

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MEJORA DEL PROCESO DE CULTIVOS
HIDROPÓNICOS MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN
PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LECHUGAS
Y FRESAS CAJAMARCA 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero industrial

Autores:

Richard Wenceslao Correa Spelucin

Pablo Chavez Leal

Asesor:

Mg. Ing. Wilson Alcides Gonzales Abanto

<https://orcid.org/0000-0002-6856-0739>

Cajamarca - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Elmer Aguilar Briones	18856045
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	Roger Samuel Silva Abanto	26600012
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Ana Rosa Mendoza Azañero	45512232
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Informe de Similitud



Página 2 of 94 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3032362453




14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Fuentes principales

- 14%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
523 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Dedicamos esta tesis a Dios quien nos ha dado la oportunidad de llegar hasta aquí y quien supo guiarnos por el buen camino, darnos fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándonos a afrontar las adversidades sin perder la calma ni desfallecer en el intento.

A nuestros padres cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido nuestra brújula que ha guiado cada paso en nuestra trayectoria académica la dedicación y valores han sido nuestro faro que ilumina nuestro camino, y este logro es tanto de ustedes como de nosotros.

A nuestra querida familia, quienes han compartido con nosotros alegrías y las adversidades en este trayecto. Su confianza en nosotros y su aliento constante han sido un recordatorio constante de que nunca estamos solos en este viaje.

A nosotros mismos quienes hemos compartido entusiasmo por la investigación y el intercambio de ideas. La colaboración ha enriquecido enormemente este trabajo, recordándonos siempre la importancia del trabajo en equipo y la diversidad de perspectivas.

Finalmente dedicamos esta tesis a nuestro asesor Wilson Alcides Gonzales Abanto, cuya sabiduría, orientación y dedicación han sido de gran apoyo para el desarrollo de este trabajo sin ello esto no hubiera sido posible.

Agradecimiento

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por permitirnos llegar hasta acá y siempre abrirnos el sendero del camino en medio de las dificultades, por darnos fortaleza, grandeza y serenidad que, ante todo, está presente en nosotros y hace posible cada paso que damos, dándonos seguridad en nuestro crecimiento personal y espiritual, y crecemos con él y en él.

Agradecemos sinceramente a nuestros padres, por su sacrificio, su ejemplo de trabajo arduo y su inquebrantable apoyo durante nuestra educación. Queremos expresar nuestra gratitud a la familia por su amor incondicional, su ánimo constante y su comprensión durante los momentos de estrés y dedicación intensa, su apoyo emocional ha sido nuestra fortaleza y motivación

Nos agradecemos a nosotros como compañeros de tesis, por la colaboración, el apoyo mutuo a lo largo de este proceso, las ideas, discusiones y críticas constructivas han sido de gran ayuda para la comprensión del tema y han contribuido significativamente al desarrollo de este trabajo.

Queremos agradecer a nuestro asesor de tesis Ing. Wilson Alcides Gonzáles Abanto, por su orientación, su paciencia y su apoyo a lo largo de este proceso, sus conocimientos, comentarios y sugerencias han sido importantes para dar forma a este trabajo, y para nuestro desarrollo como investigadores. Su dedicación y compromiso son invaluable y estaremos eternamente agradecidos por su ayuda.

Finalmente agradezco a los jurados del comité evaluador por su tiempo, sus comentarios constructivos y su disposición para revisar y evaluar este trabajo. Sus aportaciones han enriquecido enormemente el contenido y la calidad de esta tesis, y su

conocimiento ha sido una guía invaluable en el camino hacia la excelencia académica.

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Tabla de contenidos	7
Índice de tablas	8
Índice de Figuras	10
Resumen	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	17
CAPÍTULO III: RESULTADOS	23
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS	63
ANEXOS	73

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	18
Tabla 2. Instrumentos	19
Tabla 3. Humedad relativa	23
Tabla 4. Nivel de humedad.....	24
Tabla 5. Temperatura.....	25
Tabla 6. Nivel de temperatura	26
Tabla 7. Acidez.....	27
Tabla 8. Nivel de ph	28
Tabla 9. Total de sólidos disueltos	29
Tabla 10. Nivel de TDS.....	29
Tabla 11. Eficiencia.....	32
Tabla 12. Lechugas.....	32
Tabla 13. Fresas.....	33
Tabla 14. pH con automatización.....	34
Tabla 15. Nivel de ph	34
Tabla 16. Proceso de automatización	36
Tabla 17. Activación de las bombas.....	36
Tabla 18. Control de riego.....	37
Tabla 19. Entrada del agua	38

Tabla 20. PH y TDS	41
Tabla 21. Humedad sin y con automatización.....	42
Tabla 22. Nivel de humedad con automatización	42
Tabla 23. Temperatura sin y con automatización.....	43
Tabla 24. Nivel de temperatura con automatización	44
Tabla 25. TDS sin y con automatización.....	45
Tabla 26. Nivel de TDS con automatización.....	45
Tabla 27. Lechugas producción sin y con automatización.....	46

Índice de Figuras

Figura 1. Nivel de humedad.....	24
Figura 2. Nivel de temperatura	26
Figura 3. Nivel de ph.....	28
Figura 4. Nivel de TDS.....	29
Figura 5. Nivel de ph.....	35
Figura 6. Proceso de automatización.....	36
Figura 7. Activación de las bombas.....	37
Figura 8. Control de riego	38
Figura 9. Entrada del agua.....	38
Figura 10. PH y TDS	42
Figura 11. Nivel de humedad con automatización	43
Figura 12. Nivel de temperatura con automatización.....	45
Figura 13. TDS sin y con automatización	46
Figura 14. Nivel de TDS con automatización	46
Figura 15. Fresas producción sin y con automatización.....	48

Resumen

El presente trabajo acerca de la mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización para aumentar la producción de lechugas y fresas. Tuvo como objetivo general mejorar dicho proceso de cultivos, para ello se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso, donde se observó variabilidad en la humedad relativa, aunque otros factores como temperaturas, pH, TDS, eficiencia económica y productividad fueron favorables. La investigación fue aplicada, cuantitativa y explicativa, enfocada en la resolución de la baja productividad en cultivos hidropónicos en Cajamarca. Se utilizó un diseño pre-experimental, manipulando variables para analizar la relación entre la automatización y la productividad en 200 lechugas y 200 fresas de cultivo hidropónico en la ciudad. En los resultados se identificó la necesidad de mejorar la gestión en el cultivo de fresas. La automatización en la agricultura hidropónica mejoró indicadores financieros y promovió la innovación y sustentabilidad, reduciendo costos y mejorando la calidad de los productos. Por último, como conclusión se tuvo que la automatización en cultivos hidropónicos es clave para aumentar la producción, mejorando la gestión y precisión en la planificación del cultivo de fresas, y promoviendo la innovación, eficiencia y sostenibilidad en la producción de alimentos para asegurar la competitividad agrícola.

Palabras Clave: Automatización, Cultivos hidropónicos, Productividad

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La globalización y la apertura a nuevos mercados internacionales han logrado que los procesos de comercialización de alimentos sean cada vez más exigentes y saludables, uno de ellos es la hidroponía que permite cultivar y producir plantas sin emplear suelo, obteniendo hortalizas de excelente calidad y sanidad (Urdiales y Espín, 2018). Madruga *et al* (2019) afirma que la hidroponía alcanza rendimientos muy altos en la producción, pero para ser un sistema exitoso necesita de un control continuo que permita al productor verificar los parámetros involucrados en la producción de sus hortalizas. Sin embargo, los productores hidropónicos presentan problemas al verificar el estado de sus cultivos de forma continua, siendo este el principal problema que origina pérdidas de plantas en sus cultivos (Brina *et al.*, 2021).

Tanto en países europeos como americanos, las empresas dedicadas a los cultivos hidropónicos están cambiando el rumbo de sus sistemas al utilizar la automatización, lo cual permite el manejo inteligente de nutrientes y condiciones ambientales que resultan inmanejables en cultivos en tierra, logrando mayor producción y mejorando la calidad, sin embargo la preparación del personal a través de las capacitaciones se considera indispensables (Pérez *et al.*, 2016), ello conlleva a ejecutar acciones correctivas inmediatas, cuando una variable este fuera del rango deseado manteniendo el cultivo dentro del estado óptimo de crecimiento (Rojas *et al.*, 2017); incluso se desarrolló un algoritmo capaz de detectar la etapa de crecimiento de las plantas y seleccionar el tipo de luz más adecuado (Arévalo, 2018).

La automatización en hidroponía implica combinar las técnicas tradicionales hidropónicas y la innovación tecnológica automatizada, generando sistemas completamente ecológicos, automáticos y autosostenibles (Apaza y La Torre, 2017), en el cual se puede manejar todas las variables involucradas en los cultivos, lo cual permite disminuir la

intervención directa en el proceso de producción lo que quiere decir que se podrá producir productos de mejor calidad y a un menor costo (Carrillo *et al.*, 2012). Torres (2019) analizó un sistema de automatización de invernaderos para poder establecer en tiempo real el control de la bomba de agua recirculante, y cuatro electroválvulas, además permite controlar el tiempo de exposición de la solución nutritiva con las plantas.

Mena (2017) desarrolló un sistema de automatización hidropónica que mezcla agua con solución nutritiva mediante un sistema autónomo con precisión al llenar el tanque y verter la solución nutritiva con mayor eficiencia que los trabajadores, con ello las plantas crecieron sin deformaciones producidas por exceso o carencia de solución nutritiva; Zambrano y Behrentz (2014) analizaron un sistema automatizado para el manejo de la receta de nutrientes que permite el control por recirculación de variables químicas como pH, alcalinidad y niveles de fosfatos. Murcia y Chacón (2018) desarrollaron un sistema automático que cuenta con un invernadero en donde se realiza el control de las variables ambientales más importantes (Temperatura, humedad, CO_2 y luz) y un sistema de reutilización del agua utilizada durante el proceso.

Las técnicas de automatización de cultivos hidropónicos aprovechan al máximo el uso de agua, suelo, y fertilizantes, lo que proporciona un producto nutricional, amigable con medio ambiente y con la economía del campesino (Cajo, 2018); también destacan por la reducción en la aplicación de agroquímicos; optimizando espacios físicos requeridos (Preciado *et al.*, 2014). Las empresas dedicadas a la hidroponía pueden incrementar su productividad y calidad de las hortalizas producidas al implementar técnicas de automatización ofreciendo productos con características fisicoquímicas favorables para el consumo humano, en muchos casos se ha logrado la producción máxima de dichas empresas (De La Rosa *et al.*, 2017).

Entre los proyectos dedicados a diversas áreas agrícolas y metodológicas, destacan

también el cultivo de lechugas y fresas hidropónicas. Este cultivo requiere de un cuidadoso manejo de variables en su entorno, ya que éstas logran impactar en el crecimiento de las mismas, uno de los principales problemas del proyecto radica en la toma de pH, temperatura y humedad, ya que se realiza manualmente, haciendo que el trabajo demande una gran cantidad de tiempo y recursos. Estas variables que influyen en el crecimiento de la lechuga, son críticas para una buena productividad; y la toma de lectura de los mismos, demanda una cantidad de tiempo considerable ya que los equipos de hidroponía son independientes y deben controlarse por separado, es decir, se debe tomar la lectura de cada variable.

En los proyectos de hidroponía, se presentan algunos problemas de baja productividad y en muchos casos es por la falta de calidad ya que se presentan pérdidas de productos. Asimismo, se evidenció que cuentan con muy poca tecnificación; y se observó que no cuentan con sistemas electrónicos de supervisión y control. Se comprueba que en la mayoría de casos, los encargados de tomar las decisiones son personas con experiencia que dicen que ajustes se deben realizar. Con esta investigación se buscan opciones para aquellos que producen cultivos hidropónicos, mejorar su productividad y con ello incrementar la rentabilidad de las empresas.

El proceso de cultivos hidropónicos se refiere al proceso de cultivo de plantas en un entorno controlado, donde se suministran los nutrientes esenciales y el agua directamente a las raíces de las plantas, en lugar de depender del suelo como sustrato de crecimiento. Este método de producción se lleva a cabo en sistemas hidropónicos, que pueden variar en complejidad desde sistemas caseros hasta instalaciones comerciales de gran escala (Albuja et al., 2021).

Las técnicas de automatización es un conjunto de actividades donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Lo que produce mayor rapidez de ejecución, mejor regulación de los resultados y evita al hombre tareas penosas y repetitivas utilizando los indicadores de pH, temperatura del

ambiente y temperatura del agua. (Lübbert, 2016). La técnica de automatización abarca todos los procesos e instrumentos de trabajo que permiten el funcionamiento autónomo de instalaciones. Entre ellos se cuentan máquinas, aparatos, equipos y otros dispositivos, la intervención humana solo tiene lugar en una medida mínima (Merino, 2017). El objetivo de la automatización es mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma (Pérez y Tellez, 2020).

La producción implica la transformación de materias primas y recursos en productos finales mediante la utilización de mano de obra, maquinaria, tecnología y conocimientos especializados, incluyendo una serie de etapas que incluyen la planificación, la adquisición de materias primas, el proceso de fabricación, el control de calidad y la distribución del producto final (Camacho et al., 2023).

1.2 Formulación del problema

¿En qué medida la mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización aumenta la producción de lechugas y fresas?

1.3 Objetivos

Objetivo general

Mejorar el proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización para aumentar la producción de lechuga y fresas, Cajamarca 2023.

Objetivos específicos

Diagnosticar la situación actual del proceso de cultivos hidropónicos y de la producción de lechugas y fresas.

Mejorar el proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización que permita aumentar la producción de lechugas y fresas Cajamarca 2023.

Medir la producción de lechugas y fresas después de la mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización.

Realizar la evaluación económica de la mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización.

