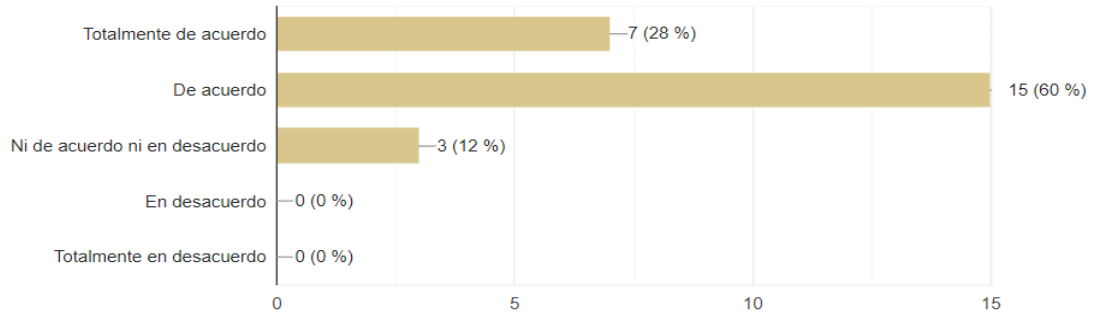


Para la novena pregunta, el 92% considera que la aplicación de máquinas inteligentes y sistemas autónomos influye en el proceso de riego por goteo, mientras que tan solo un 8% considera que no tiene ninguna influencia en dicho proceso.

Ilustración 37: Pregunta 10

¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de costos?

25 respuestas

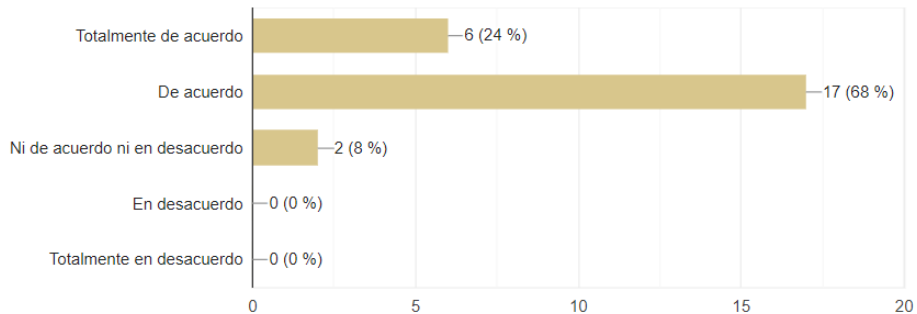


Para la décima pregunta, el 88% de encuestados considera que la aplicación de las máquinas inteligentes y sistemas autónomos influye en el proceso de riego por goteo en los costos, mientras que sólo un 12% considera que la aplicación de estos, no tiene ningún efecto en el proceso.

Ilustración 38: Pregunta 11

¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de tiempo?

25 respuestas

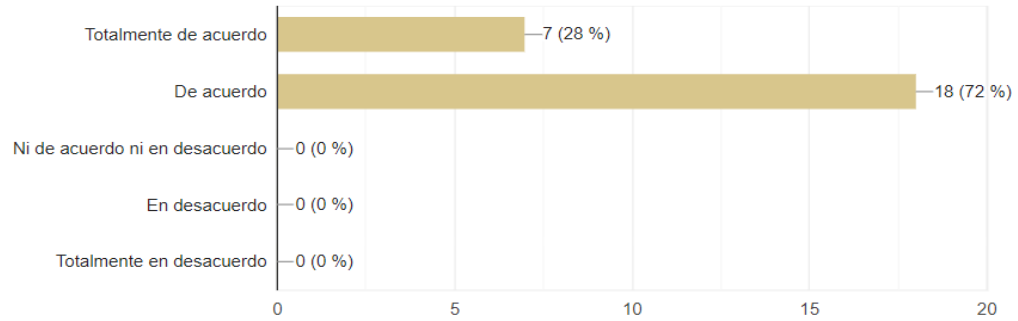


Para la onceava pregunta, el 92% considera que la aplicación de máquinas inteligentes y sistemas autónomos ayuda a optimizar el tiempo en el proceso de riego, mientras que el 8% considera que no tiene ningún efecto en el proceso.

