

1. INFORMACIÓN GENERAL

TÍTULO DEL PROYECTO:

“Prototipo de riego inteligente para invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales”

FECHA DE INICIO:

Latacunga 5 de abril del 2021

FECHA DE FINALIZACIÓN:

Latacunga 20 de julio del 2021

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Invernaderos de rosas en la provincia de Cotopaxi

UNIDAD ACADÉMICA QUE AUSPICIA:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

CARRERA QUE AUSPICIA:

Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:

Técnicas de inteligencia artificial para la producción agrícola en la provincia de Cotopaxi.

EQUIPO DE TRABAJO:

COORDINADOR:

Nombre: José Augusto Cadena Moreano

Nacionalidad: Ecuatoriano

Fecha de Nacimiento: 17 de septiembre de 1967

Estado Civil: Casado

Residencia: Latacunga-Parroquia San Buenaventura

E-mail: jose.cadena@utc.edu.ec

Teléfono: (03) 2262854

Títulos Obtenidos:

PREGRADO:

Ingeniero en Informática y Sistemas Computacionales

POSGRADO:

Magister en Ciencias de la Educación, mención Planeamiento y Administración Educativa

Ph.D en Ingeniería de Sistemas e Informática.

ESTUDIANTES:

Nombre: Washington Bladimir Cayambe Cajo

Nacionalidad: Ecuatoriano

Fecha de Nacimiento: 24 de junio de 1994.

Estado Civil: Soltero

Residencia: Quito-Guamaní

Correo: washington.cayambe6004@utc.edu.ec

Teléfono: (02) 4527149 - 0984515140

Nombre: Vanessa Alexandra Chillagana Valverde

Nacionalidad: Ecuatoriano

Fecha de Nacimiento: 14 de febrero de 1996

Estado civil: Soltera

Residencia: Quito-Puengasi

Correo: vanessa.chillagana1357@utc.edu.ec

Celular: (03) 194157 - 0984301367

ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Tecnologías de la Información y Comunicación.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea 6: Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS) y Diseño Gráfico.

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

Inteligencia artificial e inteligencia de negocios

2. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación describe el desarrollo de un sistema de riego mediante el uso de una técnica de inteligencia artificial para optimizar el proceso de riego en los invernaderos florícolas, basado en redes neuronales.

Un sistema de riego inteligente debe cumplir con ciertas condiciones ambientales tales como: temperatura ambiente, humedad relativa y humedad del suelo.

El sistema hace uso de una red de sensores implementados “Se recolectan datos de las condiciones ambientales y las herramientas a utilizar para el desarrollo del sistema; estos datos van a ser utilizados en el proceso de entrenamiento y aprendizaje de la red neuronal artificial” [1]. Posteriormente se aplicarán mediante el algoritmo de *backpropagation* (retro propagación).

En la mayoría de los invernaderos se realiza el proceso de riego de forma manual, este método no es muy eficiente debido a que la distribución de riego en las áreas de cultivo no es uniforme y utiliza mayor cantidad de agua, por esta razón el presente proyecto es el desarrollo de un sistema de riego inteligente basado en redes neuronales con el fin de optimizar el proceso de riego de las rosas [1].

Para las redes neuronales están formadas por datos de entradas y salidas, donde las entradas corresponden a las variables ambientales y la salida corresponde a si es o no necesario activar el proceso de riego.

Por último, para comprobar si el sistema de riego cumple con las expectativas previstas se realizará diferentes pruebas de campo en un invernadero de rosas y se realiza la comparación de resultados en la producción de rosas entre el sistema de riego manual y el sistema de riego inteligente.

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1. Situación Problemática

Actualmente la tecnología ha sido la pieza clave para el incremento de ganancias económicas, la optimización de tiempo y recursos. La innovación en el sector agrario no es algo nuevo, lleva años implementándose, pero en los últimos tiempos el sector ha hecho un especial esfuerzo por tecnificarse.

La falta de control del riego en invernaderos de rosas [1] ocasiona que el riego no sea uniforme ocasionando que, en partes del sembrío, tenga exceso o escases de agua, provocando que la rosa no tenga un crecimiento adecuado (falta de nutrientes a la rosa.), exista enfermedades e incluso pueda marchitarse. Adicional a esto produce la pérdida de ganancias para los propietarios de los invernaderos.

En el Ecuador el riego más utilizado según INEC, es el método por inundación o surco a escala nacional se estima, que sería usado en el 56.06% de la superficie sembrada del país [2]. Pero el método usado para rosas es por goteo con el 36.89%, que es actualmente uno de los métodos más eficientes, aunque sean relativamente nuevos y ahorrativos del recurso hídrico, al requerir una inversión apreciable, un manejo más intensivo y especializado.

No obstante, el sector agrícola, aun no innovan sus procesos de riego estos factores pueden ser: desconocimiento, falta de recursos económicos, tecnológicos o por el miedo a un cambio ya que en muchas ocasiones tienen miedo a invertir y que no se de los resultados esperados o puedan causar un impacto negativo en sus producciones.

En la investigación donde se basa en el diseño de un sistema con el objetivo de un control de riego con técnicas de IA en base a un aprendizaje automático que se ejecuta en a la agricultura de precisión en la granja la pradera [1]. Este estudio encontró las falencias de las áreas de cultivos no se tienen implementado un sistema que permita a los involucrados con los cultivos tener un control de los distintos parámetros que están inmersos en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Para la investigación de campo se tomó en cuenta al invernadero “American Flowers”, el cual no posee un sistema inteligente para el control de riego y monitoreo, el invernadero “American Flowers”, solo funciona de manera manual ocasionando que el proceso de riego sea realizado por trabajadores del lugar.

Se propone el desarrollo de un prototipo de riego inteligente, basado en RNA, la cual es un algoritmo de Aprendizaje Automático, que determinará cuando el cultivo necesita el riego, haciendo que las plantas tengan la distribución adecuada de agua y de esta manera la obtención de la producción en los invernaderos de rosas sea más eficiente.

2.1.2. Matriz del problema

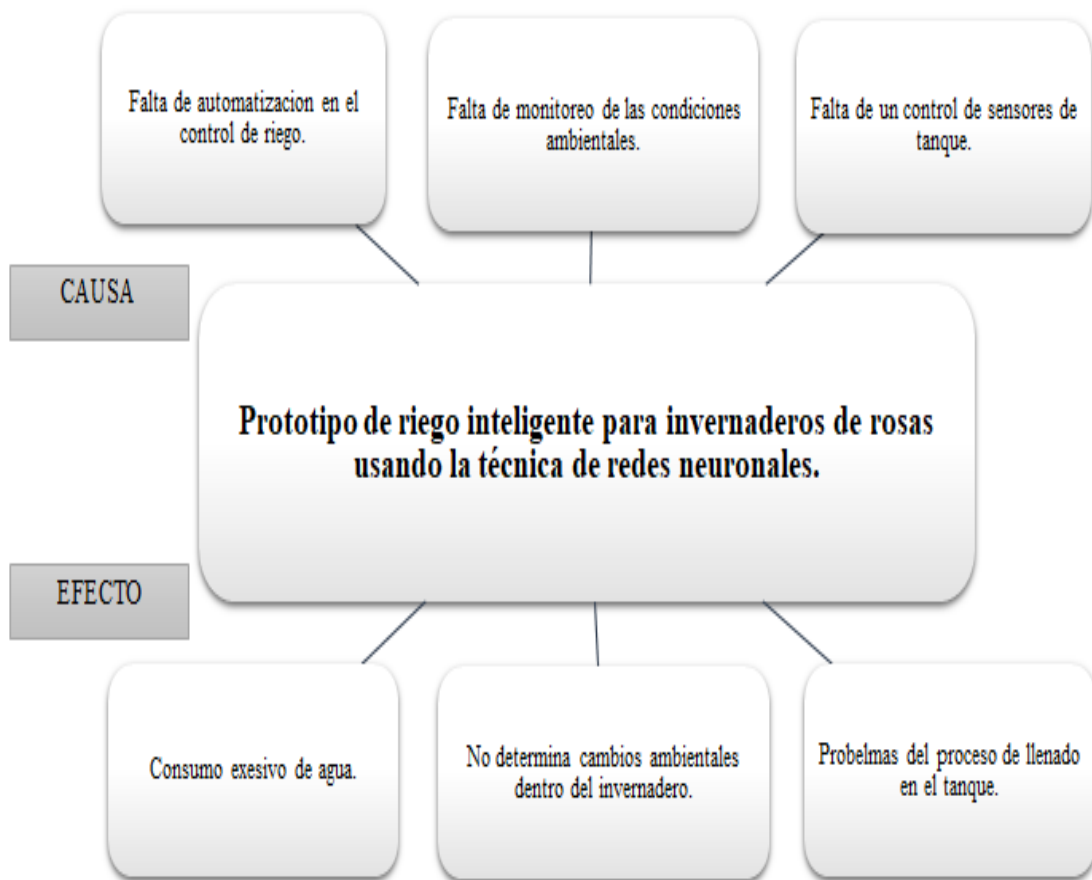


Figura 1.Matriz de problemas

2.1.3. Formulación del problema

¿Cómo contribuir con el control de riego de agua en el invernadero producción de rosas American Flowers?

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de estudio

Invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales.

2.2.2. Campo de acción

Prototipo de riego inteligente

2.3. BENEFICIARIOS

Los beneficiarios directo del proyecto de investigación son: sector agrícola dedicado a la producción de rosas (propietarios y trabajadores de invernaderos de rosas de la provincia de Cotopaxi), la Universidad Técnica de Cotopaxi por la investigación realizada.

Los beneficiarios indirectos del proyecto de investigación son: el grupo de investigación y personas externas o sociedad.

2.4. JUSTIFICACIÓN

El recurso de la tecnología se ha vuelto indispensable en el sector florícola, sin embargo, en muchas actividades de producción de rosas no se toma en cuenta este factor. Cualquier floricultor puede tener el control de manera manual lo que permite asegurar la cosecha, mejorar la productividad, consumo de agua y finalmente el nivel de competencia sin embargo se puede realizar este proceso de forma sistematizada de manera más ágil y eficiente. En los invernaderos todavía existen sistemas de riego que no son aptos para reducción de consumo de agua y muchos no están sistematizados sino de forma manual.

Por este motivo el proyecto de investigación tiene como finalidad desarrollar un prototipo de riego sistematizado para el control de agua en las rosas, aplicando una cantidad optima y de esta manera mejorar el uso del recurso vital.