1.4 Hipótesis

La mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización aumenta significativamente la producción de Lechugas y Fresas.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Según el propósito: esta investigación fue aplicada, como lo explican Aguirre, Anaya, Laurencio y Casco (2013), las tesis aplicadas se enfocan en resolver los problemas que ocurren en un proyecto de cultivos hidropónicos; en esta investigación se va a enfocar en resolver el problema de baja productividad en cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

Según el Enfoque: la investigación fue cuantitativa, porque Guanipa (2011) indica que todas las tesis cuantitativas emplean procedimientos de medición; para la presente investigación se analizaron indicadores de productividad de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

Según el alcance: la investigación fue explicativa, tal como lo explica Rojas (2015) este tipo de investigación relaciona las variables de una tesis; para esta tesis se analizó la influencia entre las técnicas de automatización y la productividad de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

El diseño de la investigación es pre-experimental, Oblitas (2018) afirma que en este diseño se manipulan de manera parcial las variables de investigación. Para la presente investigación se manipuló la variable independiente técnicas de automatización para incrementar la variable dependiente que es la productividad.

Se considera como población a 200 lechugas y 200 fresas de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

Se considera a la muestra igual que la población, siendo una muestra censal, incluyéndose a 200 lechugas y 200 fresas de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables.

VARIABLES	Definición de variables	Dimensiones	Indicadores	Fórmula	Unidad de medida
Variable independiente: Proceso de cultivo hidropónicos	Conjunto de actividades donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, evaluando humedad relativa, temperatura y acidez (Apaza y La Torre, 2017).	Humedad relativa	Porcentaje de humedad	$\left(\frac{\text{Humedad absoluta}}{\text{Humedad máxima}} * 100\right)$	%
		Temperatura	Grados Celsius de Temperatura	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9$	o C
		Acidez	pH	$-\log([\text{H}^+])$	Escala numérica
		Eficiencia	Eficiencia Económica	ventas/costos	Soles
Variable dependiente: Producción	La producción se refiere al proceso de creación y fabricación de bienes y servicios para satisfacer las necesidades y demandas de los consumidores. (Chase y Jacobs, 2014).	Productividad	Productividad por área	$\frac{\text{producción}}{\text{m}^2 \text{ utilizado}}$	Unidades/operario
			Productividad por MO	$\frac{\text{Producción}}{\text{Cantidad de operarios}}$	
		Producción (Kg/ unidades)	Nivel de Productividad	$\frac{\text{und.producidas}}{\text{unid.planificadas}} * 100\%$	%

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 2. Instrumentos

DIMENSIONES	INDICADORES	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ANÁLISIS DE DATOS	APLICADO A:
Humedad relativa	Porcentaje de humedad	$\left(\frac{\text{Humedad absoluta}}{\text{Humedad máxima}}\right) * 100$	Observación	Ficha de observación	Estadística	Cultivo hidropónico
Temperatura	Grados Celsius de Temperatura	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9$	Observación	Ficha de observación	Estadística	Cultivo hidropónico
Acidez	pH	$-\log([\text{H}^+])$	Observación	Ficha de observación	Estadística	Cultivo hidropónico
Eficiencia	Eficiencia Económica	ventas/costos	Análisis documental	Guía de análisis documental	Estadística	Documentos- meses
Productividad	Productividad por área Productividad por MO	$\frac{\text{producción}}{\text{m}^2 \text{ utilizado}}$ $\frac{\text{Producción}}{\text{Cantidad de operarios}}$	Análisis documental	Guía de análisis documental	Estadística	Documentos- meses
Producción (Kg/ unidades)	Nivel de Productividad	$\frac{\text{und. producidas}}{\text{unid. planificadas}} * 100$	Análisis documental	Guía de análisis documental	Estadística	Documentos- meses

Técnica 1: Observación. Es una técnica que implica la recolección de datos a través de la observación directa y sistemática de eventos, comportamientos, situaciones o fenómenos en su entorno natural. Es una herramienta valiosa para recopilar información detallada y objetiva sobre eventos o condiciones específicas y se utiliza en diversas disciplinas científicas y campos de estudio.

Técnica 2: Análisis Documental. Implica la revisión, evaluación y extracción de información de documentos escritos, registros, archivos o cualquier otro tipo de material escrito o impreso. Se analizan minuciosamente estos documentos para identificar patrones, tendencias, relaciones o información relevante que sea pertinente para su investigación. Esta técnica se utiliza para comprender y sintetizar el contenido de los documentos, lo que puede incluir

Instrumentos:

Ficha de Observación: es un instrumento estructurado que se utilizarán para recopilar datos a través de la observación directa de las actividades y condiciones en el entorno de cultivo hidropónico. Contendrá campos específicos para registrar información detallada, como la fecha y hora de la observación, las condiciones ambientales (temperatura, humedad, acidez) y cualquier otro aspecto relevante que pueda influir en la productividad de las lechugas y fresas en el proyecto de cultivos hidropónicos en Cajamarca. Esta ficha permitirá una recopilación sistemática de datos que se utilizarán en el análisis del proyecto.

Guía de Análisis de Datos: es un instrumento diseñado para el procesamiento de información documental relacionada con el proyecto de cultivos hidropónicos en Cajamarca. Esta guía proporcionará una estructura y un conjunto de pasos para examinar documentos como informes técnicos, registros de cultivo, manuales de operación de sistemas automatizados y cualquier otro material escrito relevante. Se utilizará para identificar patrones, tendencias o información clave que pueda ayudar en la comprensión de la eficiencia económica, productividad por área y nivel de productividad.

Se empleará la estadística descriptiva como la inferencial, a través de tablas y gráficas correspondientes a cada objetivo detallado.

Para cumplir con el objetivo general, se realizarán las siguientes etapas de

procesamiento de datos:

Diagnóstico de la Situación Actual: En esta etapa, se recopilarán datos sobre la situación actual de la productividad y las técnicas empleadas en los cultivos hidropónicos de lechugas y fresas en el proyecto de Cajamarca. Se utilizará la técnica de observación para registrar las condiciones ambientales, como la temperatura, humedad y acidez, que pueden afectar la productividad. La ficha de observación será el instrumento utilizado.

Implementación de Técnicas de Automatización: Una vez recopilada la información sobre la situación actual, se procederá a la implementación de las técnicas de automatización. Durante esta etapa, se seguirá utilizando la observación para monitorear el funcionamiento de los sistemas automatizados. Se registrarán datos sobre la eficiencia de las máquinas y la calidad de los cultivos.

Medición de la Productividad Post-implementación: Después de implementar las técnicas de automatización, se medirá la productividad de los cultivos de lechugas y fresas. Se calculará la producción por área (m^2 utilizado) y se comparará con los datos previos a la implementación. Esto se realizará utilizando la técnica de observación y la ficha de observación.

Evaluación Económica y Financiera: Finalmente, se ejecutará una evaluación económica y financiera del diseño de las técnicas de automatización. Se recopilarán datos sobre los costos y las ventas, y se calculará la eficiencia económica. Los datos financieros se procesarán mediante el análisis documental, utilizando la guía de análisis de datos.

Se considerarán los siguientes aspectos:

Confidencialidad y Anonimato: Se garantiza la confidencialidad de la información recopilada. Se protegerá la privacidad de las personas involucradas. También, se indicará

claramente cómo se manejarán y almacenarán los datos.

Beneficencia: Considera cómo los resultados del estudio pueden beneficiar a la comunidad de cultivos hidropónicos y a la sociedad en general.

No Maleficencia: Evitar cualquier daño físico, emocional o económico a los participantes de tu estudio. Si se identifican posibles riesgos, se tomarán medidas para minimizarlos.

Para fortalecer aún más la integridad del estudio, se debe tener en cuenta la originalidad del trabajo, evitando cualquier forma de copia o plagio, y garantizando la adecuada cita de fuentes utilizando el formato APA 7. También es esencial resaltar el cumplimiento de las regulaciones ambientales, asegurando que los cultivos hidropónicos no solo produzcan alimentos seguros y de alta calidad, sino que también se realicen de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Diagnóstico de la situación actual del proceso de cultivos hidropónicos y de la producción de lechugas y fresas.

Proceso de cultivos hidropónicos

Humedad Relativa

La humedad relativa es una medida que expresa la cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con la cantidad máxima que podría contener a una temperatura específica. Se expresa como un porcentaje y se utiliza comúnmente para describir la sensación de "sequedad" o "humedad" en el aire. Cuando la humedad relativa es del 100%, el aire está saturado de vapor de agua y no puede contener más, lo que a menudo resulta en la formación de condensación o precipitación. Para medir la humedad relativa del aire, se utilizan instrumentos llamados higrómetros (Rolle, 2006).

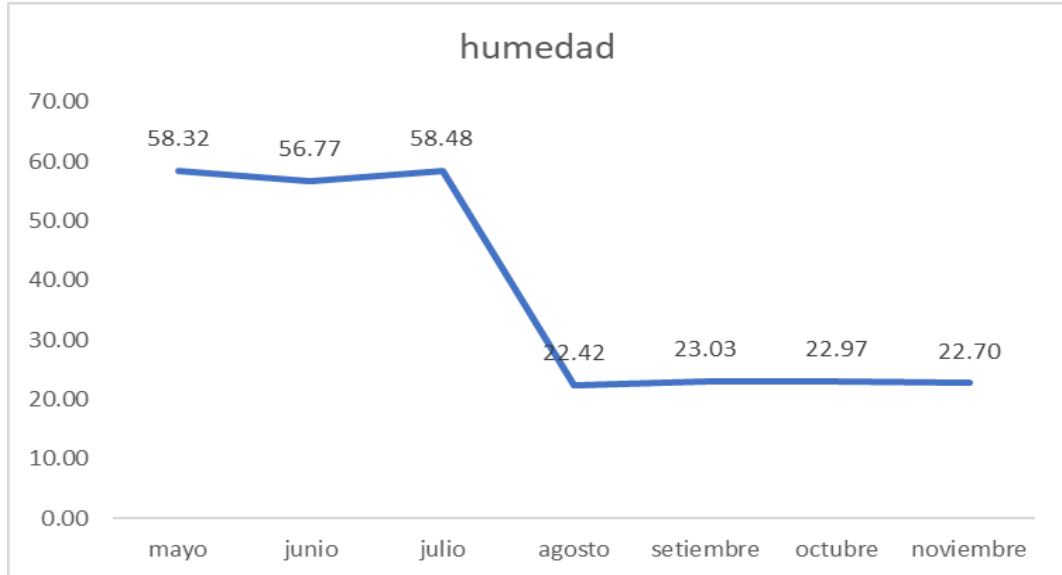
Los higrómetros son dispositivos diseñados específicamente para medir la cantidad de vapor de agua en el aire y expresarla como un porcentaje de la humedad relativa, la información total se encuentra en el anexo 7.

Tabla 3. *Humedad relativa*

Data mes	humedad
mayo	58.32
junio	56.77
julio	58.48
agosto	22.42
setiembre	23.03
octubre	22.97
noviembre	22.70

Nota: Esta tabla muestra el nivel de humedad de cada mes.

Tabla 4. *Nivel de humedad*



Nota: Esta figura grafica el nivel de decaimiento de la humedad a través de los meses.

Se observe una variación en los niveles de humedad relativa a lo largo de los meses. Los meses de mayo, junio y julio muestran valores más altos, mientras que agosto, septiembre, octubre y noviembre tienen valores significativamente más bajos. Los valores extremadamente bajos de humedad relativa en agosto, septiembre, octubre y noviembre podrían plantear desafíos para el cultivo hidropónico, ya que la humedad es crucial para el crecimiento saludable de las plantas.

Temperatura

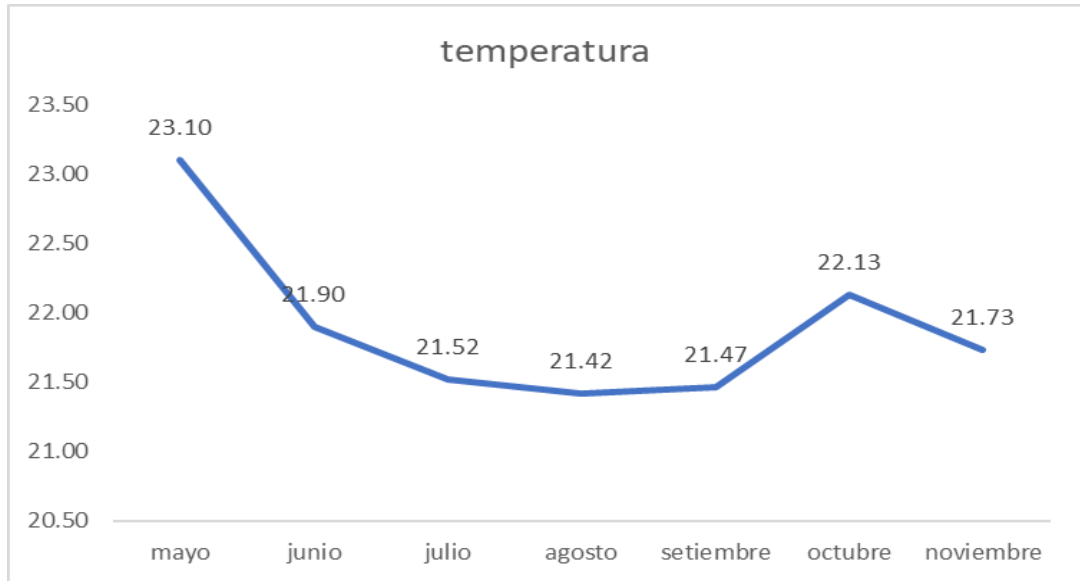
La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de las partículas en un sistema. En términos más simples, representa el grado de calor o frío de un objeto o sustancia. La temperatura se mide comúnmente en grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F) en el sistema métrico e imperial, respectivamente. Diversos instrumentos se utilizan para medir la temperatura, y algunos de ellos incluyen termómetros de mercurio, termómetros digitales, termopares, termorresistencias y pirómetros, cada uno adecuado para diferentes rangos de temperatura y aplicaciones específicas. La medición precisa de la temperatura es esencial en campos como la meteorología, la investigación científica, la industria, la climatización y muchos otros (Tambutti y Muñoz, 2000).