Ilustración 39: Pregunta 12

¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autónomos en el proceso de riego por goteo genere beneficios para la empresa?

25 respuestas



Para la doceava pregunta, el 100% de encuestados considera que la aplicación de máquinas inteligentes y sistemas autónomos genera beneficios para el proceso de riego por goteo de la empresa.

V. DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos en la investigación (Ver ilustración 28 a la 39), en general, el porcentaje de respuestas que indican “Totalmente de Acuerdo” y “De Acuerdo” superan el 50%, lo cual indica que se debe priorizar la implementación de tecnologías que beneficien y optimicen la agricultura, como lo son las tecnologías que implica la agricultura 4.0, en este caso específicamente en el proceso de riego para la empresa. Esta lo respalda Konstantinos et al., (2020) quienes mencionan que gracias a las nuevas tecnologías el sector agrícola intenta beneficiarse y asegurar que los niveles de producción se gestionen de extremo a extremo en el contexto de la agricultura 4.0, considerando siempre la gran importancia de tecnologías inteligentes que apuntan hacia un crecimiento sostenible.

En cuanto a las prácticas de riego, estas se pueden mejorar, invirtiendo en tecnologías y aplicaciones de riego, las cuales demandarían la adaptación de los agricultores a las nuevas soluciones que con el tiempo ayudarían a reducir la carga ambiental y además serán fuente de generación de una ventaja competitiva en los productos de cosecha, en algunos casos es necesario capacitar a los agricultores para extraer el máximo provecho de las diferentes y nuevas prácticas de la gestión del agua según Levidow et al., (2014). Estas definiciones son muy importantes para tomar en cuenta en el modelo de la investigación del proceso de riego para la empresa agrícola que se está estudiando, pues esta tiene un proceso de riego por surcos, lo que no permitiría hacer uso de las tecnologías de la agricultura 4.0. Asimismo, se propone cambiar el proceso de surco a un proceso por goteo para que la aplicación de las tecnologías sea viable y así contribuir a la transformación del cuidado del recurso hídrico con ayuda de herramientas que pueden ser controladas e inspeccionadas de forma remota y en cualquier horario.

La agricultura 4.0 busca generar la adopción de nuevos métodos de trabajo ligados a la agricultura, donde el uso de herramientas clásicas o tradicionales queden atrás y les abran paso a herramientas tecnológicas modernas, dado que estas son más eficientes así lo mencionan Ynzunza et al., (2017). Esta afirmación es afianzada por Oliveira Da Silva et al., (2020) quienes mencionan y aseguran que han surgido técnicas que refuerzan a los procesos agrícolas, en este caso específicamente con respecto al riego han surgido aplicaciones que permiten su gestión a través del Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial (IA) y Máquinas inteligentes y sistemas autónomos, ayudando así a monitorear, comprender y programar con rapidez las situaciones que se generen y que antes del uso de estas tecnologías demandaban tiempo, recursos y mayor presupuesto. En tal sentido, el estudio propone utilizar un dispositivo con inteligencia artificial como es la estación meteorológica. Además, un dispositivo programador de riego que utiliza internet de las cosas, y finalmente un dispositivo como el dron multispectral.

Según (Pozo 2017) uno de los dispositivos o medios tecnológicos de automatización que menciona en su investigación para un sistema de riego por goteo, fue una estación meteorológica el cual brinda un avance de gran importancia a la agricultura, pues la acción de control directa por medio de monitoreo de los parámetros medioambientales que este dispositivo brinda, produce resultados de mejoras en la producción. Asimismo, Dominguez et al., (2020) mencionan que el integrar sensores con enfoque a la programación de riego, es un factor clave para la toma de decisiones y la realización de actividades rutinarias que permiten tomar en cuenta los diferentes factores que influyen en el proceso, lo mencionado anteriormente respalda a la investigación y al dispositivo de inteligencia artificial en el modelo propuesto (Mini estación meteorológica). Estas definiciones coinciden con la propuesta de la investigación, pues el estudio presenta un diseño de un modelo que incluye un dispositivo de estación meteorológica, el cual busca actuar en conjunto con los otros dos dispositivos seleccionados para el modelo, con la finalidad de emitir

alertas sobre el clima que pueden afectar, paralizar o hacer continuar el proceso de riego con normalidad, lo que hace que a raíz de los pronósticos climáticos se apoye a la toma de decisiones y se evite la incertidumbre de cuándo regar o cuándo no. Es por ello que es indispensable la puesta en marcha e inclusión de dicho dispositivo en el presente modelo.