Otro punto adicional de este proceso de riego sistematizado, es mantener las plantas hidratadas y designar la cantidad adecuada de agua que se pueda aplicar y así la reducción de la intervención de las personas y aumentado el rendimiento, ya que la producción de rosas en invernaderos tiene distintos factores que influyen en su crecimiento como las condiciones climáticas y estos inciden mucho en el cuidado de un cultivo para el crecimiento de las rosas.

Por lo que se optó en aplicar inteligencia artificial en el riego porque ayuda a mejorar la precisión y el ahorro de agua y nutrientes. “La optimización en el uso del agua es una de las aplicaciones más evidentes de la implementación de tecnología innovadora en el sector” [2].

Por medio de RNA se busca realizar un sistema de riego inteligente el cual será de gran aporte al grupo de investigación de técnicas de inteligencia artificial y beneficiara al sector florícola donde es el sitio para la obtención de los datos respectivos para posteriormente ejecutar un análisis y proceso de la información obtenida.

2.5. HIPÓTESIS

Si se desarrolla un prototipo de riego inteligente entonces se podrá contribuir con el control del riego de agua en la producción de rosas bajo invernadero.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de riego inteligente por goteo mediante la técnica de redes neuronales para la optimización el proceso de riego en los invernaderos de rosas.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis del estado del arte relacionado con el proceso de riego en invernaderos de rosas, funcionamiento de redes neuronales, mediante literatura científica que sirva de base teórica para la investigación planteada.
- Evaluar la conexión de los componentes de hardware y software mediante diferentes test para la validación del correcto funcionamiento del prototipo de riego inteligente.
- Verificar el funcionamiento del prototipo mediante el criterio de juicio de experto, el cual permita la evaluación de desempeño del riego inteligente.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 1. Planificación de las actividades

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)
Realizar un análisis del estado del arte relacionado con el proceso de riego en invernaderos de rosas, funcionamiento de redes neuronales, mediante literatura científica que sirva de base teórica para la investigación planteada	Recopilación de la información sobre el proceso de riego. Recopilación de información sobre las necesidades del usuario. Búsqueda de revistas científicas. Búsqueda de libros y proyectos similares. Búsqueda de información de redes neuronales.	Funcionamiento y modelado del proceso de riego. Base teórica de la investigación Marco teórico	Entrevista-Guía de entrevista Observación-Ficha de observación Bibliográfica-Ficha bibliográfica
Evaluar la conexión de los componentes de hardware y software mediante diferentes test para la validación del correcto funcionamiento del prototipo de riego inteligente.	Creación de la base de datos e interfaz gráfica. Diseño del modelado del prototipo de riego. Evaluación en base a diferentes test	Aplicación de la base de datos Integración de los componentes del prototipo de riego inteligente.	Metodología Scrum -Caso de uso general -Caso de uso a detalle -Diagrama de flujo de proceso -Interfaces graficas del usuario -Test: eléctrico, hardware, software, pasivo del sistema y activo del sistema
Verificar el funcionamiento del prototipo mediante el criterio de juicio de expertos el cual permita la evaluación el desempeño del riego inteligente.	Desarrollo de formato de matriz de consistencia, opinión de los expertos.	Diagnóstico del sistema y probables errores en base de datos e interface gráfica.	-Ficha de juicio de expertos.

Elaborado por: Los investigadores

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Por medio de la compilación bibliográfica de la investigación para el desarrollo del presente proyecto, se detalla las formas de cultivos, parámetros que influyen en el desarrollo y producción de la siembra de las rosas freedom, tipos de riegos que se pueden utilizar.

Finalmente se trata sobre conceptos de aprendizaje automático supervisado específicamente sobre RNA.

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación realizada con el tema: “Sistema para el control de riego mediante técnicas de aprendizaje automático aplicado a la agricultura” [1] desarrollada en la Universidad Tecnológica de Norte, Ecuador en 2020, se basó en el aprovechamiento del agua a través de la tecnología aplicada en la agricultura.

Para automatizar el proceso de riego en cultivos basado en RNA, con el caso de estudio de plantas de alfalfa. Debe tener las condiciones ambientales tales como: temperatura ambiente, humedad relativa, humedad del suelo y luminosidad, para el proceso de entrenamiento y aprendizaje de la RNA. Entre los resultados obtenidos, la eficacia se efectúa mediante las pruebas de campo en el lugar del cultivo de la alfalfa y se realiza la respectiva comparación de resultados entre el sistema de riego manual y el sistema de riego inteligente [1].

Otra investigación realizada del Instituto Mexicano de Tecnología y ciencias del Agua en 2019, se realizó un análisis con un propósito de comparar los mejores resultados de dos modelos: red neuronal artificial (RNA) backpropagation, y series de Fourier. Tomando las siguientes características: temperaturas máximas (T_{max}) y mínimas (T_{min}), el cual fueron utilizados para entrenamiento, validación y prueba y 229 para pronóstico. Los resultados obtenidos durante el análisis fueron desempeños similares en comparación con los realizados por los mejores modelos de series de Fourier, para las estaciones de estudio [3].

3.2. MARCO CONCEPTUAL REFERENCIAL

3.2.1. Agricultura

La agricultura es un conjunto de técnicas y actividades económicas relacionadas con el cultivo, tratamiento de la tierra para poder generar producción de distintos productos, consta de varias acciones humanas que transforman el medio ambiente natural. La agricultura

contribuye a mejorar la calidad económica como proveedora de servicios ambientales y como medio de subsistencia [4].

El comercio agrícola es un papel fundamental para la economía del país, ya que es la parte fundamental para el desarrollo de un sistema económico ya que proporciona alimentos, materia prima, así como también nuevas plazas de empleo, es una práctica sustentable y sostenible lo cual minimiza gastos de inversión [5].

3.2.1.1. Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es una estrategia de administración que utiliza tecnología de la información y las comunicaciones para recolectar datos útiles desde distintas fuentes con el fin de apoyar decisiones asociadas a producción de cultivos [6].

Por medio de la utilización de tecnologías recientes como sensores de temperatura, sensores de humedad, Arduino, entre otros, se puede recopilar información la cual nos permite examinar varios de los componentes que inciden de manera directa con los resultados para el sistema de riego. Las elecciones tomadas desde la información recolectada permiten optimizar los resultados considerando diferentes aspectos [1].

- La visión agronómica la cual permite realizar arreglos acordes a la necesidad de las rosas, lo que afecta de una manera positiva sobre los resultados en la producción.
- Con interacción al aspecto económico se puede conseguir una optimización en la utilización de recursos, de tal forma que se obtenga una destacable reducción en costos lo cual dejará al campesino muchas más ganancias y ser más competitivos en el mercado con rosas de mejor calidad



Figura 2.Esquema de Sistema de riego

3.2.2. Invernaderos

El invernadero es una estructura creada para un óptimo crecimiento de diferentes tipos de plantas, por lo general es una instalación que está cubierta por materiales transparentes en el cual se puede controlar las condiciones ambientales como: humedad, humedad relativa, temperatura y gracias a esto se puede sembrar en cualquier estación del año [7].

Las ventajas de cultivar en invernaderos son las siguientes:

- Anticipación de cosecha
- Aumentar la producción
- Mejorar la calidad de los productos
- Sembrar en cualquier estación del año.
- Control de agua

3.2.1.1. Invernadero de rosas

Mediante el cultivo de rosas en invernaderos se logra que la flor se pueda producir en cualquier lugar y en cualquier época del año. Para conseguirlo los invernaderos deben cumplir algunas condiciones como: el espacio debe ser amplio, la luz debe llegar de una adecuada, la altura debe ser considerable, la ventilación debe ser buena y para los meses de frío es recomendable utilizar un calefactor [8].



Figura 3. Invernaderos de rosas

Preparación de suelo: InfoAgro [8]: “Para el cultivo de rosas el suelo debe estar bien drenado y aireado para evitar encharcamientos, por lo que los suelos que no cumplan estas condiciones deben mejorarse en este sentido, pudiendo emplear diversos materiales orgánicos”.

Plantación: InfoAgro [8]: “La distancia de plantación la tendencia actual es la plantación en 4 filas (60 x 15 cm) (personas no especializadas) o 2 filas (40 x 20 o 60 x 12,5 cm) con pasillos al menos de 1 m (personas especializadas”.

Fertiirrigación: InfoAgro [8]: “La fertilización se realiza a través de riego, abonado de fondo aportado, en caso de haberse realizado. Posteriormente también es conveniente controlar los parámetros de pH y conductividad eléctrica de la solución del suelo, así como los análisis foliares”.

3.2.3. Factores o variables a medir

Las variables que son consideradas en el buen desarrollo del cultivo de rosas en invernaderos son las siguientes: humedad del suelo, humedad relativa y temperatura ambiental, las cuales son un factor muy importante para determinar si es necesario activar el proceso de riego.

3.2.3.1. Humedad del suelo

Esta variable se refiere a la proporción de agua existente por volumen terrestre en la zona de cultivo. El conveniente funcionamiento de esta variable, ayuda a la optimización de la producción de las plantas. Si las plantas anhelan absorber agua del suelo tienen que ejercer una fuerza de absorción más grande que la tensión con la que el agua esta retenida. La humedad del suelo en los cultivos varía conforme a los requerimientos de la planta en sí. Pero en la rosa freedom es de 10°C a 12°C. La virtud de tener cultivos bajo monitoreo constante es que tenemos la posibilidad de tener un control de este componente y conseguir un óptimo desarrollo de la planta, debido a que el exceso o falta de humedad puede producir que la planta no llegue a terminar su desarrollo [1].

Según InfoAgro: Para el cultivo de rosas el suelo se debe considerar dos aspectos importantes: estar bien drenado y aireado, de esta manera se evita encharcamientos, por lo que los suelos que no cumplan estas condiciones deben mejorarse en este sentido, pudiendo emplear diversos materiales orgánicos [8].

3.2.3.2. Humedad relativa

“La humedad relativa pertenece a los componentes que influyen en un cultivo, representa la proporción de vapor de agua contenida en el aire. Las plantas deben sudar agua para trasladar nutrientes, para refrigerarse y para regular su aumento” [1].

La temperatura relativa optima en invernaderos para una rosa generalmente varía entre los 60% y 70% si la temperatura es demasiado baja la rosa demoraría en crecer, si la temperatura es demasiado alta la rosa podría tener enfermedad en sus raíces o hojas [8].

3.2.3.3. Temperatura ambiental

Para la mayoría de los cultivares, el rango de temperatura óptimo oscila entre los 17-25°C, con una mínima de 15°C durante la noche y una máxima de 28°C durante el día. Las rosas son muy sensibles a los cambios de temperatura, de manera que bajas temperaturas pueden retrasar el crecimiento de la planta, incrementar el número de botones ciegos y producir flores con gran número de pétalos y deformes en caso de abrir. Temperaturas excesivamente altas también dañan a la producción, provocando un elevado incremento de botones ciegos y apareciendo flores más pequeñas de lo normal, con escasos pétalos y de color más cálido [9].