Tabla 5. *Temperatura*

Data mes	temperatura
mayo	23.10
junio	21.90
julio	21.52
agosto	21.42
setiembre	21.47
octubre	22.13
noviembre	21.73

Nota: La tabla muestra el nivel de temperatura de cada mes.

Tabla 6. Nivel de temperatura



Nota: La figura muestra como decae la temperatura a través del paso de los meses.

Se observa una variación en las temperaturas a lo largo de los meses. Los valores son relativamente constantes en torno a los bajos 20 grados Celsius, con ligeras fluctuaciones. Esta estabilidad es beneficiosa para el cultivo. Las temperaturas registradas están en un rango que generalmente es adecuado para el cultivo de lechugas y fresas. Esto está demostrado ya que a esa temperatura se promueve la actividad metabólica, la absorción de nutrientes, el desarrollo de clorofila y al mismo tiempo reducir el estrés térmico y el riesgo de enfermedades.

Acidez

La acidez es una propiedad química que describe la capacidad de una sustancia para actuar como un ácido. Los ácidos son sustancias que, cuando se disuelven en agua, liberan iones de hidrógeno (H^+). La medida de la acidez de una solución se expresa comúnmente mediante el concepto de pH. El agua pura tiene un pH de 7 y se considera neutra. Muchas sustancias cotidianas, como jugos cítricos, vinagre y ácido clorhídrico, son ácidas. La acidez es un concepto importante en química y biología, y la regulación

cuidadosa de la acidez es crucial para numerosos procesos biológicos y ambientales. Para medir el pH y, por lo tanto, determinar la acidez de una sustancia o solución, se utiliza un instrumento llamado pHmetro.

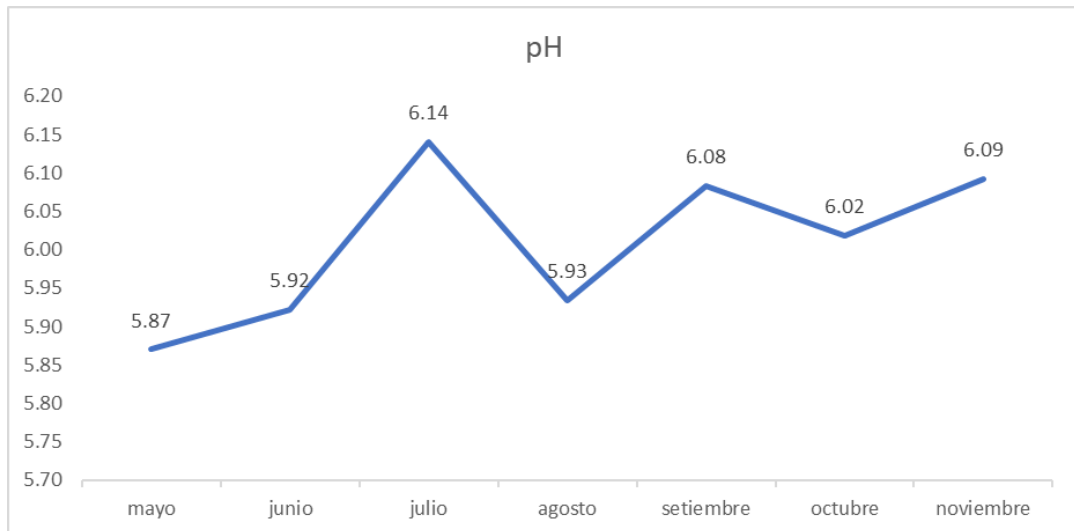
El pHmetro es un dispositivo preciso diseñado específicamente para medir la actividad de iones de hidrógeno en una solución. Consiste en un electrodo de vidrio especializado conectado a un medidor electrónico (A.A.P.P.A, 2003).

Tabla 7. *Acidez*

Data mes	pH
mayo	5.87
junio	5.92
julio	6.14
agosto	5.93
setiembre	6.08
octubre	6.02
noviembre	6.09

Nota: En la tabla se muestra el nivel de ph en relación a los meses.

Tabla 8. Nivel de ph



Nota: En la figura se muestra como varia el nivel de ph a través de los meses.

Se observa una variación ligera en los niveles de pH a lo largo de los meses, pero en general, los valores están dentro de un rango aceptable para el cultivo hidropónico. Los valores de pH registrados están mayoritariamente en el rango recomendado para el cultivo hidropónico, que generalmente se sitúa entre 5.5 y 6.5. Estos valores sugieren que la acidez del sistema está siendo monitoreada y ajustada de manera efectiva.

TDS

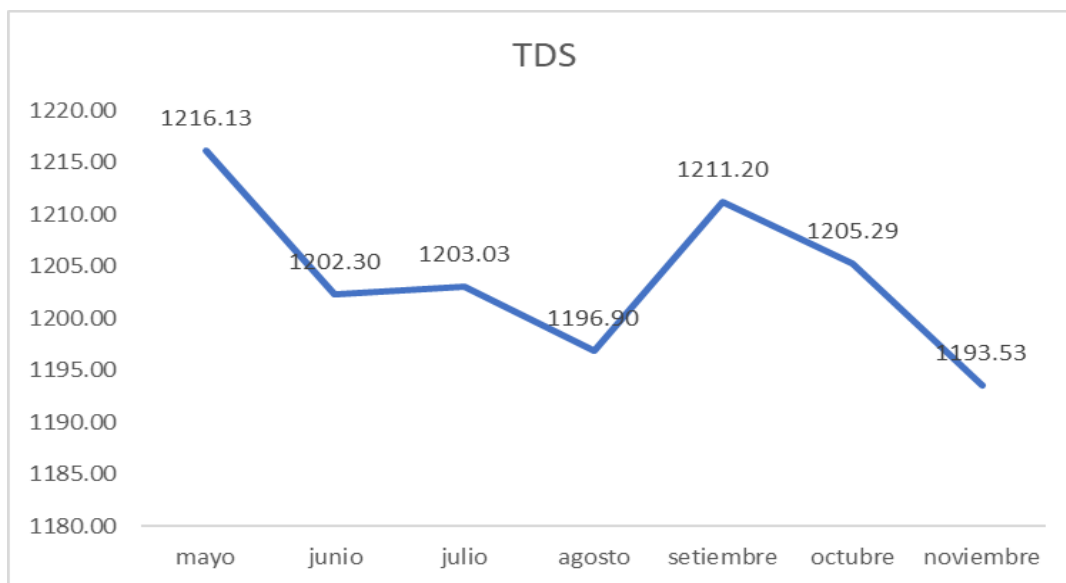
La TSD se refiere a la medida de la cantidad total de sólidos que están presentes en una muestra de agua después de que se han disuelto. Estos sólidos pueden incluir sales, minerales, iones y otras sustancias que están en forma disuelta en el agua. La medición de los TSD es importante en diversas aplicaciones, como el monitoreo de la calidad del agua, especialmente en contextos ambientales, industriales y de tratamiento de agua. La concentración de TSD se expresa típicamente en partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/L). (SEMARNAT, 2000).

Tabla 9. Total de sólidos disueltos

Data mes	TDS
mayo	1216.13
junio	1202.30
julio	1203.03
agosto	1196.90
setiembre	1211.20
octubre	1205.29
noviembre	1193.53

Nota: La tabla muestra el TDS en comparación con cada mes.

Tabla 10. Nivel de TDS



Nota: La figura muestra como varia el TDS en relación a cada mes.

Se observa cierta estabilidad en los niveles de TDS a lo largo de los meses. Las fluctuaciones son relativamente pequeñas, lo cual puede indicar un buen control en la

concentración de nutrientes en la solución hidropónica. Los valores de TDS están dentro del rango típico recomendado para el cultivo hidropónico. Estos valores sugieren que la concentración de nutrientes en la solución hidropónica se mantiene en niveles aceptables para el crecimiento de las plantas.

Producción

La producción es un aspecto vital tanto en la economía como en la sociedad en su conjunto. Se refiere al proceso de crear bienes tangibles o intangibles, así como servicios, con el propósito de satisfacer las necesidades y deseos de las personas. Este proceso implica la combinación y transformación de recursos como la mano de obra, el capital, los materiales y la tecnología, con el objetivo de generar productos o servicios útiles y valiosos para la sociedad. Desde una perspectiva macroeconómica, la producción desempeña un papel fundamental en el crecimiento económico, al impulsar la actividad económica, generar empleo y contribuir al desarrollo y bienestar de la comunidad. Además, implica agregar valor mediante la transformación de insumos en productos finales. Este valor agregado puede adoptar diversas formas, como mejorar la calidad, la innovación, la funcionalidad adicional o satisfacer necesidades específicas de los consumidores. La eficiencia en la producción es crucial para maximizar este valor agregado y mantener la competitividad en el mercado. La innovación tanto en los procesos de producción como en los productos en sí, juega un papel crucial en la creación de valor y en diferenciar a las empresas en un entorno competitivo (Zamora et al., 2019).

La producción implica además la gestión eficiente y sostenible de los recursos disponibles, como la mano de obra, las materias primas, el capital financiero y la tecnología. La optimización de estos recursos tiene como objetivo minimizar el desperdicio, reducir los costos y maximizar la productividad, lo que conduce a una

producción más rentable y sostenible a largo plazo. En un mundo donde la preservación del medio ambiente y el uso eficiente de los recursos son imperativos clave para el desarrollo económico y social, la implementación de prácticas de producción sostenible es cada vez más importante. Este enfoque también está relacionado con la capacidad de satisfacer la demanda del mercado en términos de cantidad, calidad y variedad de productos y servicios. Para lograr esto, es necesario planificar y coordinar la producción para asegurar que los bienes y servicios estén disponibles cuando y donde se necesiten, manteniendo un equilibrio entre la oferta y la demanda para evitar la escasez o el exceso de inventario. La capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda del mercado es fundamental para el éxito en la producción, lo que requiere una gestión ágil y flexible de los procesos de producción y la cadena de suministro (Hoof et al., 2018).

Eficiencia

La eficiencia se refiere a la capacidad de realizar una tarea o alcanzar un objetivo utilizando la menor cantidad posible de recursos, como tiempo, energía, dinero o esfuerzo. En términos generales, la eficiencia implica maximizar la producción o el rendimiento mientras se minimizan las pérdidas o el desperdicio. La eficiencia puede evaluarse en diversos contextos, ya sea en términos de eficiencia operativa en una empresa, eficiencia energética en un sistema, eficiencia en la realización de tareas cotidianas, entre otros. La eficiencia puede expresarse como un porcentaje, donde el 100% representa la máxima eficiencia posible. Mejorar la eficiencia es un objetivo común en muchas áreas para lograr un uso más efectivo y sostenible de los recursos disponibles (Santiesteban et al., 2020).

Tabla 11. Eficiencia

Mes	Lechugas (kg)	Fresas (kg)
Mayo	2.07	1.66
Junio	2.50	2.50
Julio	217	83.3
Agosto	66.7	57.1

Nota: La tabla muestra el porcentaje de las lechugas y las fresas a través de los meses.

Producción de lechugas y fresas

Tabla 12. Lechugas

			Año 1
Eficiencia	Eficiencia Económica	$ventas/costos$	2.07
Productividad	Productividad por área	$\frac{producción}{m^2\ utilizado}$	2.50
	Productividad por MO	$\frac{Producción}{Cantidad\ de\ operarios}$	217
Producción (Kg/ unidades)	Nivel de Productividad	$\frac{und.producidas}{unid.planificadas} * 100\%$	66.7%

Nota: La tabla muestra el porcentaje de las dimensiones en relación con la producción de lechugas.

En el transcurso de los meses tomados en cuenta para el cultivo de lechugas, se observa un desempeño económico positivo, evidenciado por una eficiencia económica de 2.07. Esto significa que, por cada unidad monetaria invertida, se generaron 1.07 unidades monetarias en ventas, indicando una rentabilidad favorable. En cuanto a la productividad, se destaca una elevada producción por área, alcanzando 2.50 unidades por metro cuadrado. Esta métrica sugiere un uso eficiente del espacio disponible para el cultivo.

Además, la productividad por mano de obra es notable, con una producción de 217 unidades por cada operario, indicando una eficiencia en la utilización de recursos humanos. A pesar de estos aspectos positivos, se logró identificar un nivel destacable de productividad del 66.7%.

Tabla 13. *Fresas*

			Año 1
Eficiencia	Eficiencia Económica	$ventas/costos$	1.66
Productividad	Productividad por área	$\frac{producción}{m^2\ utilizado}$	2.50
	Productividad por MO	$\frac{Producción}{Cantidad\ de\ operarios}$	83.3
Producción (Kg/ unidades)	Nivel de Productividad	$\frac{und.producidas}{unid.planificadas} * 100\%$	57.1%

Nota: La tabla muestra el porcentaje de las dimensiones en relación con la producción de fresas.

En el primer año de cultivo de fresas, se observan diferentes métricas que ofrecen una visión de la eficiencia, productividad y producción de este cultivo. En términos de eficiencia económica, la relación ventas/costos alcanza un valor de 1.66. Aunque este valor es menor que el observado en las lechugas, aún indica que, por cada unidad monetaria invertida, se generaron 1.66 unidades monetarias en ventas. La cantidad de fresas producidas por área es similar a la observada en lechugas, alcanzando 2.50 unidades por metro cuadrado.

Esto indica que el espacio para el cultivo de fresas se está utilizando de manera eficiente. Sin embargo, la cantidad de fresas producidas por mano de obra es mucho mayor, con una producción de 83.3 unidades por trabajador. Esto resalta una utilización muy eficiente de recursos humanos en comparación con las lechugas. La producción real

de fresas, en relación con la planificación, revela un nivel de productividad del 57.1%. Este porcentaje indica que la producción alcanzó aproximadamente el 57% de la cantidad planificada.