Chen et al., (2021) en su investigación recalcaron la importancia de emplear una estrategia de toma de decisiones de riego profundo, utilizando pronósticos meteorológicos de la estación de Nanchang en el sur de China en la cual se comprobaron los efectos de ahorro de agua gracias a la previsión de los pronósticos de lluvia. Esto lo corroboran Rodríguez et al., (2017), quienes en su investigación proponen una solución que constituye funcionalmente una red de sensores inalámbricos con la finalidad de medir la humedad del terreno, y una estación agrometeorológica local, todo ello para optimizar un sistema de riego por goteo donde obtuvieron un ahorro de recurso hídrico y energético, asimismo se logró optimizar la productividad de los cultivos. Por lo mencionado por dichos autores, en la investigación se considera tomar en cuenta un dispositivo que perciba o pronostique los cambios que se pueden presentar respecto a las variables climatológicas que influyen en el proceso de riego y así poner en marcha formas efectivas de conservar y minimizar el empleo del recurso hídrico con la finalidad de evitar riegos innecesarios.

De la misma manera García et al., (2016) desarrollaron una plataforma que se basa en la interacción de 3 elementos: cosas (sensores, dispositivos, etc.) puerta de enlace local (que funciona como intermediario para la conexión de las cosas con la nube) y red y nube, los cuales generan el almacenamiento de datos principales para su posterior análisis. La aplicación de lo mencionado anteriormente, hace referencia a que gracias a las soluciones que brinda la tecnología para la industria se pueden experimentar mejores resultados que generen experiencias positivas para los agrónomos y usuarios en general. Con

la aplicación de este tipo de herramientas tecnológicas se busca reducir la brecha existente entre las funciones manuales y las funciones automatizadas o que se puedan controlar a distancia. De tal manera esta investigación toma en cuenta un dispositivo que hace uso del Internet de las Cosas, como lo es el dispositivo Programador de riego, que, así como los otros dispositivos incluidos en el modelo, su puesta en marcha contribuiría a la aplicación de prácticas innovadoras para el proceso de riego de la empresa agrícola, para que pueden reducir las cargas ambientales, mejorar la eficiencia del agua y se obtener ventajas económicas, que a la larga producirían una gestión eficiente del agua.

Zhai et al., (2020) recalcan lo beneficioso que es realizar tareas automáticamente mediante el uso de vehículos aéreos y terrestres en una empresa agrícola el cual mejoran el rendimiento de los cultivos y mantienen la calidad ambiental. Las unidades aéreas son responsables de recopilar datos ambientales, estos datos recopilados por las unidades permiten a los agricultores saber las condiciones del cultivo como identificar exactamente cuántos herbicidas se necesitan en los cultivos y con ello se puede realizar una pulverización precisa reduciendo la cantidad de usos de herbicidas. De esta forma se pretende proporcionar a los agricultores suficientes sugerencias para la toma de óptimas decisiones agrícolas. En consecuencia, la investigación toma en cuenta un dispositivo considerado como máquina inteligente y sistema autónomo como lo es un dron Multiespectral, el cual busca cumplir con la función de supervisar a los cultivos de una forma innovadora, con precisión y con un sistema integrado con funcionalidades que le permitan cumplir actividades netamente agrícolas, que determine la salud de los cultivos y permita tomar decisiones de donde prestar más atención y dar tratamientos específicos en cuanto a la vegetación.

Para Konstantinos et al., (2020) Las máquinas inteligentes y sistemas autónomos realizan sincronización en conjunto interrelacionándose entre sí generando una integración completa con ello se busca el crecimiento

tecnológico-robótico para avanzar hacia una fábrica inteligente, donde toda la empresa pueda trabajar uniformemente de manera interconectada y lograr un alto grado de automatización en las tareas. Uno de los puntos fundamentales en una empresa agrícola es tener un progreso en la automatización, navegación y control de procesos de producción, donde la importancia de adoptar nuevos modelos de agricultura en la empresa agrícola radica principalmente en automatizar los procesos y realización de actividades que con la ayuda de herramientas y dispositivos tecnológicos permiten optimizar el rendimiento de los cultivos.