3.2.3.4. Estado de tanque

En un proceso de riego es de gran importancia controlar el estado del tanque para el riego de agua es por esta razón que por medio de sensores se puede controlar si el tanque está lleno, medio lleno o vacío, por medio de notificaciones podremos dar a conocer el estado del tanque para poder realizar el proceso de llenado.

3.2.4. Sistema de riego

Desde hace mucho tiempo atrás el sistema de riego se ha utilizado para suministrar de agua a un terreno, con el fin de que aporte al crecimiento de las plantas. Entre los métodos de riego más utilizados se encuentran: Riego por aspersión, Riego por micro compuertas, Riego por inundación y Riego por goteo [1].

3.2.4.1. Riego por aspersión

El sistema de riego por aspersión es muy común encontrarlo en la gran mayoría de sembríos, es conducido a presión hacia los aspersores que producen gotas de manera similar a la lluvia, se utiliza sobre los terrenos ondulados o irregulares donde germinan semillas que necesitan poca agua [10].

Este riego se produce gracias a la presión del agua dentro del sistema, se envía por medio de tuberías y cuando llega a los aspersores es expulsada hacia el exterior como gotas de lluvia.

La presión para que realice este proceso se consigue gracias a las bombas hidráulicas que se encuentran en donde se aspira el agua de un pozo, canal, o tanque; este sistema también puede

funcionar sin una bomba si la fuente de donde proviene el agua se encuentra en una parte mucho más elevada del terreno la cual se requiere regar.

“En zonas donde exista altas temperaturas no se ofrece usarlo para ciertos cultivos como tomate, cebolla, sandía, maíz dulce, entre otros; ya que beneficia el ataque de hongos hacia las plantas de la siembra” [1, p.12].

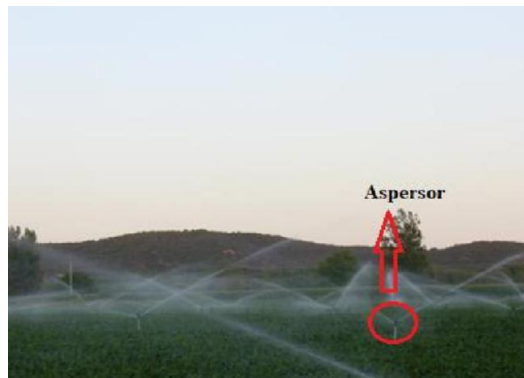


Figura 4. Riego por aspersión [1].

3.2.4.2. Riego por micro compuertas

El riego por micro compuertas, es la versión de hoy y muchísimo más técnica del riego por gravedad; en él, se hace uso de tuberías para conducir y repartir el agua de manera directa en todos los surcos del sembrío, pudiendo mitigar las pérdidas ejecutadas en los canales y regaderas lo cual eleva la eficiencia de este sistema de riego [1].

Aunque es un sistema sencillo se debe ver algunos aspectos como la permeabilidad, evaporación, velocidad de circulación del agua. Se distribuye el agua por la tierra gracias al peso, circula por los conductos de acuerdo a las pendientes, consta de tuberías, válvulas, empalmes haciéndolo flexible y fácil de ensamblaje [10].



Figura 5. Riego por micro compuertas [1].

3.2.4.3. Riego por goteo

El sistema de riego por goteo reduce el uso de agua, con el riego por goteo hay menos contacto del agua con el follaje, los tallos y los frutos, las condiciones son menos favorables para el desarrollo de enfermedades en las plantas. Con un buen programa de riego que cubre las necesidades de las plantas, es posible aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha [11].



Figura 6. Riego por goteo [1].

Las ventajas del riego por goteo son las siguientes:

- Reducción de tiempo y esfuerzo para realizar el riego
- Reducción de agua y mejora el uso sostenible y eficiente
- Mantiene el nivel de humedad óptima en la tierra
- Reduce enfermedades a causa de exceso de humedad

3.2.5. Riego Inteligente

La agricultura es un factor importante para la economía en el mundo, la tecnología evoluciona constantemente de tal manera que se la puede utilizar para poder automatizar diferentes actividades agrícolas como el sistema de riego que se lo puede monitorear por medio de diferentes sensores.

Un riego inteligente usa tecnologías de la información y comunicación (TIC) para poder realizar su respectivo proceso con el fin de optimizar los recursos como: El agua, mano de obra, tiempo. Las decisiones que tome el sistema de riego se consiguen a través de la recolección de datos, el procesamiento de los mismo y la obtención de un valor que es regar o no regar [12]. Por medio de sensores tales como: Sensores de humedad de suelo, temperatura ambiente, y humedad relativa, nos permitirá monitorear datos del riego para el invernadero

permitiendo así poder regar en el momento exacto, y el tiempo óptimo para que las plantas crezcan grandes y saludables.

3.2.6. Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar de lo aprendido en la toma de decisiones [13]. Un aspecto importante para el desarrollo de la IA son los datos. Esto con la intervención del ser humano para que pueda la obtención de datos, utilizar el algoritmo dependiendo al área y obtener finalmente un resultado para la toma de decisiones. De forma general se describe a la IA como: “La habilidad de los ordenadores para hacer actividades que normalmente requieren inteligencia humana” [13].

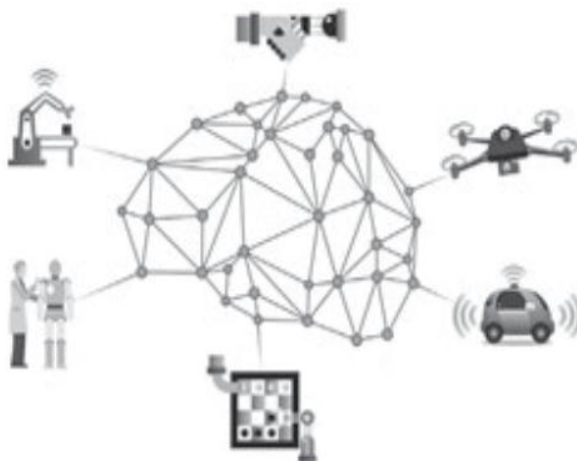


Figura 7. Esquema de uso de la inteligencia artificial [13]

Para facilitar las actividades que sean de manera eficiente en la inteligencia artificial tenga los ordenadores la habilidad con inteligencia humana. Lo que permite la inteligencia artificial, la capacidad de ofrecer las predicciones y sugerencias en la vida como: la salud, el bienestar, la educación, la salud, el trabajo, la agricultura entre otros. Dentro del campo de la Inteligencia Artificial, la técnica utilizada en el desarrollo del proyecto de investigación es la red neuronal que son métodos de aprendizaje automático.

3.2.6.1. Aprendizaje automático

El aprendizaje automático considerado como “aprendizaje de máquinas donde busca algoritmos y heurísticas mediante la conversión de muestras de datos en programas de computadoras” [13]. Al referirse del aprendizaje automático su finalidad es usar algoritmos para aprender de los patrones de datos. Ejemplos claros sobre este tipo de aprendizaje

automático son: las redes sociales “Facebook” o “Google” motor de búsqueda. Los tipos de aprendizaje automático constan de tres grupos como se muestra en la Figura 8.

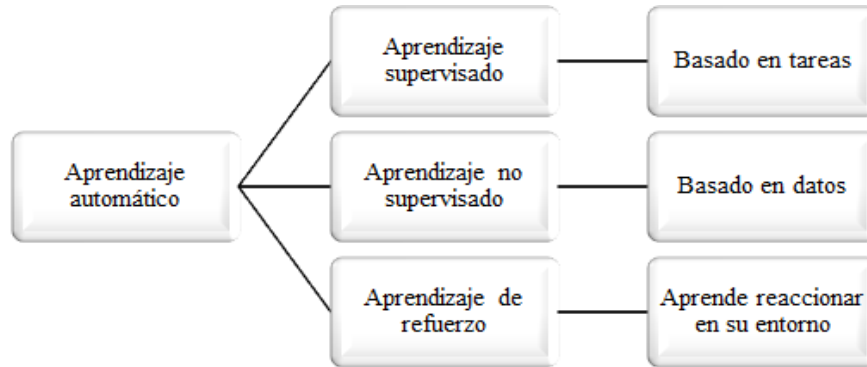


Figura 8. Tipos de aprendizaje automático

Para un aprendizaje supervisado los datos son etiquetados para indicar que estos van a ser categorizados, tiene la retroalimentación con la intervención del ser humano. En no supervisado no se utiliza dato de etiqueta, el algoritmo debe encontrar por si solo para clasificarlo. El aprendizaje por refuerzo esto se considera algoritmos donde aprenden de la experiencia.

3.2.6.2. Áreas de aplicación de técnicas de inteligencia artificial

La inteligencia artificial es empleada en las áreas como: en el tratamiento de lenguaje natural con las traducciones de idiomas, en la robótica con respecto a la navegación de robots móviles, en problemas de percepción relacionado al reconocimiento de objetos y finalmente el aspecto de la investigación en el ámbito del aprendizaje en la modelización de conductas [14].

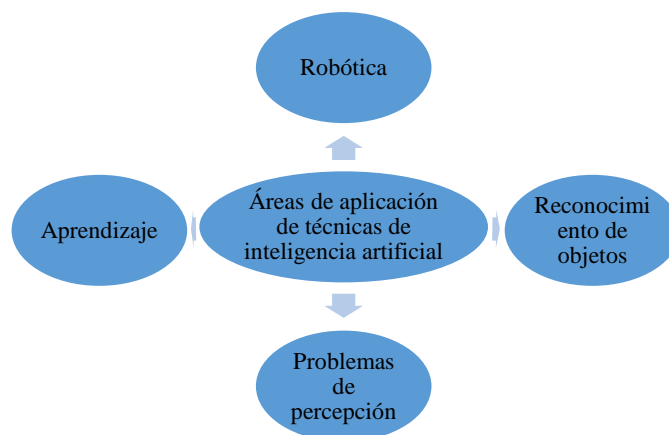


Figura 9. Áreas de aplicación de IA

3.2.6.3. Técnicas de inteligencia artificial

Entre las técnicas más usadas para solucionar problemas que están para satisfacer las necesidades, argumentan las siguiente técnicas de inteligencia artificial [15].