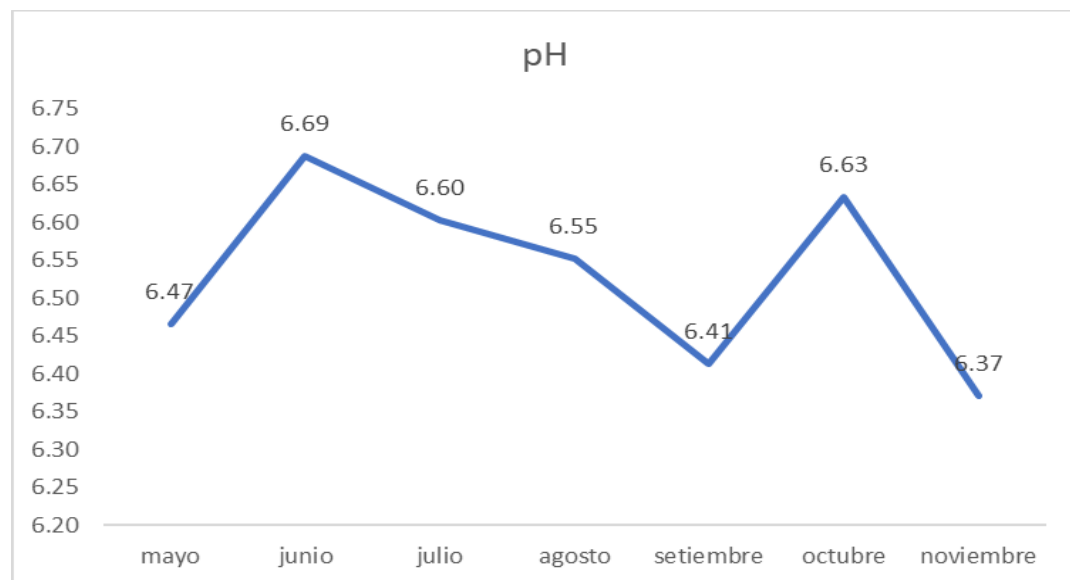
Mejorar el proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización que permita aumentar la producción de lechugas y fresas Cajamarca 2023.

Tabla 14. *pH con automatización*

Data mes	pH
mayo	6.47
junio	6.69
julio	6.60
agosto	6.55
setiembre	6.41
octubre	6.63
noviembre	6.37

Nota: La tabla muestra el nivel de ph en cada mes.

Tabla 15. *Nivel de ph*



Nota: La figura muestra el cambio de ph a través de los meses.

La variabilidad en los valores de pH a lo largo de los meses es relativamente baja, lo que sugiere cierta estabilidad en las condiciones de la solución hidropónica. Los valores se encuentran mayormente dentro de un rango aceptable para el cultivo hidropónico, generalmente entre 5.5 y 6.5. Esto es positivo, ya que un pH adecuado es esencial para la absorción eficiente de nutrientes por parte de las plantas.

Sistema de Automatización para Invernaderos

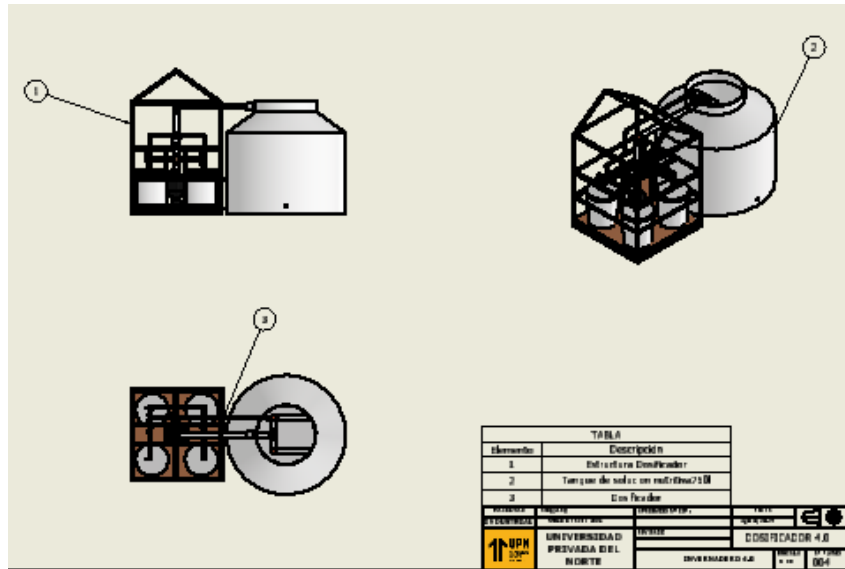
El sistema de automatización desarrollado para invernaderos tiene como objetivo mejorar la eficiencia de la fertilización y el riego, así como supervisar la temperatura y el pH dentro del invernadero para mantener un entorno óptimo para el desarrollo de las plantas. Sus elementos principales comprenden un dispensador de fertilizante, un sistema de riego automatizado, un controlador de temperatura, un medidor de electroconductividad (TDS) y un medidor de pH (Lozano, 2014).

El dispensador de fertilizante está compuesto por cuatro bombas sumergibles, cada una destinada a un tanque específico que contiene una mezcla especial de fertilizantes. Estas bombas están designadas de la siguiente manera: la Bomba 1 contiene nitrato de calcio, la Bomba 2 contiene nitrato y sulfato de potasio, la Bomba 3 contiene una solución de micronutrientes, y la Bomba 4 contiene nitrato de amonio y superfosfato de calcio (Lozano, 2014).

La activación de las bombas sigue una secuencia determinada de acuerdo con un programa establecido. Por ejemplo, a las 3 PM de cada lunes, el dispensador inicia la secuencia de activación de las bombas durante 2 minutos cada una, lo que resulta en la distribución de 4 litros de cada solución de fertilizante. Para asegurar una mezcla

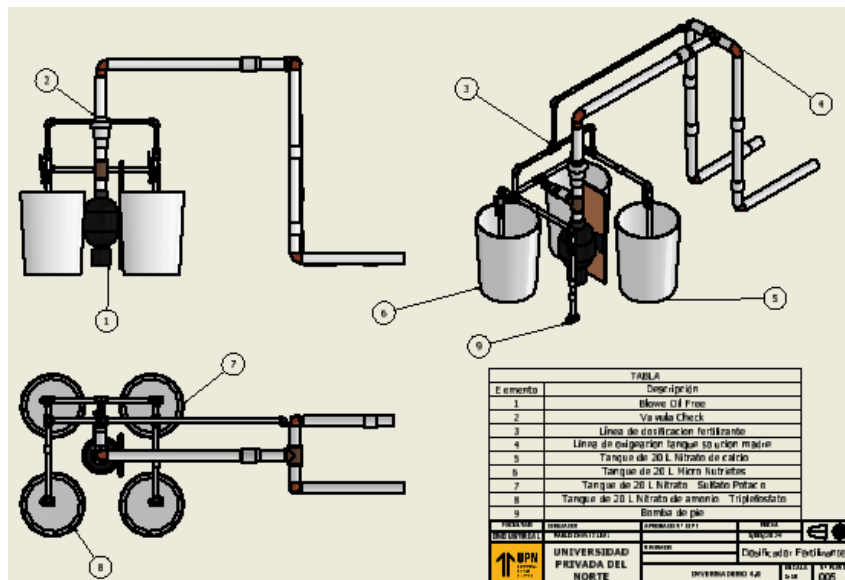
homogénea, se emplea un aireador que facilita la agitación de los fertilizantes en un tanque que contiene 750 litros de agua (Lozano, 2014).

Tabla 16. *Proceso de automatización*



Nota: La figura muestra todo el proceso de automatización.

Tabla 17. *Activación de las bombas*

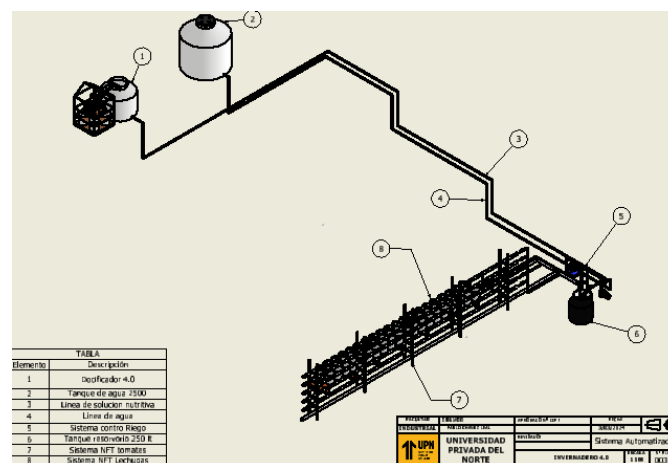


Nota: La figura muestra la activación de las bombas.

Funcionamiento del Sistema de Control de Riego:

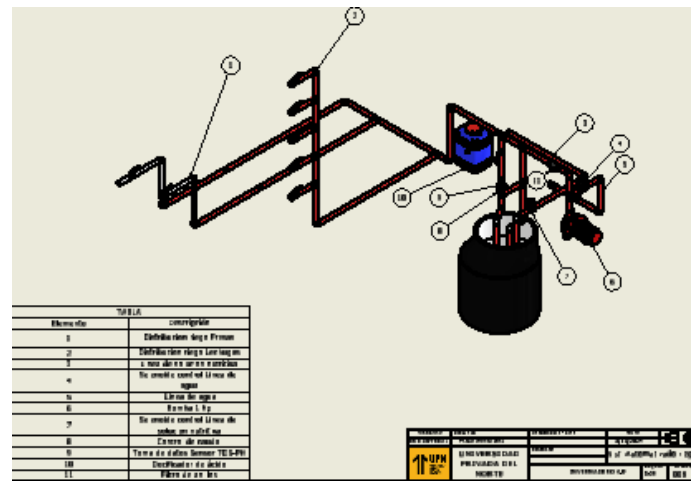
El sistema de control de riego se activa en función de los valores registrados por el sensor de electro conductividad (TDS). Si el valor detectado por el sensor es inferior a 900 ppm, se permite la entrada de agua con fertilizante desde el tanque del dosificador para incrementar la concentración. Por otro lado, si el valor detectado supera los 1600 ppm, se habilita la entrada de agua para diluir la concentración y prevenir una sobredosis de fertilizante. La regulación de la entrada de agua y agua con fertilizante se realiza mediante dos solenoides independientes (Ruiz y Molina, 2020).

Tabla 18. *Control de riego*



Nota: La figura muestra el sistema de control de riego

Tabla 19. *Entrada del agua*



Nota: La figura muestra la regulación de la entrada del agua

3.2.3 Funcionamiento del Controlador de Temperatura:

El controlador de temperatura opera de manera continua, monitoreando los niveles de temperatura dentro del invernadero. Cuando la temperatura excede los 30 grados centígrados, el controlador activa el sistema de riego durante 2 minutos para disminuir la temperatura, proporcionando aproximadamente 4 litros de agua. Esta acción se repite cada hora con el fin de prevenir posibles daños en los cultivos ocasionados por temperaturas elevadas (Ruiz y Molina, 2020).

Funcionamiento del Sensor de pH:

El sensor de pH se encarga de vigilar el nivel de pH en el agua de riego. En caso de que el pH detectado supere los 7.5, se añade ácido fosfórico para disminuir la concentración hasta alcanzar un pH de 5.5, que es el nivel óptimo para el crecimiento de las plantas (Ruiz y Molina, 2020).

Sensores Automatizados y Análisis de Datos:

Todos los sensores del sistema operan de forma automática y transmiten los datos recolectados a la nube para su almacenamiento y análisis posterior. También se incluye un sensor de consumo de energía eléctrica para supervisar y analizar los costos de producción, lo que facilita una administración más efectiva de los recursos (Massaccesi, 2014).

El sistema de automatización para invernaderos integra diversos componentes para asegurar un entorno óptimo para el crecimiento de las plantas, al mismo tiempo que recopila datos esenciales para su posterior análisis. La sincronización entre el dosificador de fertilizante, el sistema de control de riego, el controlador de temperatura y los sensores automatizados permite mantener condiciones ideales para maximizar la productividad y la salud de los cultivos en el invernadero, a la vez que se optimizan los recursos y se controlan los costos de producción (Massaccesi, 2014).

Funcionamiento del Sistema Tradicional para Invernaderos

El sistema convencional para invernaderos implica que todas las labores, desde la aplicación de fertilizantes hasta el riego y el control ambiental, son llevadas a cabo manualmente por el usuario, prescindiendo de la asistencia de dispositivos automatizados. Este método requiere la intervención directa del usuario en cada tarea, sin depender de sistemas automatizados para su ejecución. Sus elementos principales incluyen un tanque de fertilizante, un depósito de agua, un sistema de riego con temporizador operado manualmente, un controlador de temperatura ajustado manualmente y medidores manuales de pH y conductividad (TDS) (Moreno, 2017).

El tanque de fertilizante almacena las soluciones de nutrientes necesarias para las plantas, las cuales deben ser preparadas y añadidas al tanque según los requerimientos específicos de los cultivos. En cuanto al depósito de agua, el usuario debe llenarlo manualmente para mezclar los fertilizantes. Se sugiere que el tanque sea llenado con agua limpia antes de agregar las soluciones de fertilizantes según lo indicado (Moreno, 2017).

El sistema de riego, que cuenta con un temporizador operado manualmente, necesita que el usuario programe los tiempos de riego de acuerdo a las necesidades de las plantas. Por ejemplo, el riego puede ser programado para activarse durante 5 minutos por cada hora, desde las 7 de la mañana hasta las 6 de la tarde. Este enfoque manual en la gestión de las actividades en el invernadero puede resultar en una mayor carga de trabajo y menos precisión en comparación con sistemas automatizados (Moreno, 2017).