En definitiva, la tecnología e innovación está revolucionando cada uno de los procesos en general, y el sector agrícola no es ajeno a ello, por consiguiente, el modelo desarrollado en la presente investigación, considera a tres dispositivos con características que abarquen el concepto de la agricultura 4.0 y que con los cuales se puede agilizar el proceso de riego de la empresa agrícola, que con el transcurrir del tiempo se puedan obtener beneficios y generar ventajas competitivas que beneficien tanto a la organización como al medio ambiente.

VI. CONCLUSIONES

Se describió el modelo de agricultura 4.0 para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021, donde se tomaron en cuenta posibles tipos de riegos por los cuales se podía sustituir el actual, los cuales, a través de una matriz de priorización fueron ponderados y se seleccionó el proceso de riego por goteo, tomando en cuenta criterios de acorde al proceso de riego y tres herramientas tecnológicas aplicables y adaptables al tipo de riego elegido.

Asimismo, se logró describir las características del dispositivo con internet de las cosas (IoT) para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021, el cual fue un programador de riego, cuyas características y funciones trabajan en conjunto con los demás dispositivos, determinando cuando, cuanto y en qué sectores regar.

Se determinó que el dispositivo Mini estación meteorológica desarrollado con Inteligencia Artificial muestra lo beneficioso que sería si este se aplicará en campo agrícola, ya que lograría una mayor optimización en el proceso de riego y minimiza la incertidumbre de riego gracias a las alertas que emite al programador de riego de cuando regar o cuando no.

Se determinó que las Máquinas inteligentes y sistemas autónomos como lo es el dron multiespectral, proporciona funciones para mayor accesibilidad al análisis de datos del cultivo, los cuales con su aplicación ayudaría a los agricultores a conocer específicamente la salud y el estado actual de los cultivos con imágenes en tiempo real.

VII. RECOMENDACIONES

Cambiar sistema de riego convencional a un sistema de riego por goteo para aplicar el modelo de agricultura 4.0, con la finalidad de mejorar la eficiencia en los recursos del proceso de riego en la empresa.

En la empresa agrícola en la cual nos enfocamos sería muy beneficioso la capacitación de todos los colaboradores que se desempeñan en el área de gerencia de campo, para la actualización de conocimientos y hacer de su interés la importancia de aplicar y actualizar los métodos de trabajo de campo, especialmente la actualización en el proceso de riego por goteo.

Los dispositivos que sugerimos más óptimos para la aplicación del modelo de Agricultura 4.0 para el proceso de riego por goteo:

- Mini estación meteorológica Hunter (Inteligencia Artificial)
- Programador wifi Hunter hc hydrowse (Internet de las cosas)
- Drone Phantom 4 multispectral (Máquinas inteligentes y sistemas autónomos)

Es necesario implementar otras herramientas de la agricultura 4.0 como Cloud Computing y Big data con la finalidad de tener una mayor masificación de la información y la generación de reportes gerenciales para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- ALVES DE ARAUJO, Sidnei, et al., 2018.** *Automatic visual inspection of grain quality in agroindustry 4.0.* Brasil : International Journal Of Innovation, 2018. Vol. 6. E-ISSN: 2318-9975.
- APAZA, Darwin y LA TORRE, Irvin. 2017.** *Diseño e implementacion de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnologia arduino en el laboratorio de control y automatizacion EPIME 2016.* Puno : s.n., 2017.
- BASCO, Ana, et al., 2018.** *Industria 4.0: Fabricando el futuro.* Buenos Aires : s.n., 2018.
- BETANCOURT, Diego. 2018.** *Cómo hacer una matriz de priorización.* s.l. : Ingenio Empresa, 2018.
- BROOK, Anna, et al., 2019.** *LCIS DSS—An Irrigation Supporting System for Efficient Water Use in Precision Agriculture.* Barcelona : Proceedings, 2019. 201930021.
- CAMPOS RIVERA, Armando y CRUZ BERMÚDEZ, Doris Micaela. 2018.** *Riego por goteo en el cultivo de la caña de azucar.* Cali : Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, 2018. 978 - 958 - 8449 - 21 - 0.
- CHANAME, Bravo, CASTILLO, Marco y MANAYAY, Wilson. 2019.** *Automatizacion de motores de combustion interna.* Chiclayo : s.n., 2019.
- CHEN, Mengting, et al., 2021.** *A reinforcement learning approach to irrigation decision-making for rice using weather forecasts.* China : Agricultural Water Management, 2021. 0378-3774.
- CORZO, German y ALVAREZ Aros, Erick. 2020.** *Technological competitiveness strategies in mobile connectivity and industry 4.0 communications in Latin America.* Colombia : Información Tecnológica, 2020. Vol. 31. ISSN: 0718-0764.