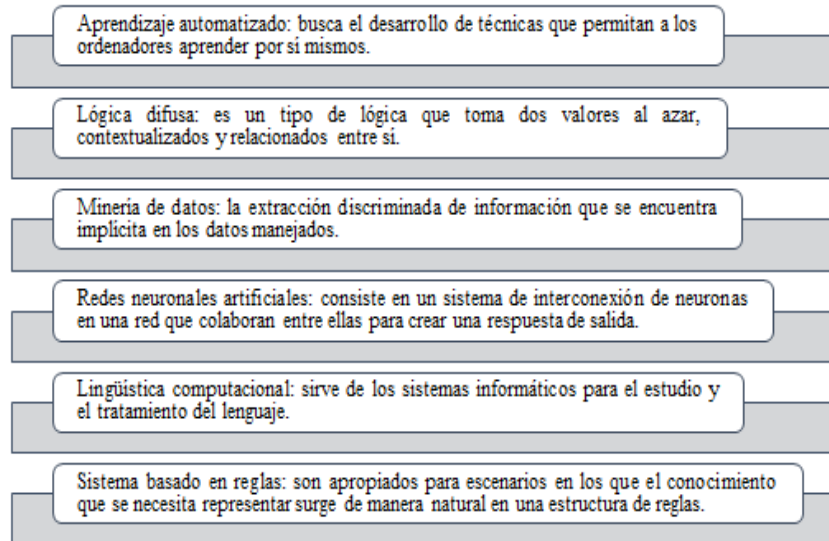


Figura 10. Ejemplos de técnicas de IA.

3.2.7. Redes neuronales artificiales

Una red neuronal biológica se tomó en cuenta como modelo para el desarrollo de las neuronas artificiales. Por lo tanto las redes neuronales se pueden definir como: “Un sistema de computación hecho por un gran número de elementos simples, elementos de proceso muy interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas” [16]

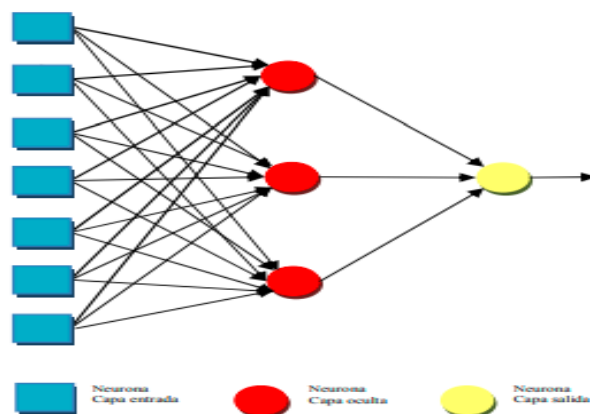


Figura 11. Esquema de una red neuronal artificial [16].

Para la arquitectura de la red neuronal se base mediante el proceso de aprendizaje supervisado. Para el aprendizaje supervisado de la neurona se toma aspectos como: estimulada por un entorno, cambios en sus parámetros y finalmente la respuesta a ese entorno

En los elementos de una red neuronal es importante tener el concepto de perceptrón y su relación. “La red neuronal es un conjunto de perceptrones interconectadas entre si lo que genera una red” [17].

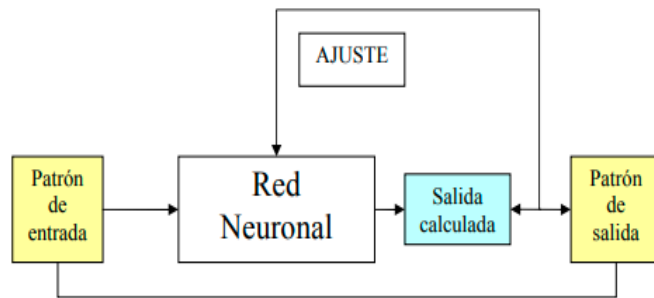


Figura 12. Esquema de funcionamiento de un proceso de aprendizaje supervisado [16]

Los elementos de una red neuronal:

- Señales de entrada: llamada bias trabaja con valores booleanos.
- Pesos sinápticos: permite el impulso o disparo de una señal de entrada
- Unión sumatoria: suma ponderado de señales de entradas con su peso
- Función de activación: evaluar las señales si son aptas, y finalmente la salida resultante.

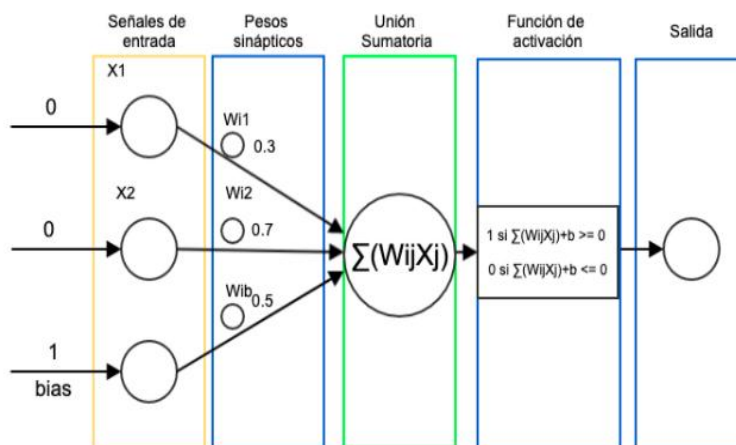


Figura 13. Elementos de un perceptrón [10]

Consta de unidad de procesamiento, estado de activación de cada neurona, patrón de conexión entre neuronas, regla de propagación, función de transferencia, regla de activación y regla de aprendizaje. Teniendo en cuenta la estructura de una red neuronal para la realización de este proyecto de investigación, los pesos de las conexiones se ajustan para codificar la información en un conjunto de datos de entrenamiento donde el proceso es aprendizaje supervisado.

3.2.7.1. Elementos de una red neuronal artificial

Está conformado por la función de entrada, función de activación y función de salida

a. Entradas

Son las encargadas de la recepción de la información. Relacionada con una neurona biológica, son las dendritas quien cumple esa función. En la entrada se enfatizó en la sumatoria de las entradas pesadas: son los valores de entrada de la neurona, el cual se multiplica por sus pesos correspondientes.

Fórmula 1. Sumatoria de entradas pesadas

$$\sum_j(x_{ij}, w_{ij}) \quad (1)$$

En la cual x_{ij} = entrada número 1 a la neurona N_i ; w_{ij} = peso correspondiente.

b. Pesos

Los pesos pueden ser considerados como factores que alcanzan adaptarse dentro de la red que establecen la intensidad de la señal de entrada registrada por la RNA. Con propio peso relativo el cual proporciona la importancia de la entrada dentro de la función de agregación de la neurona. Con los pesos la RNA adquiere conocimiento.

c. Algoritmo de propagación

El algoritmo de propagación “Es un método supervisado de aprendizaje en el cual la salida deseada es dada al algoritmo y la diferencia entre este valor y la salida actual es usada para el mecanismo” [18]. Su algoritmo de entrenamiento es la retropropagación también conocida como la regla delta generalizada Consiste en calcular el gradiente de error para cada vector de entrada; Es uno de los principales algoritmos de aprendizaje para redes neuronales.

Tiene dos fases en su entrenamiento llamadas hacia adelante (propagación hacia adelante) y hacia atrás (propagación hacia atrás). En backpropagation hay una expresión para la derivada

parcial de la función de coste C con respecto a cualquier peso (o sesgo) en la red como muestra en Figura 14.

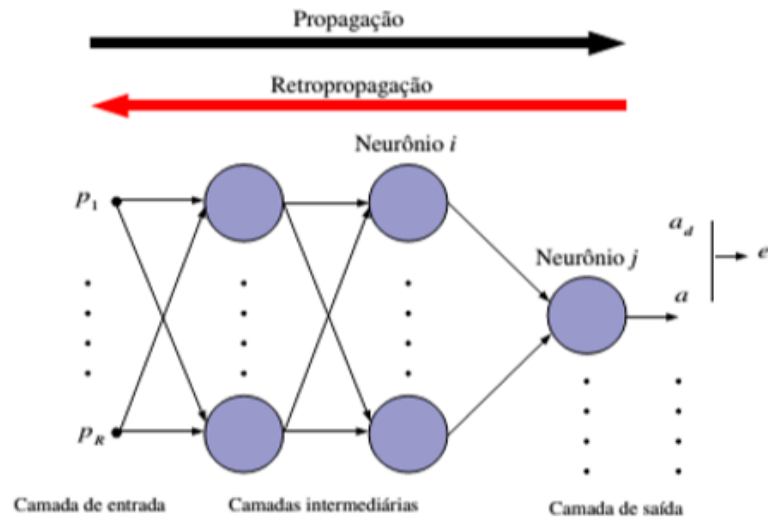


Figura 14. Algoritmo de backpropagation [18]

d. Función de entradas

La entrada, la cual se calcula a partir del vector entrada. La función de entrada puede describirse como sigue:

Fórmula 2. Función de entradas

$$input_i = (in_{i1} \cdot w_{i1}) * (in_{i2} \cdot w_{i2}) \dots (in_{in} \cdot w_{in}) \quad (2)$$

Dónde: * representa al operador apropiado (por ejemplo: máximo, sumatoria, etc.), n al número de entradas a la neurona N_i y w_i al peso.

e. Función de activación:

La función de activación [19] es la encargada de representar las salidas en función de las entradas a cada neurona. Esta función calcula el estado de actividad que tiene una neuronal, convirtiendo en un estado de activación. Se aplica justo a la salida de una capa de la red. Las funciones de activación más utilizadas son las siguientes: Relu y sigmoidea.

- Función Relu: permite transformar los valores introducidos anulando los valores negativos y dejando los positivos.

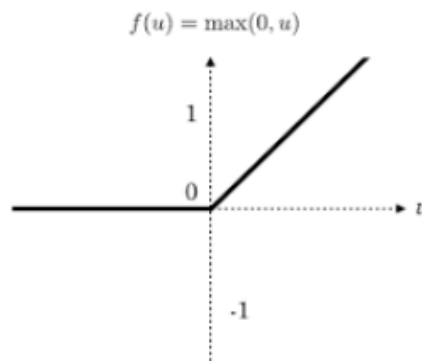


Figura 15. Función Relu [19]

Función sigmoidea: Los valores resultantes que proporciona esta función están comprendidos en un rango de 0 a 1.

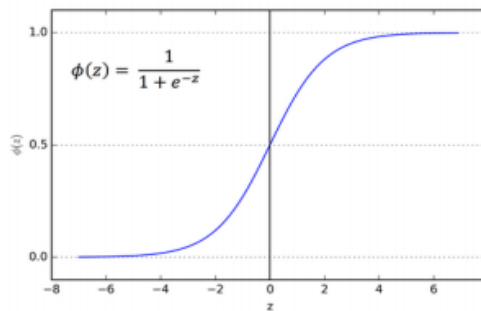


Figura 16. Función sigmoidea [19]

f. Función de salida

El valor resultante de esta función es la salida de la neurona out_i ; por lo que se determina que la salida del valor se transfiere a las neuronas vinculadas. Los valores de salida están comprendidos en el rango $[0, 1]$. También pueden ser binarios $\{0, 1\}$.