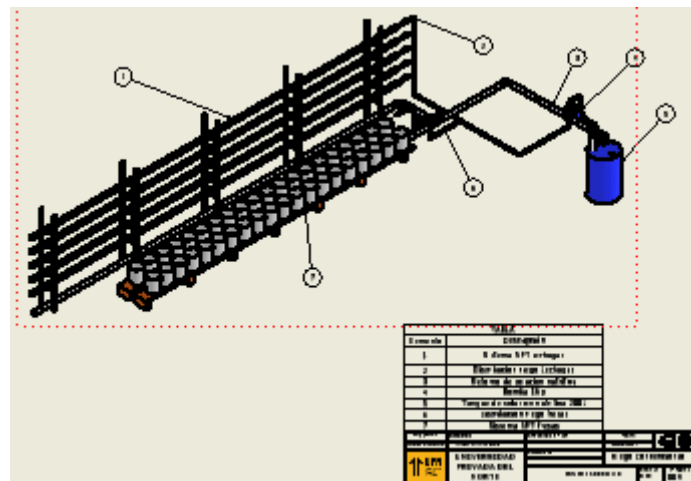
Control de Temperatura (Intervención Manual):

Para el control de temperatura, el usuario debe estar atento al monitoreo constante de los niveles de temperatura dentro del invernadero. Si la temperatura excede los valores deseados, se sugiere recurrir a métodos manuales para reducirla, como la ventilación del invernadero o la aplicación de técnicas como la apertura de ventanas o la utilización de sistemas de enfriamiento. Este enfoque requiere una supervisión activa por parte del usuario para mantener las condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento de las plantas (Ruiz y Molina, 2020).

Medición del pH y TDS (Monitoreo Manual):

La medición del pH y la conductividad (TDS) en el agua de riego se lleva a cabo manualmente por parte del usuario utilizando los medidores correspondientes. Se sugiere realizar estas mediciones de manera semanal para garantizar que los niveles sean óptimos para el desarrollo adecuado de las plantas. Este proceso requiere la atención periódica del usuario para asegurar que las condiciones del agua de riego sean favorables para el crecimiento saludable de los cultivos en el invernadero (Ruiz y Molina, 2020).

Tabla 20. PH y TDS



Nota: La figura muestra la medición del pH y TDS

Resultados después de la mejora

Proceso de cultivos hidropónicos

Tras la creación e instalación del sistema de automatización, se dividieron en dos grupos los cultivos hidropónicos: uno que no contaba con automatización, lo que significa que no había intervención por parte del sistema; mientras que el otro grupo experimentaba

una intervención automática y una respuesta basada en los datos obtenidos. Para esto, se llevaron a cabo mediciones utilizando sensores para recabar la información necesaria.

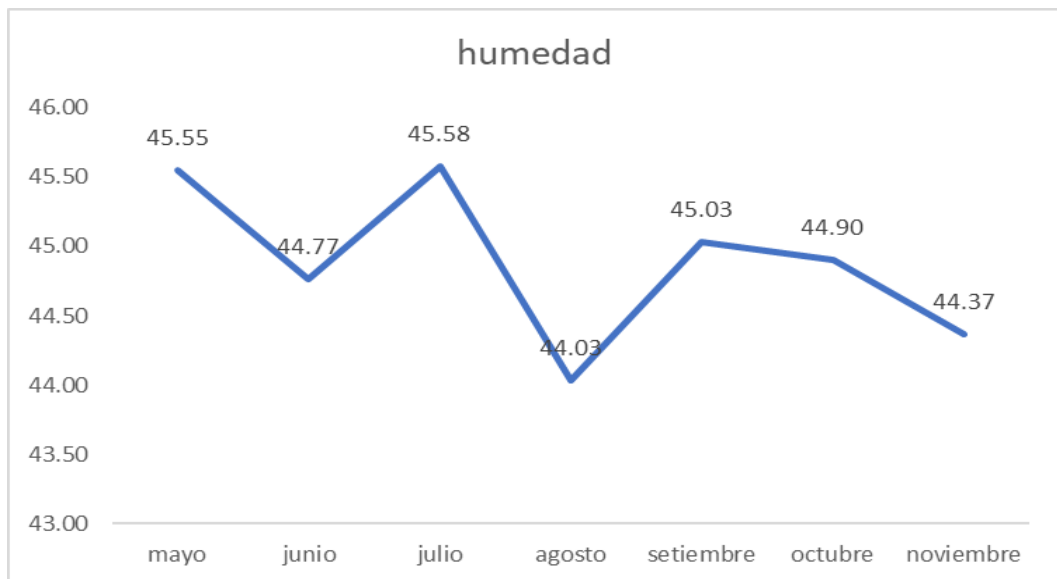
Humedad relativa

Tabla 21. *Humedad sin y con automatización*

Sin automatización		Con automatización	
Data mes	humedad	Data mes	humedad
mayo	58.32	mayo	45.55
junio	56.77	junio	44.77
julio	58.48	julio	45.58
agosto	22.42	agosto	44.03
setiembre	23.03	setiembre	45.03
octubre	22.97	octubre	44.90
noviembre	22.70	noviembre	44.37
Promedio	37.81	Promedio	52.04

Nota: La tabla muestra el nivel de humedad sin y con automatización en relación a cada mes.

Tabla 22. *Nivel de humedad con automatización*



Nota: La figura muestra el cambio del nivel de humedad con el paso de los meses.

Los datos de humedad relativa registrados durante los meses de mayo a noviembre proporcionan una visión de las condiciones ambientales clave para el cultivo hidropónico de lechugas y fresas en Cajamarca. En términos generales, se observa una relativa estabilidad en los niveles de humedad, con variaciones modestas que oscilan entre el 44.03% registrado en agosto y el 45.58% en julio.

Estos valores se encuentran dentro de los rangos típicos aceptables para el cultivo hidropónico, sugiriendo un entorno propicio para el desarrollo saludable de las plantas (Ruiz y Molina, 2020).

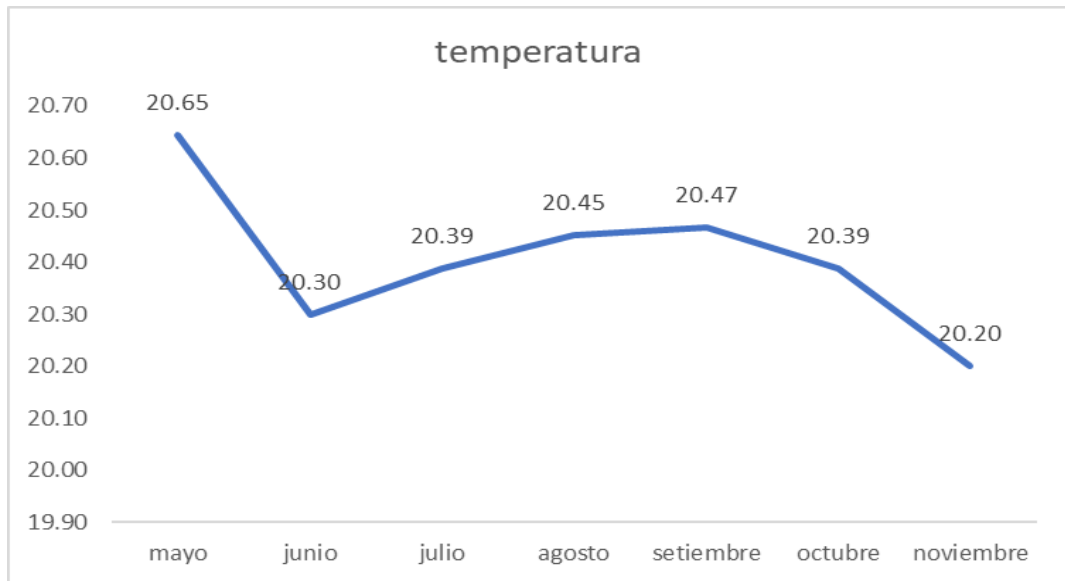
Temperatura

Tabla 23. *Temperatura sin y con automatización*

Sin automatización		Con automatización	
Data mes	Temperatura	Data mes	Temperatura
mayo	23.10	mayo	20.65
junio	21.90	junio	20.30
julio	21.52	julio	20.39
agosto	21.42	agosto	20.45
setiembre	21.47	setiembre	20.47
octubre	22.13	octubre	20.39
noviembre	21.73	noviembre	20.20
Promedio	21.89	Promedio	20.41

Nota: La tabla muestra el nivel de temperatura sin y con automatización en relación a cada mes.

Tabla 24. Nivel de temperatura con automatización



Nota: La figura muestra cómo cambia el nivel de temperatura a través de los meses.

Los registros de temperatura para los meses de mayo a noviembre revelan un escenario de estabilidad en las condiciones ambientales durante el período de cultivo hidropónico de lechugas y fresas en Cajamarca. Los valores oscilan en un estrecho rango, desde 20.20°C en noviembre hasta 20.65°C en mayo, indicando una consistencia térmica que favorece el desarrollo saludable de las plantas.

Esta estabilidad en la temperatura, dentro de los límites aceptables para el cultivo hidropónico, proporciona un ambiente propicio para el crecimiento de lechugas y fresas. Estos límites vendrían a ser la temperatura del aire y del agua (Ruiz y Molina, 2020).

La variación mínima a lo largo de los meses sugiere que el impacto directo en el crecimiento de las plantas puede ser limitado, aunque es esencial considerar cualquier interacción con otros factores ambientales.

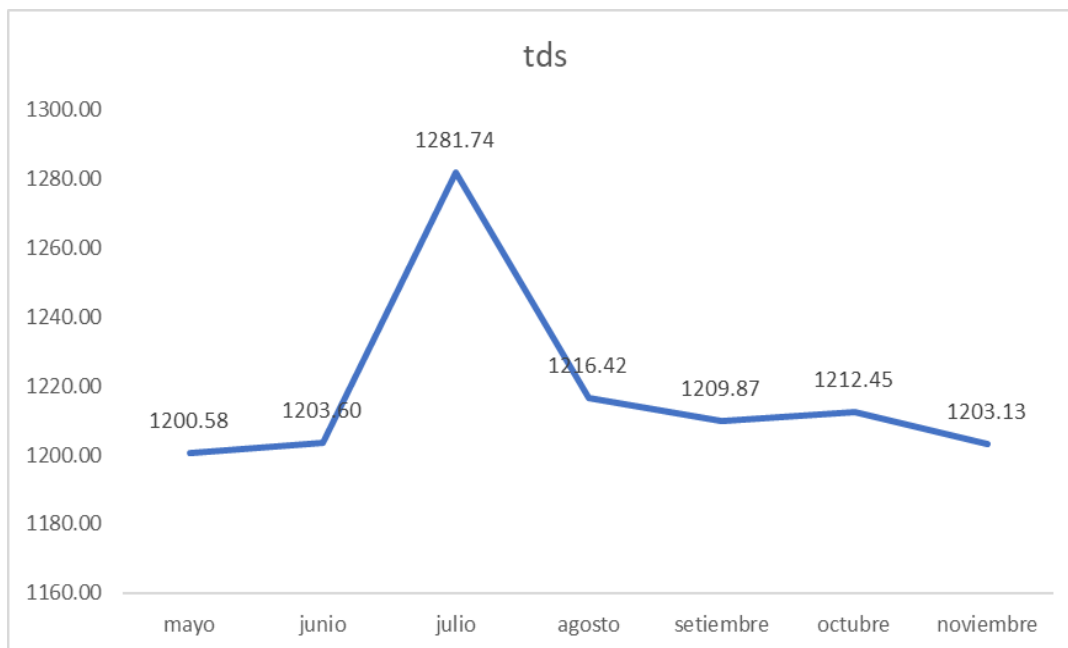
TDS

Tabla 25. *TDS sin y con automatización*

Sin automatización		Con automatización	
Data mes	TDS	Data mes	TDS
mayo	1216.13	mayo	1200.58
junio	1202.30	junio	1203.60
julio	1203.03	julio	1281.74
agosto	1196.90	agosto	1216.42
setiembre	1211.20	setiembre	1209.87
octubre	1205.29	octubre	1212.45
noviembre	1193.53	noviembre	1203.13
Promedio	1205.48	Promedio	1202.54

Nota: La tabla muestra el nivel de TDS en relación a cada mes.

Tabla 26. *Nivel de TDS con automatización*



Nota: La figura muestra el cambio de TDS a través de los meses.

Los datos de TDS (Total de Sólidos Disueltos) proporcionados para los meses de mayo a noviembre ofrecen una visión de la concentración de nutrientes en la solución hidropónica utilizada en el cultivo de lechugas y fresas en Cajamarca.

En términos generales, se observa una estabilidad en los niveles de TDS, indicando que la concentración de nutrientes ha sido relativamente constante a lo largo del periodo evaluado (Massaccesi, 2014).

Esta consistencia es esencial para garantizar un suministro adecuado de nutrientes a las plantas y, por ende, un crecimiento saludable. Sin embargo, se destaca un aumento significativo en los niveles de TDS en el mes de julio, pasando de 1203.60 ppm en junio a 1281.74 ppm. Esta variación podría deberse a diversos factores, como ajustes en la formulación de la solución nutritiva o condiciones ambientales específicas. Existen razones detrás de esta fluctuación la cual es valiosa para ajustar y optimizar las prácticas de cultivo. Estas son monitorear las condiciones ambientales, revisar los registros de gestión del sistema hidropónico y realizar pruebas adicionales en la solución nutritiva y las plantas. Este análisis garantiza un suministro adecuado de nutrientes y un crecimiento saludable de las plantas.

Producción

– Medir la producción de lechugas y fresas después de la mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización.

Tabla 27. *Lechugas producción sin y con automatización*

			Sin automatización	Con automatización
			n	
			Año 1	Año 1
Eficiencia	Eficiencia Económica	<i>ventas/costos</i>	2.07	2.22

Productividad	Productividad por área	$\frac{\text{producción}}{\text{m}^2 \text{ utilizado}}$	2.50	3.47
	Productividad por MO	$\frac{\text{Producción}}{\text{Cantidad de operario}}$	217	312
Producción (Kg/ unidades)	Nivel de Productividad	$\frac{\text{und.producidas}}{\text{unid.planificadas}} \times 100\%$	66.7%	83.3%

Nota: La tabla muestra el porcentaje que se da en cada mes con relación a las dimensiones y la producción de lechugas.