DEMIN, Pablo. 2014. *Aportes para el mejoramiento del manejo de sistemas de riego.* Catamarca : INTA, 2014. 9789875215122.

DOMINGUEZ Niño, Jesús, et al., 2020. *Differential irrigation scheduling by an automated algorithm of water balance tuned by capacitance-type soil moisture sensors.* España : Institute of Agrifood Research and Technology (IRTA), 2020. 0378-3774.

ERBES, Analía, et al., 2019. *Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe.* Santiago : Naciones Unidas, 2019. 1901011.

GARCIA Chamizo, Juan, et al., 2016. *Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture.* España : Department of Computer Technology, University of Alicante, 2016. E-03080.

GUTIERREZ, Magda. 2019. *La calidad de la gestion municipal y la participacion ciudadana en la municipalidad del distrito de Viru, La libertad 2019.* Lima : s.n., 2019.

INDUSTRIES, Hunter. 2021. *HC Irrigation Controller Written Specifications.* México : s.n., 2021.

KAMIENSKI, Carlos, et al., 2019. *Smart Water Management Platform: IoT-Based Precision Irrigation for Agriculture.* Brasil : Global Internet of Things Summit (GloTS), 2019.

KASSING, Ruud, DE SHUTER, Bart y EDO, Abraham. 2020. *Optimal control for precision irrigation of a large-scale plantation.* Paises bajos : Water Resources research, 2020.

KONSTANTINOS, Arvanitis y ELENI, Symeonaki. 2020. *Agriculture 4.0: The role of innovative smart technologies towards sustainable farm management.* Atenas : The open agriculture journal, 2020. 1874-3315/20.

LAVERDE, Mena. 2016. *Sistema automatizado de riego por aspersion para el jardin ubicado en la parte lateral del bloque de aulas #2 de Uniandes Quevedo.* Ecuador : s.n., 2016.

LEVIDOW, Les, et al., 2014. *Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices.* Estados Unidos : Agricultural water management, 2014. 0378-3774.

LOPEZ Riquelme, J, et al., 2017. *A software architecture based on FIWARE cloud for PrecisionAgriculture Agriculture.* España : Agricultural Water Management, 2017. 0378-3774.

MARTINEZ, Daniel. 2020. *Agricultura 4.0: La robotica agricola y el futuro de la agricultura.* Madrid : Editorial Agricola, 2020.

OLIVEIRA Da silva, Alexsandro, et al., 2020. *Irrigation in the age of agriculture 4.0: management, monitoring and precision.* Ceará : Ciencia Agronomica, 2020. 18066690.

OTERO, Alfredo. 2018. *Formulacion de los objetivos de investigación.* España : s.n., 2018.

PAZ, Karim y TORRES, Mariela. 2015. *Metodos de recoleccion de datos para una investigación.* Guatemala : s.n., 2015.

PERALTA, Jose y SIMPFERDOPFER, Christian. 2001. *Riego por aspersion.* Carrillanca : s.n., 2001.

POZO Pérez, José Rubén. 2017. *Diseño de un sistema automatizado para riego por goteo en la empresa agroindustrial "Victoria de Girón" .* Santa Clara : Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas , 2017.

RAMON Fernandez, Francisca. 2020. *Inteligencia artificial y agricultura: Nuevos retos en el sector agrario.* Barreiras : Revista de direito agroambiental e teoria do direito, 2020. 2317-4056.