Es importante que cumpla con la siguiente condición: Si la función de activación está por debajo de un umbral determinado, ninguna salida se pasa a la neurona subsiguiente.

3.2.7.2. Aprendizaje, validación y codificación de la red neuronal artificial

En [19] nos muestra cómo se es el proceso de la red neuronal artificial, estableciendo los siguientes criterios:

a. Niveles o capas de una red neuronal

- Entrada: recibe directamente la información proveniente de las fuentes externas de la red.

- Oculta: representa la red interna y no tienen contacto directo con el entorno exterior.
- Salida: transfieren información de la red hacia el exterior.

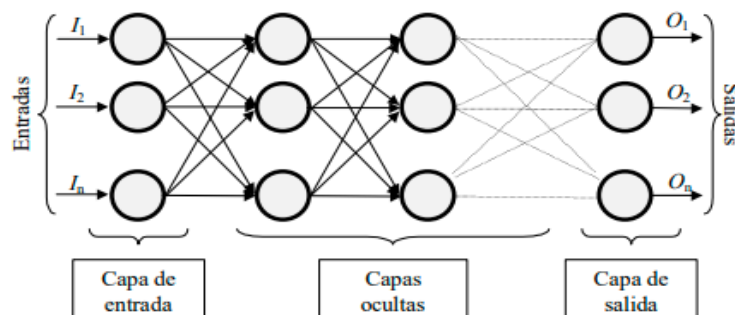


Figura 17. Niveles o capas de una red neuronal [19]

b. Fase de entrenamiento

En el entrenamiento de la RNA, se considera que el conocimiento está representado en los pesos de las conexiones entre las neuronas [1]. Todo proceso de aprendizaje involucra cierta cantidad de cambios en estas conexiones.

El proceso de entrenamiento de la red neuronal puede realizarse por dos niveles:

- Por medio de modelado de la sinapsis: alterar los pesos sinápticos siguiendo cierta regla de aprendizaje, construido normalmente desde la optimización de una función de coste o error, que mide la eficacia existente con relación a la operación de la red.

Fórmula 3. Proceso de entrenamiento de la red neuronal

$$w_{ij}(t + 1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}(t) \quad (3)$$

Detalla $w_{ij}(t)$ al peso que conecta la neurona presináptica j con la postsináptica i en la iteración t , el algoritmo de aprendizaje, en función de las señales que en el instante t llegan procedentes del entorno facilitará en valor $\Delta w_{ij}(t)$ que da la modificación que se debe incorporar en dicho peso.

- Por destrucción y creación de neuronas: se trata de las modificaciones de la arquitectura de la red.

c. Fase de validación o test

Una vez finalizado la fase de entrenamiento continúa la fase de ejecución durante la cual se pide a la red que responda a estímulos que son diferentes a los que fueron presentados durante el proceso de entrenamiento. Para esto, se presentan datos diferentes de los utilizados en el proceso de aprendizaje.

3.2.7.3. Características de las redes neuronales

En la estructura de la red neuronal se caracteriza por: la arquitectura, el mecanismo de aprendizaje el tipo de asociación realizada entre la información de entrada y de salida, y, por último, la forma de representación de estas informaciones. En [20] menciona las características de las redes neuronales:

- **Arquitectura:** en la organización y disposición de la neurona
- **Mecanismo de aprendizaje:** la red neuronal modifica sus pesos durante el proceso de aprendizaje (modificaciones) con respecto a la información de entrada.
- **Tipo de asociación entre la entrada y salida:** de acuerdo al tipo de asociación existe la hetero asociación la red aprende pareja de datos y la auto asociación la red aprende ciertas informaciones

3.2.8. Metodología de desarrollo ágil

Mediante la metodología ágil es un proceso que permite al equipo dar respuestas rápidas e impredecibles a las valoraciones que reciben sobre su proyecto [21]. Para esto se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- **Iterativo:** Una iteración es un conjunto de periodos de tiempo donde se produce una versión ejecutable del producto y la documentación necesaria. El modelo iterativo incremental se basa en etapas incrementales basadas en la modelo cascada.
- **Incremental:** Se centra en desarrollar el sistema en partes, de forma que se van entregando a medida que se van completando. Permite entrega por pequeñas partes del software.

3.2.8.1. Scrum

Esta metodología trabaja de forma incremental [21] lo que permite dividir el trabajo en tareas pequeñas ayudando a realizar proyectos de calidad en tiempos cortos, Este marco de referencia busca dividir las tareas grandes por subtareas sencillas que pueden ser realizadas en

un menor tiempo, de esta manera se podrá detectar las funcionalidades del proyecto de investigación

a. Roles

Están definidos por el grupo de trabajo en la metodología SCRUM como se detalla a continuación:

- Product Owner: es la persona que interactúa con el equipo, designa las prioridades y da revisión constante en cada iteración.
- Scrum Team: constituye a las personas que participan en la realización del producto.
- El Scrum Master: es una guía para realizar los lineamientos de la metodología ágil, cumple como papel de líder teniendo experiencia en la resolución de problemas y motivación al resto del equipo que trabaja sobre el sistema, buscando siempre un trabajo colaborativo.

b. Artefactos

Los artefactos ayudan a mantener organizado el proyecto, lo cual permite planificar y organizar cada uno de los Sprint [22]:

- Pila del Producto: este representa un listado de los requisitos, funcionalidades designadas por el dueño del producto. Esta lista, representa "qué es lo que se pretende" pero sin mencionar "cómo hacerlo".
- Pila sprint: se constituye por la lista de tareas en las que se descomponen las funcionalidades especificadas por el cliente. Se puede considerar un subconjunto de las la totalidad de los requerimientos lo que permite finalizar cada sprint.
- Incremento de la funcionalidad: Es el resultado de cada sprint en donde consiste en una versión de software previsto, probado y en funcionamiento.

3.2.9. Herramientas de hardware

Las herramientas utilizadas en el proceso de investigación pen el prototipo se tomó en cuenta los siguientes:

3.2.9.1. Arduino uno

Es una placa de desarrollo basada en el IDE de Arduino, contiene pines para comunicación con otros equipos, además posee 14 pines para lectura de datos de sensores tanto 67

analógicos como digitales, para control de motores y otros. Está orientado el desarrollo de proyectos que permitan tener el control en cualquier área que se desee aplicar [1].



Figura 18. Placa Arduino Uno [1]

3.2.9.2. Higrómetro FC-28

Es un sensor que mide la humedad del suelo, son utilizados especialmente para realizar sistemas automáticos de riego para saber cuándo es necesario la realización del riego.



3.2.9.3. Sensor de temperatura y humedad

Es un sensor de temperatura y humedad, es de tipo digital, de bajo costo, se utiliza para realizar mediciones de temperatura y humedad relativa



Figura 20. Sensor DHT11

3.2.9.4. Módulo Relé

Es un dispositivo electromagnético, sirve como un interruptor es controlado por un circuito eléctrico el cual permite abrir o cerrar varios circuitos.



Figura 21. Módulo Relé

3.2.9.5. Sensor de nivel de agua tipo boya

Es un sensor que nos sirve para medir el nivel del agua en el tanque y saber si esta optimo, medio, o está cerca a terminarse, se lo utiliza los sistemas de riego específicamente en tanques, cisternas, etc.



Figura 22. Sensor de nivel de agua tipo boya [1]

3.2.10. Herramientas de software

En el proyecto de investigación se realizó una breve síntesis sobre las herramientas de software que ayudara para el desarrollo de la aplicación web:

3.2.10.1. Python

Se trata de un lenguaje de programación soporta parcialmente la orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Esta conjuntamente con el entorno de trabajo Django lo que permite el desarrollo de la aplicación web.

3.2.10.2. Arduino

Es una plataforma de desarrollo de software libre.

3.2.10.3. MySQL

Es un sistema gestor de base de datos tiene licencia pública y es considerada la base de datos - de código abierto más popular en todo el mundo.

3.2.10.4. Visual Studio Code

Es un editor de código fuente.

3.2.10.5. Java Script:

Es un lenguaje de programación orientado a objetos.

3.2.10.6. Css

Es un lenguaje enfocado en diseños y presentación de estilos para páginas web.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica permitirá la recopilación de la información en fuentes bibliográficas de manera eficiente que ayudará a tener un sustento científico para el desarrollo del proyecto de investigación principalmente en redes neuronales artificiales, funcionamiento y el proceso. Esta investigación bibliografía por medio de los buscadores digitales especializados y los catálogos on-line de las principales bibliotecas, lo que facilitara enormemente para la obtención de la información.

4.1.2. Investigación de campo

La recopilación de la información se realiza en un ambiente específicamente en un invernadero de rosas donde se presenta el hecho (riego del agua). Va ser una investigación que sigue un método comprobado de recopilación y análisis de la información que se obtiene y esto va ser comprobado directamente en el campo donde se presenta el hecho bajo estudio.

4.1.3. Investigación explicativa

La investigación cuyo objetivo de estudio es analizar el sistema de riego manual que se maneja los invernaderos de rosas (fenómeno particular) con la finalidad de explicarlo en el

ambiente donde sucede, interpretarlo y dar a conocer el reporte correspondiente al contar con un riego inteligente.

4.1.4. Investigación experimental

Esta investigación se ocupó por fenómeno “el riego manual”, dentro de un ambiente específico “invernadero de rosas” e ir modificando diferentes elementos como: temperatura, humedad relativa, humedad de suelo, para observar qué sucede. El cual se va a manipular de variables experimentales en condiciones rigurosamente controladas para simular. A partir de los resultados obtenidos en cada observación se obtiene la información valiosa para elaborar la tesis.

4.2. MÉTODOS TEÓRICOS

Mediante los métodos teóricos está relacionado al descubrir en el objeto de investigación las relaciones esenciales y las cualidades fundamentales riego inteligente y redes neuronales permitiendo conceptualizar la realidad. Por tanto, en la investigación se utilizó el método analítico – sintético e hipotético – deductivo.

4.2.1.Método analítico - sintético

Este método tiene una gran utilidad en el proyecto de investigación con respecto al análisis posibilita descomponer en lo más esencial en relación al objeto de estudio “Invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales” y en síntesis las generalizaciones que contribuyan a la solución del problema científico.