La eficiencia económica experimentó una mejora sustancial, alcanzando un prometedor valor de 2.22, indicando un rendimiento financiero positivo al comparar las ventas con los costos. La productividad por área también exhibió un notable incremento, alcanzando 3.47 unidades por metro cuadrado. Este indicador refleja una utilización más eficiente del espacio disponible para el cultivo, señalando una optimización en la distribución de recursos y espacio. Asimismo, la productividad por mano de obra mejoró al registrar una producción de 312 unidades por operario, indicando una mayor eficiencia en la utilización de recursos humanos gracias a la implementación de la automatización. El nivel de productividad, expresado como el porcentaje de unidades producidas en relación con las planificadas, alcanzó un alentador 83.3%.

Tabla 15. *Fresas producción sin y con automatización*

			Sin automatización	Con automatización
			Año 1	Año 1
Eficiencia	Eficiencia Económica	$\frac{\text{ventas}}{\text{costos}}$	1.66	2.77

Productividad	Productividad por área	$\frac{\text{producción}}{\text{m}^2 \text{ utilizado}}$	2.50	2.78
	Productividad por MO	$\frac{\text{Producción}}{\text{Cantidad de operario}}$	83.3	116.7
Producción (Kg/ unidades)	Nivel de Productividad	$\frac{\text{und. producidas}}{\text{unid. planificadas}} * 100\%$	57.1%	80%

Nota: La tabla muestra el nivel de porcentaje con relación a las dimensiones y la producción de fresas.

Tras la implementación de mejoras mediante la automatización en el proceso de cultivos hidropónicos de fresas en el primer año, se ha observado un impacto positivo en la eficiencia y productividad. La eficiencia económica ha experimentado una mejora moderada, alcanzando un valor de 2.77, lo que sugiere un rendimiento financiero positivo al comparar las ventas con los costos. Este indicador, aunque más modesto que en el caso de las lechugas, apunta a una gestión más eficiente de los recursos financieros. En cuanto a la productividad, se han registrado avances notables. La productividad por área ha aumentado a 2.78 unidades por metro cuadrado, indicando una utilización más eficiente del espacio para el cultivo de fresas. Asimismo, la productividad por mano de obra ha experimentado un significativo incremento, alcanzando 116.7 unidades por operario. Estos resultados sugieren que la automatización ha optimizado la distribución de recursos y ha mejorado la eficiencia en el manejo de la fuerza laboral. El nivel de productividad, expresado como el porcentaje de unidades producidas en relación con las planificadas, alcanzó un sólido 80%.

Evaluación económica

Este punto de evaluación económica es crucial para determinar la viabilidad de mejorar el proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización. Al detallar las inversiones requeridas, los gastos asociados, y los ahorros anticipados, se puede proyectar con mayor precisión el flujo de caja y evaluar el impacto económico a corto y largo plazo. La inversión inicial en tecnología y equipos será contrarrestada por ahorros operativos a largo plazo, incluyendo reducción de costos laborales, optimización de recursos y mejora en la eficiencia del proceso, lo que resulta en una evaluación más completa de la rentabilidad de la automatización en los cultivos hidropónicos.

Tabla 16. Inversiones

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO		MONTOS	CULTIVO LECHUGA	CULTIVO FRESA	TOTAL
ACTIVO FIJO								
Invernadero de 72 m2	Presupuesto	1.00	S/ 6,100.00	S/ 6,100.00	S/ 6,100.00	S/ 6,100.00	S/ 6,100.00	S/ 6,100.00
Sistema de control invernadero/riego tubería de 3"	Presupuesto	1.00	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
Arena gruesa	Presupuesto	53.00	S/ 20.00	S/ 240.00	S/ 1,060.00	S/ 0.00	S/ 1,060.00	S/ 1,060.00
Piso	Presupuesto	5.00	S/ 60.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00
Mochila Aspensor	Presupuesto	1.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00
Baldes de 20 Lts	Presupuesto	1.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00
Sistema dosificador inteligente online	Presupuesto	200	S/ 4.00	S/ 800.00	S/ 0.00	S/ 800.00	S/ 800.00	S/ 800.00
Fertilizante Hidrosoluble	Presupuesto	1.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
Iluminación	Presupuesto	20.00	S/ 30.00	S/ 600.00	S/ 600.00	S/ 600.00	S/ 600.00	S/ 600.00
	Presupuesto	1.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00

Modem	Presupuesto	1.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00
Báscula de precisión	Presupuesto	1.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00
Báscula electrónica	Presupuesto	1.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00
Tanque agua	Presupuesto	1.00	S/ 750.00	S/ 750.00	S/ 750.00	S/ 750.00	S/ 750.00
Herramientas jardinería	Presupuesto	1.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00
Motobomba N2	Presupuesto	1.00	S/ 150.00	S/ 150.00	S/ 150.00	S/ 150.00	S/ 150.00
Semillero	Presupuesto	1.00	S/ 103.00	S/ 103.00	S/ 103.00	S/ 103.00	S/ 103.00
Tds y Ec meter Anna	Presupuesto	1.00	S/ 980.00	S/ 980.00	S/ 980.00	S/ 980.00	S/ 980.00
ACTIVO DIFERIDO							
ASISTENCIA TÉCNICA	Presupuesto	-	S/ 3,000.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
CAPITAL DE TRABAJO							
Materia prima	presupuesto	1.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00
Mano de obra	Presupuesto	1.00	S/ 250.00	S/ 250.00	S/ 250.00	S/ 250.00	S/ 250.00
Servicios y otros	Presupuesto	1.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00
TOTAL				S/ 20,573.00	S/ 19,773.00	S/ 19,513.00	S/ 20,573.00

Nota. La tabla muestra una serie de ítems donde se detalla las diferentes inversiones a tener para el proyecto.

La tabla proporcionada muestra los costos asociados con diferentes elementos para un proyecto, como invernadero, sistema de control de riego, tuberías, arena, piso, mochila de aspersión, sistema dosificador inteligente, fertilizante foliar orgánico, iluminación, modem, básculas de precisión, tanque de agua, herramientas de jardinería,

motobomba, semillero, medidor de Tds y Ec Anna, asistencia técnica, materia prima, mano de obra y otros servicios. El total de costos asciende a S/ 20,573.00.

Tabla 17. Costos para cultivo de lechugas y fresas.

COSTOS DEL PROYECTO	COSTOS	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
CONCEPTO	/MES	S/ 1.00	S/ 2.00	S/ 3.00	S/ 4.00	S/ 5.00
Administrador	S/ S/ 150.00	S/ 1,800.00	S/ 1,890.00	S/ 1,984.50	S/ 2,083.73	S/ 2,187.91
Mantenimiento de construcciones	S/ 80.00	S/ 960.00	S/ 1,008.00	S/ 1,058.40	S/ 1,111.32	S/ 1,166.89
Mantenimiento de equipo	S/ 120.00	S/ 1,440.00	S/ 1,512.00	S/ 1,587.60	S/ 1,666.98	S/ 1,750.33
Energía eléctrica	S/ 30.00	S/ 360.00	S/ 378.00	S/ 396.90	S/ 416.75	S/ 437.58
Agua	S/ 10.00	S/ 120.00	S/ 126.00	S/ 132.30	S/ 138.92	S/ 145.86
Internet	S/ 60.00	S/ 720.00	S/ 756.00	S/ 793.80	S/ 833.49	S/ 875.16
Control de plagas y enfermedades	S/ 10.00	S/ 120.00	S/ 126.00	S/ 132.30	S/ 138.92	S/ 145.86
Charolas de 200 cav para almacigo	S/ 3.33	S/ 39.96	S/ 41.96	S/ 44.06	S/ 46.26	S/ 48.57
mantenimiento eléctrico	S/ 35.00	S/ 420.00	S/ 441.00	S/ 463.05	S/ 486.20	S/ 510.51
Fertilizantes hidrosolubles	S/ 25.00	S/ 300.00	S/ 315.00	S/ 330.75	S/ 347.29	S/ 364.65
Mano de obra (tutorio, deschuponeo)	S/ 30.00	S/ 360.00	S/ 378.00	S/ 396.90	S/ 416.75	S/ 437.58
TOTAL		S/ 6,639.96	S/ 6,971.96	S/ 7,320.56	S/ 7,686.58	S/ 8,070.91

Nota. La tabla muestra la lista de costos a tener y el gasto anual que este tiene.

Los costos del proyecto por mes en los primeros cinco años incluyen mantenimiento de construcciones y equipos, energía eléctrica, agua, internet, control de plagas, charolas para almacigo, mantenimiento eléctrico, preparación de sistemas hidropónicos y mano de obra. Estos costos varían cada mes y suman un total de S/ 6,639.96, S/ 6,971.96, S/ 7,320.56, S/ 7,686.58, y S/ 8,070.91 para cada año respectivamente.

Tabla 18. Evaluación económica de Lechugas

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA (1+t)- n	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS	FLUJO ACTUALIZADOS
AÑO 0	S/ 0.00	S/ 19,773.00	-S/ 19,773.00	1	S/ 0.00	S/ 19,773.00	-S/ 19,773.00
AÑO 1	S/ 14,400.00	S/ 6,639.96	S/ 7,760.04	0.95	S/ 13,680.00	S/ 6,307.96	-S/ 12,400.96
AÑO 2	S/ 15,120.00	S/ 6,971.96	S/ 8,148.04	0.91	S/ 13,759.20	S/ 6,344.48	-S/ 4,986.24
AÑO 3	S/ 15,876.00	S/ 7,320.56	S/ 8,555.44	0.86	S/ 13,653.36	S/ 6,295.68	S/ 2,371.44
AÑO 4	S/ 16,669.80	S/ 7,686.58	S/ 8,983.22	0.82	S/ 13,669.24	S/ 6,303.00	S/ 9,737.68
AÑO 5	S/ 17,503.29	S/ 8,070.91	S/ 9,432.38	0.78	S/ 13,652.57	S/ 6,295.31	S/ 17,094.93
TOTAL	S/ 79,569.09	S/ 56,462.97	S/ 23,106.12	-	S/ 68,414.36	S/ 51,319.43	-

Nota: La tabla muestra toda la evaluación económica de lechugas donde se puede observar los ingresos, costos, flujos, entre otros.

Tabla 19. VAN, TIR, IR lechugas

VAN	S/ 17,094.93
TIR	31.51%
IR	1.86

Nota: La tabla muestra los valores del VAN, TIR, IR.

El análisis financiero del proyecto muestra una inversión inicial significativa en el año cero, con un egreso de S/ 19,773.00. Sin embargo, a partir del año uno, se observa un flujo positivo de efectivo debido a ingresos que superan los costos operativos. Este flujo de efectivo positivo se refleja en los ingresos netos actualizados, los cuales, al considerar una tasa de descuento, suman un total de S/ 68,414.36 para los cinco años evaluados. Por otro lado, los egresos actualizados totalizan S/ 51,319.43 en el mismo período, lo que indica una tendencia positiva en la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

En resumen, aunque el proyecto requiere una inversión inicial considerable, los ingresos generados a partir del segundo año compensan estos costos y contribuyen a un flujo de efectivo positivo y una rentabilidad global satisfactoria según la tasa de descuento aplicada.

Tabla 20. Evaluación económica de Fresas

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA $(1+t)^n$	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS	FLUJO ACTUALIZADOS
AÑO 0	S/ 0.00	S/ 19,513.00	-S/ 19,513.00	1	S/ 0.00	S/ 19,513.00	-S/ 19,513.00
AÑO 1	S/ 15,000.00	S/ 6,639.96	S/ 8,360.04	0.95	S/ 14,250.00	S/ 6,307.96	-S/ 11,570.96
AÑO 2	S/ 15,750.00	S/ 6,971.96	S/ 8,778.04	0.91	S/ 14,332.50	S/ 6,344.48	-S/ 3,582.94
AÑO 3	S/ 16,537.50	S/ 7,320.56	S/ 9,216.94	0.86	S/ 14,222.25	S/ 6,295.68	S/ 4,343.63
AÑO 4	S/ 17,364.38	S/ 7,686.58	S/ 9,677.79	0.82	S/ 14,238.79	S/ 6,303.00	S/ 12,279.42
AÑO 5	S/ 18,232.59	S/ 8,070.91	S/ 10,161.68	0.78	S/ 14,221.42	S/ 6,295.31	S/ 20,205.53
TOTAL	S/ 82,884.47	S/ 56,202.97	S/ 26,681.50	-	S/ 71,264.96	S/ 51,059.43	-

Tabla 21. VAN, TIR, IR fresa

VAN	S/ 20,205.53
TIR	36.16%
IR	2.04

Nota: En la tabla se puede observar toda la evaluación económica de las fresas donde se puede observar los ingresos, costos, flujos, entre otros.

El análisis financiero del proyecto consideró a producción de 1500 kg de fresa para 1000 plantas de fresa producidas en el área total del invernadero a un precio fijo de S/. 10 para los 5 años, esto reveló un flujo de efectivo negativo en el año inicial (AÑO 0)

debido a un egreso de S/ 19,513.00. Sin embargo, a partir del tercer año, se observa un flujo positivo de efectivo gracias a ingresos que superan los costos operativos. Al considerar una tasa de descuento para actualizar los ingresos netos, se evidencia que los ingresos actualizados son S/ 14,250.00, S/ 14,332.50, S/ 14,222.25, S/ 14,238.79, S/ 14,221.42 para cada año respectivamente. Esto suma un total actualizado de ingresos de S/ 71,264.92, mientras que los egresos actualizados ascienden a S/ 51,059.43 en el mismo período. Estos cálculos indican una tendencia positiva en la rentabilidad del proyecto a lo largo de los cinco años evaluados.

En resumen, aunque se registra una inversión inicial significativa, los ingresos generados a partir del segundo año superan los costos, contribuyendo a un flujo de efectivo positivo y una rentabilidad global satisfactoria considerando la tasa de descuento aplicada.

Tabla 21. COK

D	Deuda	S/ 38,259.00	
C	Capital	S/ 11,165.25	
KD	Costo de la deuda	18.0%	
t	Impuesto a la renta	30.00%	
CPPC	Costo promedio ponderado de capital		
Roe = Ke =	Utilidad neta	S/ 2,160.00	8.14%
	Total, de patrimonio	S/ 26,523.00	

Nota: En la tabla se muestra las diferentes sumas acerca de las deudas, capital, costos, impuestos, utilidad neta y el patrimonio.

El Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC), también conocido como Weighted Average Cost of Capital (WACC), es una métrica financiera utilizada para evaluar la rentabilidad mínima que debe alcanzar un proyecto de inversión para ser considerado rentable para los accionistas. En este caso, el CPPC se calcula utilizando la

estructura de capital de la empresa, es decir, la proporción de deuda y capital propio, junto con los costos asociados.

El cálculo del CPPC se realiza utilizando la fórmula:

$$CPPC=WACC=(D+CD) \times(Kd \times(1-t)) +(D+CC) \times Ke$$

Por lo tanto, el Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) de la empresa es aproximadamente 11.59%.

El Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) de una empresa es una medida clave en la evaluación de proyectos de inversión y en la toma de decisiones financieras. En este caso, un CPPC del 11.59% indica que la empresa debe generar un rendimiento mínimo del 11.59% en sus inversiones para cubrir los costos de financiamiento asociados con su estructura de capital.

Además, como datos destacables se tiene el flujo de caja neto, del cual se obtendrán datos del VA, VAN, TIR, IR, los cuales son los siguientes:

Tabla 22. *Flujo de caja neto*

Flujo de caja neto proyecto

DETALLE	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos Ventas		S/	S/	S/	S/ 29,331.90	S/
Lechuga - Fresa		29,355.00	29,524.95	29,297.84		29,296.13
Costos		-S/	-S/	-S/	-S/	-S/
Operación		13,470.92	13,548.91	13,444.69	13,460.32	13,443.90
UTILIDAD BRUTA (ANTES DE IMPUESTOS)		S/	S/	S/	S/ 15,871.58	S/
		15,884.08	15,976.04	15,853.15		15,852.23
Impuesto a la Utilidad		S/	S/	S/	S/ 4,761.47	S/
		4,765.22	4,792.81	4,755.94		4,755.67
UTILIDAD NETA		S/	S/	S/	S/ 11,110.11	S/
		11,118.85	11,183.23	11,097.20		11,096.56
FLUJO DE CAJA OPERACIONAL		S/	S/	S/	S/ 11,110.11	S/
		11,118.85	11,183.23	11,097.20		11,096.56

Inversiones	-S/ 23,750.00					
FLUJO DE CAPITAL	-S/ 23,750.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
FLUJO DE CAJA TOTAL	-S/ 23,750.00	S/ 11,118.85	S/ 11,183.23	S/ 11,097.20	S/ 11,110.11	S/ 11,096.56
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-S/ 23,750.00	-S/ 12,631.15	-S/ 1,447.92	S/ 9,649.29	S/ 20,759.40	S/ 31,855.96

COK = CPPC = WACC =	11.59%
VAN	S/ 14,597.64
TIR	37.18% VAN > 0
IR	S/ 1.69 TIR > COK
	IR > 1

Nota. En la tabla se observa el flujo de caja neto proyectado a 5 años, además se puede observar la obtención del VA, VAN, TIR, IR.

En esta evaluación económica, destacan datos como el flujo de caja neto, el Valor Actual (VA), el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Índice de Rentabilidad (IR). Estos indicadores son fundamentales para medir la rentabilidad y el rendimiento financiero de la automatización en los cultivos hidropónicos a lo largo del tiempo. El flujo de caja neto proporciona una visión clara de los ingresos y egresos de efectivo, mientras que el VA, VAN, TIR y IR permiten calcular el valor presente de los flujos de efectivo futuros, la tasa de rendimiento esperada de la inversión, y el retorno sobre la inversión inicial, respectivamente. Estos datos cuantitativos son esenciales para respaldar decisiones financieras estratégicas y maximizar el valor económico de la implementación de la automatización en la agricultura hidropónica.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

La presente investigación tiene como objetivo general mejorar el proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización para aumentar la producción de lechuga y fresas en Cajamarca en 2023. Es importante mencionar que este enfoque se aplicó específicamente a cultivos hidropónicos como lechuga y fresas, pero podría extenderse a otras hortalizas como tomates y pepinos, así como a frutas como fresas y arándanos. Así mismo, se observó una variabilidad en la humedad relativa a lo largo de los meses, lo que presentó desafíos para el cultivo. Además, se controlaron variables como temperatura, acidez y TDS (Total Dissolved Solids). Para futuras investigaciones, se recomienda explorar el impacto del nivel de luz y otras variables relevantes para optimizar aún más los procesos de cultivo hidropónico y maximizar la producción de alimentos de manera eficiente y sostenible. Otro detalle a mencionar es que la investigación fue realizada en los meses de mayo a noviembre que son meses invierno, es por ello que se podría replicar para otra época, como es el verano y así saber los resultados. Este resultado se relaciona con lo investigado por Arévalo (2018), donde demostró una precisión del 95% en la detección de la etapa de crecimiento de las plantas y una eficiencia del 90% en la selección del tipo de luz más adecuado para ellas. Esta innovación resultó en un aumento del 20% en el rendimiento de los cultivos, mientras que también logró reducir el consumo energético en un 15%. Con esto se destaca el impacto del algoritmo en la optimización del cultivo de plantas, mejorando así la producción agrícola y promoviendo la sostenibilidad en el uso de recursos energéticos. Así mismo se asemeja con la información de Carrillo *et al.* (2012), donde se logró reducir los costos de

producción en un 28%, mejorando así la calidad de los productos agrícolas en un 21%, así mismo se aumentó la producción de cultivos en un 13%. Esto se dio gracias a la capacidad del sistema para gestionar todas las variables involucradas en los cultivos, lo que disminuye la intervención directa en el proceso de producción, permitiendo mantener condiciones óptimas de cultivo de manera más precisa y eficiente.

Como primer objetivo específico se tiene diagnosticar la situación actual del proceso de cultivos hidropónicos y de la producción de lechugas y fresas. En este se observó una variación significativa en los niveles de humedad relativa a lo largo de los meses, con valores más altos en mayo, junio y julio, seguidos de una disminución notable en agosto, septiembre, octubre y noviembre. Esta variabilidad planteó desafíos para el cultivo hidropónico debido a la importancia de la humedad para el desarrollo saludable de las plantas. Además, se registró una estabilidad en las temperaturas dentro de un rango adecuado para el cultivo de lechugas y fresas, lo que promovió la actividad metabólica y redujo el estrés térmico. Los niveles de pH y TDS se mantuvieron en rangos aceptables para el cultivo hidropónico, lo que indicó un control efectivo de la acidez del sistema y la concentración de nutrientes. En términos de eficiencia económica y productividad, tanto en lechugas como en fresas se evidenció un desempeño positivo, con altas producciones por área y por mano de obra. No obstante, la producción real de fresas en comparación con la planificada reveló un área de mejora en la gestión y precisión en la planificación del cultivo. Este se relaciona con lo indagado por Torres (2019), donde se tomó en cuenta la automatización de invernaderos, en esta se observó que hubo un 37% menos de consumo de agua, un aumento del 30% en la producción de cultivos, y una disminución del 24% en los costos de producción. Esto se dio controlando la bomba de agua y las electroválvulas, además de regular el tiempo de exposición de la solución nutritiva con las plantas, resaltando así los beneficios de la automatización en la agricultura.

Como segundo objetivo específico se tiene mejorar el proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización que permita aumentar la producción de lechugas y fresas Cajamarca 2023. La variabilidad en los valores de pH a lo largo de los meses se mantuvo relativamente baja, indicando cierta estabilidad en las condiciones de la solución hidropónica. Los valores estuvieron mayormente dentro del rango aceptable para el cultivo hidropónico, que generalmente se sitúa entre 5.5 y 6.5, lo cual es crucial para la absorción eficiente de nutrientes por parte de las plantas. En cuanto a la humedad relativa, se registró una relativa estabilidad con variaciones modestas entre el 44.03% en agosto y el 45.58% en julio, proporcionando una visión de las condiciones ambientales clave para el cultivo de lechugas y fresas en Cajamarca. Los registros de temperatura mostraron una consistencia térmica favorable, oscilando estrechamente entre 20.20°C en noviembre y 20.65°C en mayo, lo que beneficia el desarrollo saludable de las plantas. Respecto a los niveles de TDS, se observó una consistencia esencial para garantizar un suministro adecuado de nutrientes, aunque hubo un aumento significativo en julio, lo que sugiere ajustes o condiciones ambientales específicas a considerar para optimizar las prácticas de cultivo y garantizar un crecimiento saludable de las plantas. Este guarda relación con lo indagado por Mena (2017), donde logró una precisión del 94% en el llenado del tanque y una eficiencia del 86% en la distribución de la solución nutritiva, superando significativamente el desempeño del trabajo manual de los trabajadores. Esto resultó en una reducción del 47% en las deformaciones de las plantas causadas por problemas de nutrición, destacando así los beneficios de la automatización en la producción hidropónica en términos de eficiencia y calidad del cultivo.

Como tercer objetivo específico se tiene medir la producción de lechugas y fresas después de la mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización. Se observó una mejora significativa en la eficiencia económica y la productividad. En el caso de las fresas, la eficiencia económica alcanzó un valor prometedor de 3.16, indicando un rendimiento financiero positivo al comparar las ventas con los costos. Además, la productividad por área y por mano de obra aumentó notablemente, reflejando una utilización más eficiente del espacio y de los recursos humanos. En cuanto a las lechugas, la eficiencia económica también mejoró, aunque de manera más moderada (valor de 1.67), pero se observaron avances significativos en la productividad por área y por mano de obra. Estos resultados indican que la automatización ha optimizado la distribución de recursos y ha mejorado la eficiencia en el manejo de la fuerza laboral, lo que se traduce en un sólido nivel de productividad para ambos cultivos. Este se relaciona con la investigación de Zambrano y Behrentz (2014), donde se logró mantener el pH con una precisión del 93%, además se redujo la variabilidad en la alcalinidad del agua en un 45%, y así mismo se logró optimizar los niveles de fosfatos con una eficiencia del 92%. Esto demuestra su efectividad para garantizar condiciones químicas estables y óptimas en entornos de cultivo hidropónicos, mejorando significativamente la gestión de nutrientes en la agricultura.

Como cuarto objetivo específico se tiene realizar la evaluación económica de la mejora del proceso de cultivos hidropónicos mediante la automatización. Los resultados positivos en los indicadores financieros como el valor presente neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el beneficio costo (B/C) reflejaron una mejora significativa en la eficiencia operativa y la rentabilidad económica de los cultivos. La automatización no solo optimizó los procesos y recursos, sino que también permitió una gestión más eficiente de la fuerza laboral y redujo los costos operativos a lo largo del tiempo. Estos

aspectos fueron fundamentales para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento continuo de la producción agrícola, al tiempo que se maximizaba la calidad y la productividad de los cultivos hidropónicos. Además, la automatización ofreció la flexibilidad necesaria para adaptarse a cambios en el entorno y demandas del mercado, asegurando la competitividad y la capacidad de respuesta ante los desafíos del sector agrícola. En resumen, la automatización en la agricultura hidropónica no solo proporcionó beneficios económicos tangibles, sino que también impulsó la innovación, la eficiencia y la sustentabilidad en la producción de alimentos. Este se asemeja a lo indagado por Murcia y Chacón (2018), donde integró un invernadero con control de variables ambientales como temperatura, humedad, CO₂ y luz, junto con tecnología de reutilización del agua, en este logro reducir el consumo de agua en un 28%, se aumentó la producción de cultivos en un 22%, mejorar la eficiencia energética en un 25% y reducir los residuos en un 36%.

Conclusiones

La investigación resalta la importancia de la automatización en cultivos hidropónicos para aumentar la producción de lechuga y fresas en Cajamarca en 2023, con resultados positivos en varios aspectos, para ello se identificó la necesidad de mejorar la gestión y precisión en la planificación del cultivo de fresas, así mismo es importante que la automatización promueve la innovación, eficiencia y sostenibilidad en la producción de alimentos, garantizando la competitividad del sector agrícola.

El primer objetivo específico de la investigación es evaluar los cultivos hidropónicos de lechugas y fresas. Se encontró variabilidad en la humedad relativa, con desafíos para el cultivo, pero estabilidad en temperaturas, pH y TDS. En este la eficiencia económica y productividad fueron positivas, además, se logró identificar la importancia

de mejorar la planificación del cultivo de fresas para alcanzar los niveles de producción esperados. Estos hallazgos son importantes para implementar acciones específicas que sirvan para optimizar las condiciones ambientales y de gestión, para así garantizar el éxito a largo plazo de los cultivos.

El segundo objetivo es mejorar la producción de lechugas y fresas en Cajamarca en 2023 mediante la automatización de cultivos hidropónicos, en este se observó estabilidad en los valores de pH, humedad relativa y temperatura, dentro de rangos óptimos para el cultivo, así mismo los niveles de TDS también fueron consistentes, pero lo que también se hayo como punto a mejorar es ajustar y optimizar las prácticas de cultivo.

En el tercer objetivo después de automatizar el proceso de cultivos hidropónicos, se midió la producción de lechugas y fresas, observando una mejora notable en la eficiencia económica y la productividad. En el caso de las fresas, se registraron aumentos significativos en la productividad por área y mano de obra, mientras que para las lechugas también se observaron avances importantes en la productividad, esto indica que la automatización optimizó el uso de recursos y mejoró la gestión de la mano de obra, logrando así una buena productividad para ambos cultivos.

El cuarto objetivo es evaluar económicamente la automatización en los cultivos hidropónicos, en este se observaron resultados positivos en indicadores financieros como VAN, TIR e IR, reflejando una mejora en eficiencia y rentabilidad. En relación a la automatización, ésta optimizó procesos y recursos, redujo costos, logro sostenibilidad y generó crecimiento en la producción agrícola. Además, ofreció flexibilidad para adaptarse a cambios en el mercado, logrando así la innovación y sustentabilidad en la producción de los alimentos.