REA, Victor, MALDONADO, Cesar y VILLAO, Freddy. 2016. *Los sistemas de informacion para lograr un desarrollo competitivo en el sector agricola.* Ecuador : Ciencia unemi, 2016.

RESERVED, © 2021 DJI All Rights. 2021. *DJI.* Estados Unidos : s.n., 2021.

RIOS, Roger. 2017. *Metodología para la investigación y redaccion.* Málaga : SEJ 309, 2017. 9788417211233.

RODRIGUEZ Rodríguez, Redney, IZAGUIRRE Castellanos, Eduardo y POZO Pérez, José. 2017. *Design of automated drip irrigation system by using moisture wireless sensor network and agro-meteorological station.* Cuba : Ciencia, Tecnología y Sociedad. Perspectivas y Retos, 2017.

SALAZAR, Maria, ICAZA, Maria y ALEJO, Oscar. 2018. *La importancia de la etica en la investigación.* Guayaquil : s.n., 2018.

SEBASTIAN, Martha. 2020. *Desarrollo de la agricultura de presicion.* Madrid : s.n., 2020.

TAKAEZU, Bacil. 2018. *Diseño para la implementacion de un sistema de riego tecnificado en el campamento villa caujone.* Moquegua : s.n., 2018.

TANTALEAN, Odar y REYNALDO, Mario. 2016. *Tipología de las investigaciones juridicas.* Perú : s.n., 2016.

TAVERA, Karen, y otros. 2019. *La agricultura 4.0 un camino a la continuidad de nuestro conocimiento y modelos de siembra.* Colombia : s.n., 2019.

THU Thuy, Do Thi y XUAN Diem, Hoang. 2020. *Structural Changes of Agriculture in the CLMTV Countries and their Socio-Economic Impacts.* Bangkok : Bangkok Research Center,, 2020.

UMAÑA, Ernesto. 2020. *Agricultura e Industria 4.0.* Colombia : Aciem, 2020.

VARGAS, Marco y CORTEZ, Valeria. 2020. *Diseño e implementacion de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante iot en los cultivos urbanos de la fundacion mujeres empresarias marie poussepin.* Bogotá : s.n., 2020.

YNZUNZA, Carmen, et al., 2017. *El entorno de la industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras.* México : Conciencia Tecnológica, 2017. 1405-5597.

ZHAI, Zhaoyu, et al., 2020. *Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges.* Madrid : Computers and Electronics in Agriculture , 2020. 0168-1699.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 3: Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
Modelo de la agricultura 4.0 para el proceso de riego en una empresa Agrícola, Chiclayo 2021-	Problema General	Objetivo general	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel de investigación: Descriptiva propositiva Diseño: No experimental
	¿Cuáles son las características del modelo de la agricultura 4.0 del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021?	Describir el modelo de la agricultura 4.0 para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.	
	Problemas específicos	Objetivos específicos	
	¿Cuáles son las características del IoT del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021?	Describir las características del IoT para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.	
	¿Cuáles son las características de IA del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021?	Describir las características de la IA para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.	
¿Cuáles son las características de máquinas inteligentes y sistemas autónomos del proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021?	Describir las características de máquinas inteligentes y sistemas autónomos para el proceso de riego en una empresa agrícola, Chiclayo 2021.		

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

Tabla 4: Matriz de operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	ITEMS	ESCALA
AGRICULTURA 4.0	Concepto que permite la interconexión de maquinaria agrícola. El objetivo prioritario es lograr el máximo rendimiento de los cultivos, sin dañar el medio ambiente y brindar a los agricultores el máximo confort y seguridad.	(Internet de las cosas) lot	1,2,3,4	Ordinal
		Inteligencia Artificial	5,6,7,8	Ordinal
		Sistemas autónomos	9,10,11,12	Ordinal