4.2.2.Método hipotético - deductivo

Este método nos propone una serie de pasos primero verificar la existencia del problema a resolver con el desarrollo del sistema ya sea mediante la observación del fenómeno de estudio y luego es generar la hipótesis para explicar la existencia de dicho problema y después el investigador debe proponer una solución al problema en dado caso que su hipótesis sea verdadera, para empezar con el desarrollo del sistema informático.

En la investigación se utilizará este método, que permitirá plantear la hipótesis y a partir de ella se podrá explicar el tema que se investigó, realizando deducciones que nos ayuden a comprobar la veracidad o la falsedad del problema a solucionar

4.3.MÉTODOS EMPÍRICOS

El proyecto de investigación mediante el método empírico se va observar y experimentar.

4.3.1.Técnicas de Investigación

Se va utilizar un conjunto de herramientas y procedimiento lo cual permitirá obtener la información.

4.3.1.1. Bibliográfica

Se aplicó esta técnica porque permite encontrar información que se requiere sobre redes neuronales, el proceso de riego en los invernaderos y las herramientas de software y hardware a utilizarse.

4.3.1.2. Entrevista

Se realiza una entrevista, el cual va ser entre dos personas el entrevistador (grupo de investigación) y el entrevistado (propietario del invernadero de rosas). Este es el método más completo para adquirir información por estar en contacto directo con la fuente para la obtención de la información para la investigación.

4.3.1.3. Observación

La observación va ser directa debido a que se obtendrán los datos para el proyecto de investigación de la población este caso en un invernadero de rosa. Mediante esta técnica se permite observar el proceso de riego en los invernaderos de rosas y datos de temperatura y humedad de las rosas, tomando esta información para el análisis.

4.3.1. Instrumentos de Investigación

Los instrumentos de investigación ayudo a obtener información sobre el problema del proyecto de investigación que se está realizando.

Por consiguiente, se optó por los siguientes instrumentos:

4.3.2.1.Ficha bibliográfica

Mediante la ficha bibliográfica se va identificar las fuentes de información en el funcionamiento de la red neuronal, riego inteligente, antecedentes de proyectos vinculados.

4.3.2.2. Guía de la entrevista

Se basó en una entrevista estandarizada debido a que se presentó un cuestionario se realizó en forma oral con el fin de conocer las necesidades y obtener una información más completa sobre el problema del proyecto de investigación.

4.3.2.3. Ficha de observación

Mediante este instrumento se recoge el proceso de riego en invernadero de rosas y los datos como: humedad del suelo, humedad relativa y temperatura.

4.3.3. Población y Muestra

La población con la que se realiza la investigación son los invernaderos de rosas en la provincia de Cotopaxi, debido a que se encuentra la mayor cantidad de producción florícola.

4.3.4. Cálculo de la Muestra

La investigación es de tipo de muestreo no probabilístico, porque se utiliza para extraer un muestreo de probabilidad aleatorio. Se consideró para no obtener un cálculo de muestra por el motivo que se tomó a un invernadero de rosas America Flowers, para la realización de la investigación de campo, para la obtención de los datos y por lo tanto los resultados.

4.4. METODO ESPECÍFICO-ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM

Para el proyecto de investigación se adaptó la metodología Scrum ya que nos permite asignar roles y tareas; además permite interactuar el equipo de trabajo con el dueño del producto permitiendo una adaptación continua y así fomentar el trabajo en equipo.

4.4.1. Definición de roles

Para la asignación de los roles del proyecto de investigación se detalla de la siguiente manera Tabla 2.

Tabla 2. Roles de la metodología Scrum

Nombre	Rol	Descripción
Ing. MSc. José Augusto Cadena Moreano	Scrum Master	Se encarga de orientar al equipo de desarrollo para que cumpla correctamente todo el desarrollo del proyecto de investigación.
Washington Bladimir Cayambe Cajo	Scrum Team	Es el equipo de desarrollo encargado de la construcción del prototipo, aplicación web y documentación del proyecto de investigación.
Vanessa Alexandra Chillagana Valverde		
Sra. America Viracocha	Product Owner	Encargado de maximizar el valor del producto, a través de requerimientos e historias de usuario del proyecto.

4.4.2. Historias de usuario

Continuando con el proceso de desarrollo de la metodología Scrum se muestran las historias de usuario. Las mismas que fueron analizadas puesto que son redactadas en lenguaje natural, por tal razón se trasladó a una plantilla mejor elaborada.

4.4.3. Planificación del Product backlog

Para la realización de la planificación del product backlog se basó en las historias de usuario.

4.4.3.1. Técnica de priorización

Elaborado por: Los investigadores

Para realizar la planificación del Product backlog se toma en cuenta la técnica para priorizar las tareas a desarrollar; *MoSCoW* la cual combina las letras de: *Must*, *Should Have*, *Could Have*, *Would not Have*.

Para representar esta técnica se asignó una de las letras a cada una de las características, en base a la siguiente definición:

Tabla 3. Técnica de priorización

Técnica	Abreviatura	Significado	Descripción	Asignación
<i>Must have</i>	<i>M</i>	debe tener	Requisito obligatorio	Alta
<i>Should Have</i>	<i>S</i>	debería tener	Requisito de alta prioridad que en la medida de lo posible debería ser incluido en la solución final.	Media
<i>Could Have</i>	<i>C</i>	podría tener	Requisito deseable pero no necesario	Baja
<i>Would not Have</i>	<i>W</i>	no tendría	Requisitos que están descartados	Ninguna

Elaborado por: Los investigadores

A continuación, en la Tabla 4 se detalla la priorización de las historias de usuario con la técnica de priorización que detallado en la Tabla 3, en el cual se pretende implementar cada uno de los requerimientos del Product backlog.

Tabla 4. Priorización de las historias de usuario

N°	Nombre de historia de usuario	M	S	C	W
1	Como administrador requiero registro de usuarios para la utilización de la aplicación web.			X	
2	Como administrador requiero iniciar sesión para tener seguridad al ingresar a la aplicación web.	X			
3	Como administrador requiero editar el registro de usuarios			X	

	para la utilización de la aplicación web.				
4	Como administrador requiero que el prototipo de riego obtenga y envíe datos a la aplicación web para solicitar si la planta requiere riego.	X			
5	Como administrador requiero que se pronostique el riego de manera inteligente.	X			
6	Como administrador necesito monitorear los datos de humedad relativa, temperatura y el estado de humedad de suelo que son obtenidos por el prototipo.	X			
7	Como administrador requiero visualizar el registro de riego (fecha de inicio, fecha de finalización, nivel de agua y el estado de tanque).		X		
8	Como administrador requiero él envíe de una notificación del tanque a un correo electrónico.		X		

Elaborado por: Los investigadores

4.4.3.2. Estimación de las historias de usuario

Para estimar el valor y tiempo estimado de cada una de las historias de usuario se utilizó la técnica *Planning Poker*, la cual se estimará de manera ágil el esfuerzo o tamaño relativo de las actividades de desarrollo de software, por medio del consenso de los miembros del equipo de desarrollo. En base a la dificultad que la historia de usuario requiera. A partir de lo mencionado anteriormente, en la Tabla 5 se muestra la estimación de cada historia de usuario.

Tabla 5. Estimación de las historias de usuario

Nº	Nombre de historia de usuario	Prioridad	Valor estimado	Tiempo estimado (semanas)	Sprint
HU001	Como administrador requiero registro de usuarios para la utilización de la aplicación web.	C	1		
HU002	Como administrador requiero iniciar sesión para tener seguridad al ingresar a la aplicación web.	M	1	1	1
HU003	Como administrador requiero editar el registro de usuarios para la utilización de la aplicación web.	C	3		
HU004	Como administrador requiero que el prototipo de riego obtenga y envíe datos a la aplicación web para solicitar si la planta requiere riego.	M	10	2	2
HU005	Como administrador requiero que se pronostique el riego de manera	M	10	2	

	inteligente.				
HU006	Como administrador necesito monitorear los datos de humedad relativa, temperatura y el estado de humedad de suelo que son obtenidos por el prototipo.	M	5	1	3
HU007	Como administrador requiero visualizar el registro de riego (fecha de inicio, fecha de finalización, nivel de agua y el estado de tanque).	S	5	1	
HU008	Como administrador requiero él envié de una notificación del tanque a un correo electrónico.	S	5	1	

Elaborado por: Los investigadores

4.5.4. Sprint 1

Para la planificación de los Sprint 1 se considera el tiempo, prioridad y responsable de las tareas propuestas a desarrollar, a continuación, se detalla las tareas ya conformadas en el primer Sprint 1.

Tabla 6. Tareas a desarrollar del Sprint 1

Tareas a desarrollar			
N° Historia de usuario	Historia de usuario	Prioridad	Responsable
HU001	Como administrador requiero registro de usuarios para la utilización de la aplicación web.	C	Washington Cayambe
HU002	Como administrador requiero iniciar sesión para tener seguridad al ingresar a la aplicación web.	M	Washington Cayambe
HU003	Como administrador requiero editar el registro de usuarios para la utilización de la aplicación web.	C	Vanessa Chillagana

Elaborado por: Los investigadores

4.5.4.1. Caso de uso general

Para el caso de uso general de la descripción de las actividades o acciones realizadas por el administrador y usuario. Y los actores que intervienen en el sistema de riego.