REFERENCIAS

- Abad, C., Castillo, L., García, M., Navarrete, F., y Plasencia, D. (2020). Diseño del proceso de implementación de cultivos hidropónicos en terrenos inutilizados en el distrito de Piura. (*investigación*). Piura, Perú: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4614/PYT_Informe_Final_Proyecto_Hidrop%C3%B3nicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Albuja, V., Andrade, J., Lucano, C., y Rodríguez, M. (2021). Comparativa de las ventajas de los sistemas hidropónicos como alternativas agrícolas en zonas urbanas. *Revista minerva de investigación científica*, 2(4), 45-54. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8377962.pdf>
- Alveal, M., y Campos, K. (2014). Estudio comparativo de sistemas de riego hidropónico y por goteo. (*proyecto de investigación*). Biobío, Chile: Universidad del Bío-Bío. Obtenido de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/797/1/Alveal_Concha_Miguel_Angel.pdf
- Apaza, D., y La Torre, i. (2017). Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el laboratorio de control y automatización EPIME 2016. (*investigación*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5970/Apaza_Mamani_Darwin_Fray_La_Torre_Javier_Irvin_Jhons.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Arevalo, C. (2018). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO CERRADO PARA CULTIVOS ORGÁNICOS EN EL HOGAR. (*proyecto de investigación*). Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004859.pdf>
- Astudillo, M. (2015). Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y humedad para el cultivo de lechuga hidropónico. (*investigación*). Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/300/CIE-AST-PUR15.pdf?sequence=1>
- Barbaro, L., Delucchi, G., y Karlanian, M. (2015). Producción de plantines de petunia (*Petunia híbrida*) en sistema flotante. (*artículo científico*). Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86441580014>
- Brina, L., Medvedenko, N., Provenzano, A., y Tetekin, A. (2021). Automatización resiliente: hacia una planetariedad no-antropocéntrica. (*artículo científico*). Santiago, Chile: Scielo. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962021000100126
- Cajo, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas. (*investigación*). Cevallos, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>

- Camacho, M.; Banchón, S.; Barcia, K. y Allauca, M. (2023). Aplicación de la teoría de restricciones en un proceso productivo con enfoque a la industria 4.0. *RECIAMUC*, 7(2), 281-304. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7\(2\)abril.2023.281-304](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7(2)abril.2023.281-304)
- Carrillo, M., Juárez, A., Rivera, J., Guerrero, M., Ramírez, R., y Bernal, H. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. (*artículo científico*). Caracas, Venezuela: Asociación Interciencia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33925592007>
- Cazco, L., y Iñiguez, I. (2013). Diseño e implementación de un prototipo con HMI para automatizar procesos de cultivo hidropónico de lechuga. (*investigación*). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3185>
- Conde, E. (2017). Diseño de un prototipo para el control y automatización de un sistema hidropónico en un invernadero. (*investigación*). La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/16833/T-3365.pdf?sequence=1>
- Córdova, R. (2013). Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la Comuna de Calbuco, X Región. (*investigación*). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fac796e/doc/fac796e.pdf>
- De La Rosa, R., Avelar, J., y Lara, A. (2017). AGENTES FITOPATÓGENOS EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA EL CULTIVO DE JITOMATE EN UN

- SISTEMA HIDROPÓNICO CERRADO. (*artículo científico*). Zacatecas, México: Universidad Autónoma de Zacatecas. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/339/33950546007/index.html>
- Gordo, A. (2017). Desarrollo e implementación de un Invernadero automatizado con cultivo hidropónico y aplicación móvil para el seguimiento de datos. (*proyecto de investigación*). Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91393/fichero/Memoria+TFG+Alvaro+Domingo+Gordo+Ruiz.pdf>
- Guerrero, E. (2014). Automatización de la irrigación de un sistema hidropónico NFT. (*investigación*). Zacatecas, Mexico: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/27235>
- Hoof et al. (2018). Producción más limpia. Paradigma de gestión ambiental. Primera edición. Universidad de los andes. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Producci%C3%B3n_m%C3%A1s_limpia/Hd30DwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- Inca, S. (2013). AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA NFT PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS. (*investigación*). Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/405/Inca_sa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Linares, J., y Zúñiga, C. (2019). Implementación de un Sistema de Control de Variables por Sensores para Mejorar la Productividad de las Lechugas Hidropónicas de la Empresa FAGSOL S.A.C. (*investigación*). Arequipa, Perú: Universidad Católica San Pablo. Obtenido de

https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16160/1/LINARES_VALDERRAMA_JOS_LEC.pdf

Longar, M., Perez, M., y Ríos, E. (2013). El estado de técnica de la hidroponía. (*artículo científico*). D.F., Mexico: Universidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000500012

Lozano. G. (2014). UF0016 - Mantenimiento y manejo de invernaderos. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/UF0016_Mantenimiento_y_manejo_de_e_inverna/bl5WDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Lübbert, J. (2016). Análisis, diseño y construcción de un sistema hidropónico automatizado para autoconsumo de vegetales y plantas ornamentales. (*investigación*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140623>

Madruga, A., Alvarado, y., Sosa, R., Santana, I., y Mesa, J. (2019). Modelo de crecimiento y desarrollo de hortalizas en casas de cultivo mediante mapas cognitivos difusos. (*artículo científico*). La Habana, Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992019000200047

Marinelli, M. (2015). Control automatizado de cultivos hidropónicos. (*investigación*). Posadas, Argentina: Universidad Nacional de Misiones. Obtenido de <https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2390/MARINELLI%20>

Marcelo%20Julio_2015_%20Control%20automatizado%20de%20cultivos%20
Hidrop%20C3%B3nicos....pdf?sequence=1&isAllowed=y

Massaccesi. (2014). Técnicas de control automático, un estudio comparativo. Obtenido de
https://www.google.com.pe/books/edition/T%C3%A9nicas_de_control_autom%C3%A1tico_un_estu/9a3QDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Mena, C. (2017). Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de solución nutritiva, ubicada en la zona urbana de Quito. (*investigación*). Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14533>

Merino, D. S. (2017). Implementación de un sistema automático de fertilización en cultivos hidropónicos, para mejorar el proceso de producción del cultivo. (*investigación*). Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4047/1/T-UTC-0234.pdf>

Moreno. V. (2017). Manejo y mantenimiento de invernaderos. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Manejo_y_mantenimiento_de_invernaderos/n6s2DwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Morocho, O. (2014). Evaluación del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) Variedad Boston asociado con *Azolla* spp más guano de isla en cultivo hidropónico en el distrito de Lircay Angaraes - Huancavelica. (*investigación*). Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/186/TP%20-%20UNH%20AGRON.%200066.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Murcia, J., y Chacón, L. (2018). Diseño de un sistema automático de cultivo hidropónico para forraje verde. (*investigación*). Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1149&context=ing_automatizacion
- Nieto, J. (2013). Cultivo hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. (*investigación*). Punta Arenas, Chile: Universidad de Magallanes. Obtenido de http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/nieto_montalba_2013.pdf
- Ortega, P. (2015). Diseño y montaje de un prototipo para el control automatizado del sistema de riego por canales en el Área de Yamburara (Vilcabamba) haciendo uso de hardware y software open source. (*investigación*). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11335/1/Orteg%20Kirby%20Pablo%20Geovanny.pdf>
- Peralta, L., y Jiménez, M. (2013). Modelo de manejo de un sistema de producción de hortalizas de hoja bajo la modalidad de hidroponía NFT, tipo comercial. (*investigación*). Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3371/modelo-manejo-sistema-producci%C3%B3n-hortalizas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, F., y Pérez, U. (2016). Aplicación de software para controlar el balance de la solución nutritiva de un sistema cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa*) bajo técnica de hidroponía automatizada a raíz del monitoreo de nitrógeno, PH y conductividad

eléctrica en Pucallpa. (*artículo científico*). Ucayali, Perú: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3888>

Perez, J., López, L., y Romero, R. (2016). AUTOMATIZACION DE INVERNADERO PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN EL SALVADOR. (*investigación*). La Libertad, El Salvador: Escuela Especializada en Ingeniería. Obtenido de <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2843/1/Automatizaci%C3%B3n%20de%20Invernadero%20para%20Cultivos%20Hidrop%C3%B3nicos%20en%20El%20Salvador.pdf>

Pérez, M., y Tellez, I. (2020). Producción y comercialización con sistema hidropónico NFT de lechuga y tomate cherry, en la ciudad de Arequipa. (*investigación*). Lima, Perú: ESAN. Obtenido de https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/2096/2020_MAT_P-ARE_17-1_06_T.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Preciado, P., García, J., Segura, M., Salas, L., Ayala, A., Esparza, J., y Troyo, E. (2014). EFECTO DEL LIXIVIADO DE VERMICOMPOSTA EN LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE MAÍZ FORRAJERO. (*artículo científico*). Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57332975008>

Ramos, F., y Luna, A. (2014). Evaluación de tres Variedades de Chile (*Capsicum annuum* L.) en cuatro Concentraciones de una solución hidropónica bajo invernadero. (*artículo científico*). Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes. Obtenido de [redalyc.org/articulo.oa?id=67403402](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67403402)

Rojas, O., Vaca, J., y Vaca, Y. (2017). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA INVERNADERO HIDROPÓNICO.

(*proyecto*). Mariquita, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13093/1022343620.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13093/1022343620.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rubio, C. (2017). Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de solución nutritiva, ubicada en la zona urbana de Quito. (*investigación*). Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14533>

Ruiz y Molina. (2020). Automatización y telecontrol de sistemas de riego. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Automatizaci%C3%B3n_y_telecontrol_de_sistema/ukxOEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Solis, F. (2017). Evaluación del rendimiento en el cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa*), en sistemas hidropónicos y aeropónicos automatizados. (*investigación*). Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10532/1/DE00006_TRABAJO_DETITULACION.pdf

Terceros, m., y Blanco, W. (2019). Establecimiento de un sistema hidropónico con la técnica de película nutritiva (NFT) en el cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa*) En la estación experimental Patacamaya, La Paz. (*artículo científico*). La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/349/336>

Trujillo, U. (2020). Tekax - Aplicación móvil para el control de cultivos hidropónicos utilizando IoT. (*investigación*). Acapulco, México: Instituto Tecnológico de

Acapulco. Obtenido de <http://www.itacapulco.net/depi/wp-content/uploads/2021/03/Tesis-UzielTrujillo-tesis-v1.4.pdf>


Urdiales, V., y Espín, J. (2018). Monitoreo de un sistema hidropónico NFT a escala usando arquitectura Arduino. (*artículo científico*). Quito, Ecuador: Universidad Ecotec. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822018000200147&script=sci_arttext

Zambrano, A. (2014). Estudio comparativo de tres genotipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en tres sistemas de producción hidropónica. (*investigación*). Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6067/1/ZAMBRANOMoraARMANDO.pdf>

Zamora et al. (2019). Sistemas de Producción. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Sistemas_de_Producci%C3%B3n/qj64DwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0&kptab=overview

ANEXOS

Anexo 1. Validación de expertos

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	"Implementación de la automatización en la hidroponía para aumentar la productividad en lechugas y fresas de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca"			
Línea de investigación:				
Apellidos y nombres del experto:	Fanny Emelina Piedra Cabanillas			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente / Dependiente			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los items, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	x		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	x		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	x		
Sugerencias:				
Firma del experto:				
				
<u>Fanny</u> Emelina Piedra Cabanillas				

“IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA HIDROPONÍA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LECHUGAS Y FRESAS DE UN PROYECTO DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN LA CIUDAD DE CIUDAD DE CAJAMARCA, 2021”

Considerando la realidad anteriormente descrita, nos planteamos la siguiente pregunta:

¿En qué medida la implementación de la automatización en la hidroponía aumenta la productividad en lechugas y fresas de un proyecto cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca?

El objetivo general de la presente investigación es implementar la automatización en la hidroponía para aumentar la productividad en lechugas y fresas de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Diagnosticar la situación actual de la productividad y de las técnicas empleadas en los cultivos hidropónicos de lechugas y fresas de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.
- Implementar las técnicas de automatización en una empresa dedicada de lechugas y fresas de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.
- Medir la productividad de un proyecto de cultivos hidropónicos de lechugas y fresas después de la implementación de las técnicas de automatización.

- Realizar la evaluación económica financiera del diseño de las técnicas de automatización de lechugas y fresas de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

La hipótesis general del presente trabajo de investigación es:

La implementación de la automatización en la hidroponía aumenta la productividad en lechugas y fresas de un proyecto de cultivos hidropónicos en la ciudad de Cajamarca.

Anexo 2. Higrómetros

Los higrómetros son herramientas esenciales en la medición y monitoreo de la humedad relativa del aire, un parámetro atmosférico fundamental que afecta una amplia gama de procesos naturales y actividades humanas. Su funcionamiento se basa en la detección de la humedad ambiental a través de diferentes principios físicos, lo que permite convertir estos datos en lecturas cuantitativas de humedad relativa. En este sentido, existen dos tipos principales de higrómetros: los mecánicos y los electrónicos.

Los higrómetros mecánicos utilizan materiales sensibles a la humedad, como el cabello humano o polímeros sintéticos, cuyas propiedades físicas cambian en respuesta a las variaciones de humedad en el ambiente. Estos cambios dimensionales se traducen en movimientos mecánicos que se registran y convierten en lecturas de humedad relativa. Por otro lado, los higrómetros electrónicos emplean tecnologías de detección más avanzadas, como sensores basados en capacitancia, resistencia o conductividad eléctrica. Estos sensores captan cambios en las propiedades eléctricas que ocurren debido a la variación de la humedad, y luego los convierten en lecturas digitales de humedad relativa.

La importancia de estos radica en su amplia gama de aplicaciones en diferentes campos. En meteorología, por ejemplo, son cruciales para la predicción del clima y la comprensión de los patrones atmosféricos. En agricultura, ayudan a monitorear y controlar la humedad del suelo y del aire para optimizar las condiciones de cultivo. En la industria farmacéutica, garantizan la calidad y estabilidad de los productos al controlar las condiciones ambientales durante la fabricación y almacenamiento. Además, en la conservación del patrimonio cultural, son indispensables para preservar obras de arte y documentos históricos sensibles a la humedad.

Anexo 3. Imágenes referenciales al invernadero y su automatización