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3

Tabla 5: Cuestionario

	PREGUNTAS	5	4	3	2	1
		TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	MEDIANAMENTE DE ACUERDO	EN DESACUERDO	TOTALMENTE EN DESACUERDO
	Variable 1: Agricultura 4.0					
	Dimensión: Internet de las cosas (IoT)					
1	¿Cree usted que la aplicación de IoT influiría en el proceso de riego por goteo en la empresa?					
2	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de costos?					
3	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de tiempo?					
4	¿Cree usted que la aplicación de IoT en el proceso de riego por goteo genere beneficios para la empresa?					
	Dimensión: Inteligencia artificial (IA)					
5	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial influiría en el proceso de riego por goteo de la empresa?					
6	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de costos?					
7	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de tiempo?					
8	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial en el proceso de riego por goteo genere beneficios para la empresa?					
	Dimensión: Maquinas inteligentes y sistemas autonomos (Robots)					
9	¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autonomos influiría en el proceso de riego por goteo en la empresa?					
10	¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autonomos ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de costos?					
11	¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autonomos ayude a optimizar el proceso de riego por goteo en la empresa en cuestión de tiempo?					
12	¿Cree usted que la aplicación de Maquinas inteligentes y sistemas autonomos en el proceso de riego por goteo genere beneficios para la empresa?					

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4

JUICIOS DE EXPERTOS

ITEMS	VARIABLE/DIMENSION	PERTINENCIA ¹		RELEVANCIA ²		CLARIDAD ³		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	Variable 1: Agricultura 4.0	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	Dimensión: Internet de las cosas (IoT)							
1	¿Cree usted que la aplicación de IoT influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		
2	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
3	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
4	¿Cree usted que la aplicación de IoT en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		
	Dimensión: Inteligencia artificial (IA)	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
5	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		
6	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
7	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
8	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		
	Dimensión: Máquinas inteligentes y sistemas autónomos (Robots)	SI	NO	SI	NO	SI	NO	

9	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		
10	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
11	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
12	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente_____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] o aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg/Ing.: Leonidas Benites Rodriguez. **DNI: 10614957** **Especialidad del validador:** Ingeniero Industrial

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante

	VARIABLE/DIMENSION	PERTINENCIA¹		RELEVANCIA²		CLARIDAD³		SUGERENCIAS
	Variable 1: Agricultura 4.0	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
ITEMS	Dimensión: Internet de las cosas (IoT)							
1	¿Cree usted que la aplicación de IoT influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		
2	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
3	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
4	¿Cree usted que la aplicación de IoT en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		
	Dimensión: Inteligencia artificial (IA)	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
5	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		
6	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
7	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
8	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		
	Dimensión: Máquinas inteligentes y sistemas autónomos (Robots)	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
9	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		

10	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
11	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
12	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

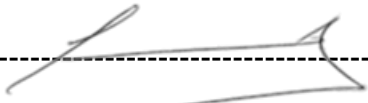
Apellidos y nombres del juez validador. Mg/Ing.: Ing. Lino Rodríguez Alegre **DNI:** 06535058

Especialidad del validador: Ingeniero Pesquero Tecnólogo

C1 ¹**Coherencia:** El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo

²**Relevancia:** El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



Firma del Experto Informante.

	VARIABLE/DIMENSION	PERTINENCIA ¹		RELEVANCIA ²		CLARIDAD ³		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	Variable 1: Agricultura 4.0	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
ITEMS	Dimensión: Internet de las cosas (IoT)							
1	¿Cree usted que la aplicación de IoT influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		
2	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
3	¿Cree usted que la aplicación de IoT ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
4	¿Cree usted que la aplicación de IoT en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		
	Dimensión: Inteligencia artificial (IA)	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
5	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		
6	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
7	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
8	¿Cree usted que la aplicación de Inteligencia Artificial en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		
	Dimensión: Máquinas inteligentes y sistemas autónomos (Robots)	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
9	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos influiría en el proceso de riego de la empresa?	x		x		x		

10	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de costos?	x		x		x		
11	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos ayude a optimizar el proceso de riego de la empresa en cuestión de tiempo?	x		x		x		
12	¿Cree usted que la aplicación de Máquinas inteligentes y sistemas autónomos en el proceso de riego genere beneficios para la empresa?	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Es pertinente

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg/Ing.: Ing. Franklin Guerrero Campos DNI: 33594072

Especialidad del validador: Ingeniero de Sistemas / Magister en Docencia Universitaria

¹**Coherencia:** El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo

²**Relevancia:** El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



Firma del Experto Informante.