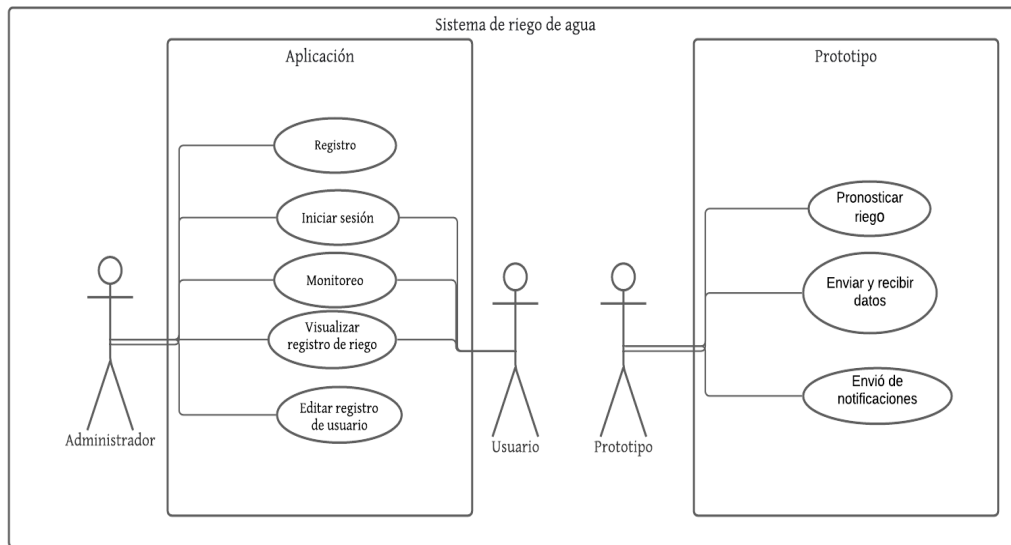


Figura 23. Caso de uso general del riego inteligente

4.5.4.2. Caso de uso a detalle

Mediante este instrumento se detalla todas las maneras que los actores previstos podrían trabajar, para este Sprint, para el desarrollo de la aplicación web. Con las siguientes historias de usuario: Registro de usuarios, iniciar sesión y editar usuario

Tabla 7. Casos de uso-Registro de usuario

Registrar usuario	
Código	CU001
Descripción	Este caso de uso permite al administrador el registro de usuarios en la aplicación de usuario en la interfaz web.
Actores	Administrador, usuario
Precondición	El administrador debe estar registrado, para ingresar a la aplicación web.
Flujo Principal “Registrar usuario”	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción “Usuarios”. 2. La aplicación web muestra la interfaz de usuarios. 3. El administrador selecciona la opción “Nuevo usuario”. 4. La aplicación web muestra la registrar de usuarios. 5. El administrador llena todos los campos. 6. La aplicación web muestra el mensaje “Registro completo”. 	
Flujo Alterno	
<i>En caso de que el administrador no llene todos los campos:</i>	
9A. La aplicación web notifica un mensaje “Complete este campo”	
Post-Condición: Se registra a nuevo usuario.	

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 8. Caso de uso a detalle- Iniciar sesión

Iniciar sesión	
Código	CU002
Descripción	Este caso de uso permite al administrador iniciar sesión en la aplicación web.
Actores	Administrador
Precondición	El administrador debe estar registrado, para ingresar a la aplicación web
Flujo Principal “Iniciar sesión en la aplicación web”	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador ingresa a la interfaz de inicio de sesión. 2. El usuario se autenticará (nombre de usuario y clave) 3. La aplicación web muestra la página principal. 	
Flujo Alterno	
<i>En caso de que usuario y clave no coincida con los registros de la BD:</i>	
4A. La aplicación web notifica un mensaje ‘Usuario o contraseña incorrecta, por favor intente nuevamente’	
Post-Condición: Se inicia sesión con perfil del usuario.	

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 9. Caso de uso- Editar usuario

Editar usuario	
Código	CU003
Descripción	Este caso de uso permite editar al usuario en la aplicación web.
Actores	Administrador
Precondición	El administrador debe estar registrado, para editar usuario en la aplicación web.
Flujo Principal “Editar usuario”	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador elige la opción “Usuarios”. 2. La aplicación web muestra la interfaz. 3. El administrador selecciona el icono “editar usuario”. 4. La aplicación web muestra la interfaz de “Editar usuario”. 5. El administrador llena el campo a modificar. 6. El usuario elige la opción “Editar usuario”. 	
Flujo Alterno	
<i>En caso de que los datos estén incompletos:</i>	
5A. La aplicación web mostrará un mensaje de “Complete este campo”	
Post-Condición: Se registra usuario correctamente	

Elaborado por: Los investigadores

4.5.4.3. Diseño de interfaces gráficas de usuario

a. Registro de usuario

En esta historia de usuario las personas pueden acceder al sistema mediante un previo registro, el cual consta de un nombre de usuario, contraseña, confirmar contraseña, nombre,

apellido, correo, cabe mencionar que para un registro exitoso se debe llenar todos los campos requeridos.

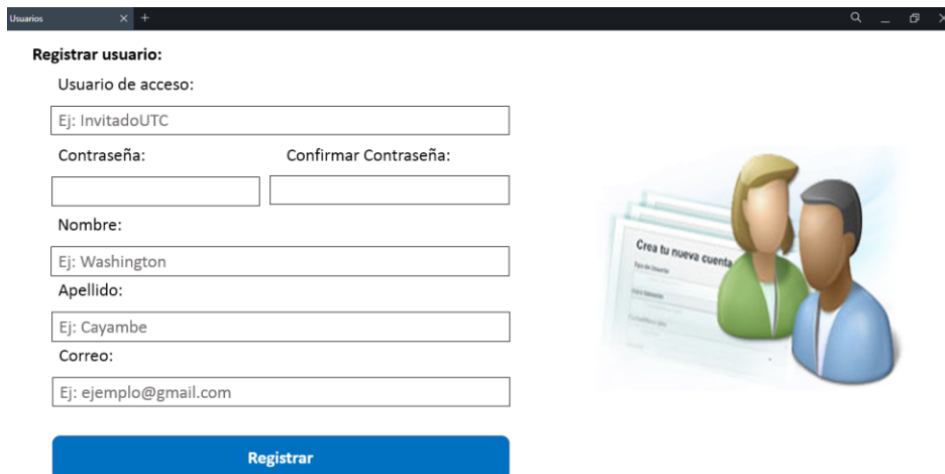


Figura 24. Interfaz de Registro de usuario

b. Iniciar sesión

En la historia de usuario puede ingresar al sistema digitando su usuario y su clave de acceso registrada previamente en el registro de usuarios, si el usuario no ingresa los datos correctos no podrá ingresar al sistema.

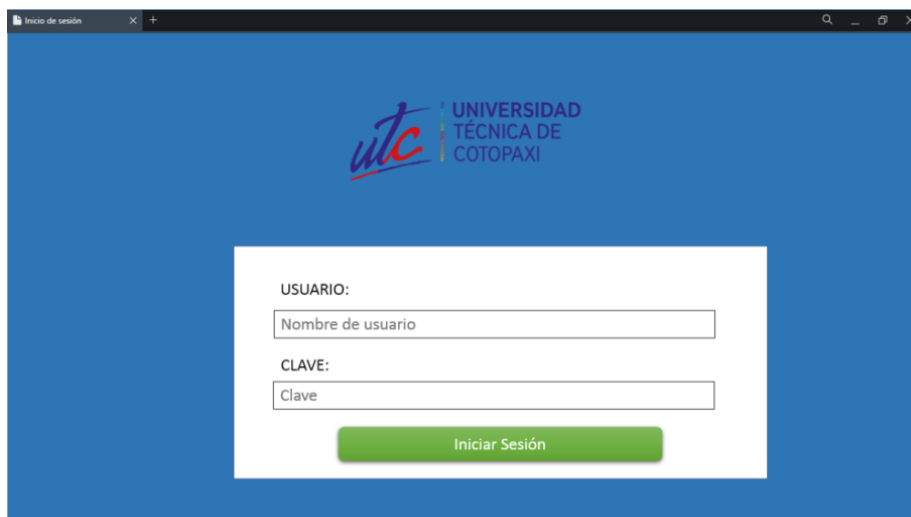


Figura 25. Interfaz Iniciar sesión

c. Editar registro de usuarios

En esta historia de usuario puede modificar todos los datos o algún dato en específico, es importante llenar todos los campos y digitar la confirmación de la contraseña igual que la primera, cabe mencionar que la contraseña debe ser una contraseña segura.

Figura 26. Interfaz Editar registro de usuarios

4.5.4.4. Pruebas

Las pruebas corresponden al Sprint 1 que corresponde a tres historias de usuario el cual se pretende comprobar y evaluar cada uno de los casos de uso de la aplicación web desarrollada, en este caso el de “Registro de riego”, “Iniciar sesión” y “Editar registro de usuario”, así como el resultado obtenido.

Tabla 10. Pruebas de historia de usuario Registro de usuario

Caso de prueba	Registro de usuario
Núm. Caso de prueba	CP001
Caso de Uso del requerimiento	HU001
Descripción	El administrador registra los datos de los usuarios según se requiera.
Condiciones	Abrir el sistema en la ventana registro.
Entradas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario de acceso 2. Contraseña 3. Confirmar contraseña 4. Nombre 5. Apellido 6. Correo electrónico
Resultado Esperado# 1	Se registran los datos ingresados en la Base de Datos
Resultado Esperado# 2	Complete este campo con: @#% Ar1
Resultado Esperado# 3	Correo electrónico no valido.
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 11. Prueba de historia de usuario de Iniciar sesión

Caso de prueba	Iniciar sesión
Núm. Caso de prueba	CP002
Caso de Uso del requerimiento	HU002
Descripción	El administrador ingresa sus datos.
Condiciones	Abrir la aplicación web.
Entradas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario 2. Clave
Resultado Esperado# 1	Se registran los datos ingresados en la Base de Datos
Resultado Esperado# 2	Usuario o contraseña incorrecta, por favor inténtalo nuevamente
Resultado Esperado# 3	Complete este campo con: @#%Ar1
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 12. Prueba de historia de usuario de Editar registro de usuario

Caso de prueba	Editar registro de usuario
Núm. Caso de prueba	CP003
Caso de Uso del requerimiento	HU003
Descripción	El administrador registra los datos de los usuarios según se requiera.
Condiciones	Abrir el sistema en la ventana registro.
Entradas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario de acceso 2. Contraseña 3. Confirmar contraseña 4. Nombre 5. Apellido 6. Correo electrónico
Resultado Esperado# 1	Se modifican los datos ingresados en la Base de Datos
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

4.5.4.5. Diagrama de flujo de proceso

En el prototipo de riego inteligente muestra las iteraciones de las actividades del proceso del prototipo de riego inteligente con redes neuronales. Donde interactúan cuatro actores tales como: el prototipo, el administrador, el usuario y la aplicación web.

Como primer inicio se carga la red neuronal, luego ingresa el usuario, se da la validación de los datos ingresados por el usuario.

El usuario selecciona la opción de “agregar usuario”, la base de datos valida y guarda.

Si el usuario elije “estado de tanque”, la base de datos válida esa información si el estado de tanque es menor a cincuenta por ciento envía una notificación al correo en caso contrario no realiza ninguna acción. Si el usuario elije “Registro de riego” realiza el prototipo el pronóstico de la red neuronal artificial, los datos son almacenados en la base de datos una vez guardado, la aplicación web muestra los datos de los sensores si nos da un valor de uno se activa la electroválvula caso contrario si nos da un valor de cero no realiza ninguna acción y finaliza el proceso de registro de riego.

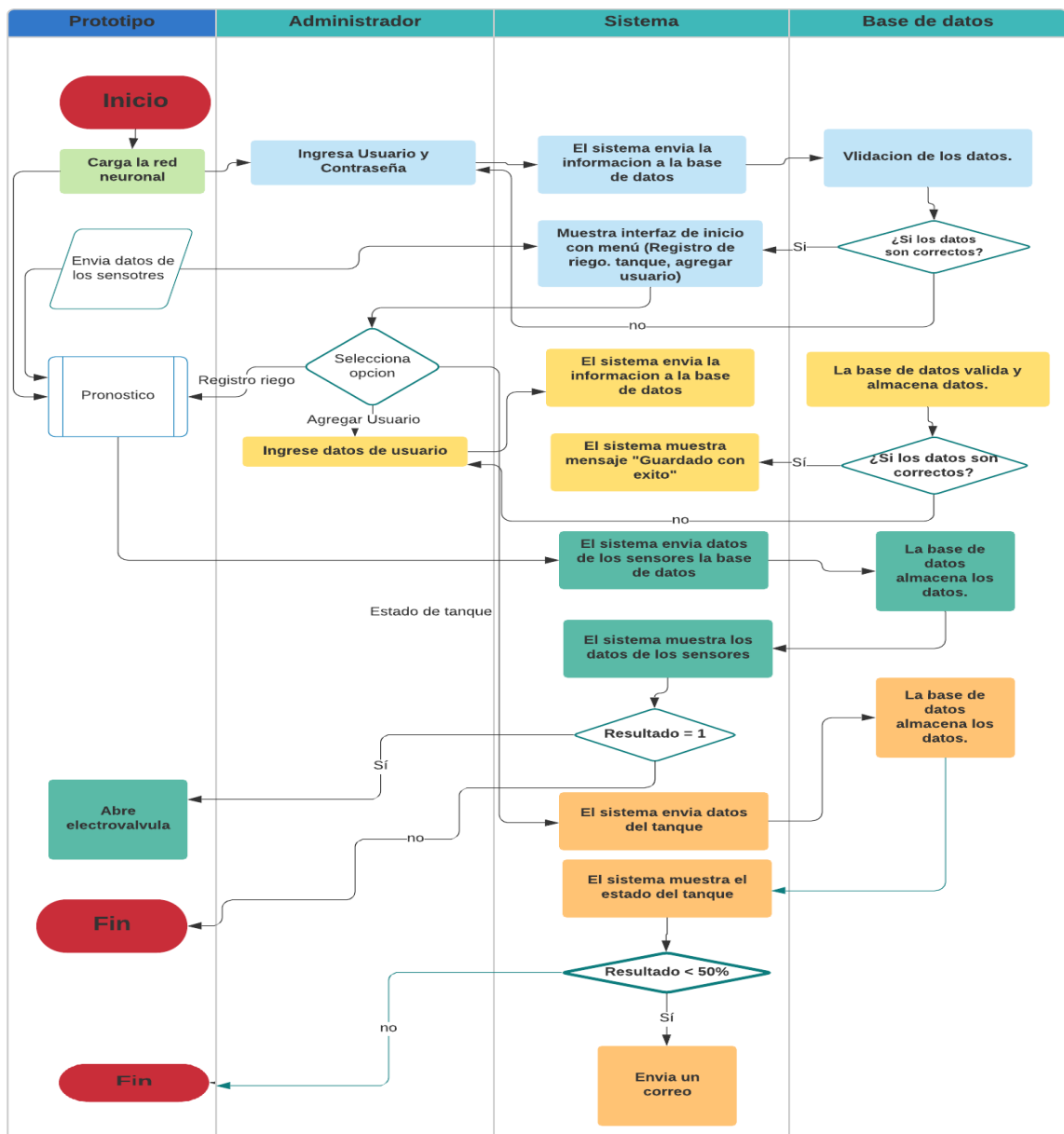


Figura 27. Diagrama de flujo de proceso del prototipo de riego inteligente

4.5.5. Sprint 2

Para la planificación de los Sprint se considera el tiempo, prioridad y responsable de las tareas propuestas a desarrollar, a continuación, se detalla las tareas ya conformadas en el segundo Sprint. Tomando en cuenta a los actores de prototipo y el administrador en este sprint.

Tabla 13. Tareas a desarrollar del Sprint 2

Tareas a desarrollar			
N° Historia de usuario	Historia de usuario	Prioridad	Responsable
HU004	Como administrador requiero que el prototipo de riego obtenga y envíe datos a la aplicación web para solicitar si la planta requiere riego.	M	Washington Cayambe
HU005	Como administrador requiero que se pronostique el riego de manera inteligente.	M	Washington Cayambe

Elaborado por: Los investigadores

4.5.5.1. Caso de uso a detalle

Mediante este instrumento se detalla todas las maneras que los actores previstos podrían trabajar, para este Sprint, para el desarrollo de la aplicación web. Con las siguientes historias de usuario: Enviar datos y pronosticar riego.

Tabla 14. Caso de uso a detalle-Enviar datos

Enviar datos	
Código	CU004
Descripción	Este caso de uso permite pronosticar el riego a través de los sensores de humedad del suelo, humedad relativa y temperatura.
Actores	Prototipo y administrador
Precondición	-Los sensores deben estar conectados correctamente. -La red neuronal debe estar entrenada.
Flujo Principal “Enviar datos”	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Los sensores reciben los datos de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura. 2. Los sensores envían los datos al prototipo. 3. El prototipo envía los datos a la aplicación web. 	
Post-Condición: Se realiza el envío de datos a la aplicación web.	

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 15. Caso de uso a detalle-Pronosticar riego

Pronosticar riego	
Código	CU005
Descripción	Este caso de uso permite pronosticar el riego a través de los sensores de humedad del suelo, humedad relativa y temperatura.
Actores	Prototipo y administrador
Precondición	-Los sensores deben estar conectados correctamente. -La red neuronal debe estar entrenada.
Flujo Principal “Pronosticar riego”	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Los sensores reciben los datos de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura. 2. Los sensores envían los datos al prototipo. 3. El prototipo compara los datos recogidos con los datos entrenados. 4. El prototipo da como resultado el valor de uno. 5. El prototipo activa la electroválvula y se realiza el riego. 	
Flujo Alternativo	
<i>En caso de que el resultado se de valor 0:</i>	
5A. El prototipo no activa la electroválvula y no se realiza el riego	
Post-Condición: Se realiza el riego de manera óptima.	

Elaborado por: Los investigadores

4.5.5.2. Diseño del prototipo

Mediante el análisis y recolección de información se procede con el diseño estructural del sistema de riego inteligente, el procedimiento desarrollado fue el diagrama general del prototipo y la conexión del prototipo en el cual se detalla la conexión de los sensores, conexión de la electroválvula y la conexión de los sensores de boya para el nivel del tanque.

a. Diagrama general del prototipo

Se divide en dos etapas, la etapa uno se forma con la recolección de datos ambientales, almacenamiento de datos y la creación de la red neuronal, la etapa 2 se forma por la recolección de datos ambientales, implementación de la red neuronal y la toma de decisiones.

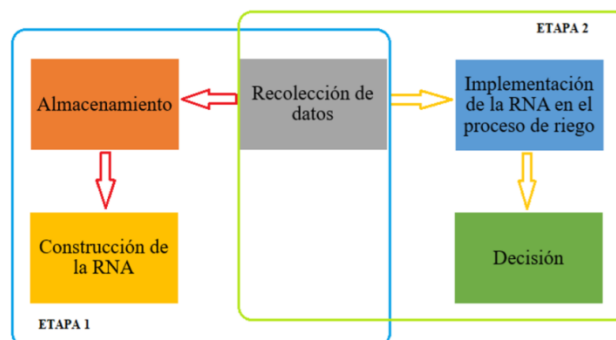


Figura 28. Diagrama de bloques del desarrollo del riego inteligente

b. Diagrama de bloque de la primera etapa

El diagrama de la primera etapa consta de tres procesos los cuales son: recolección de datos, almacenamientos de datos y finalmente la construcción de la red neuronal en base a los datos encontrados.

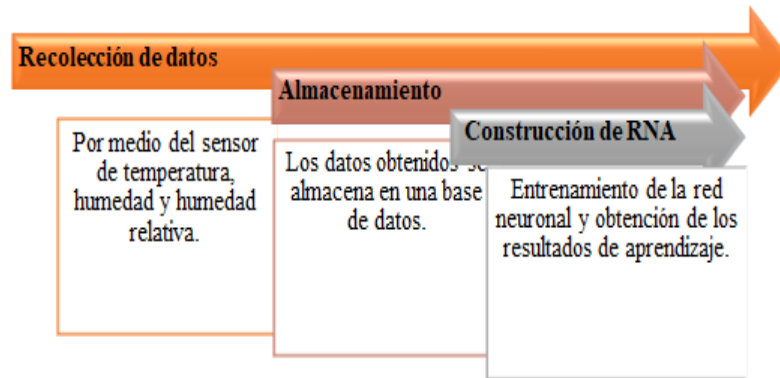


Figura 29. Diagrama de bloque de la primera etapa

c. Diagrama de bloques de la segunda etapa:

Esta etapa consta de tres procesos los cuales son: recolección de los datos obtenidos, implementar la red neuronal y finalmente la toma de decisión.

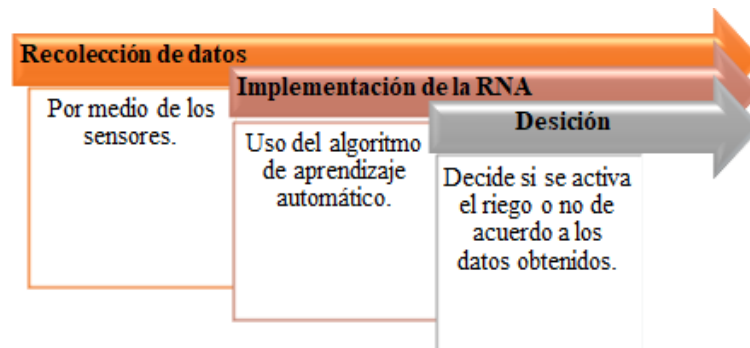


Figura 30. Diagrama de bloques de la segunda etapa

4.5.5.3. Diseño de la conexión del prototipo

En este apartado se especifica los diagramas de conexión. Para ello se hace uso del simulador de circuitos fritzing, el mismo que sirve para realizar diagramas electrónicos, el diseño se realizó por tres procesos los cuales son:

a. Conexión de los sensores (temperatura, humedad relativa y humedad del suelo)

Esta conexión está comprendida por sensores de humedad el mismo que permite medir la humedad de suelo por medio de señales eléctricas las cuales están comprendidas entre 4 y 20

mA, el sensor de humedad relativa y temperatura tiene un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, los dos sensores están conectados a un Arduino Uno el cual envía la información de los sensores a un ordenador.

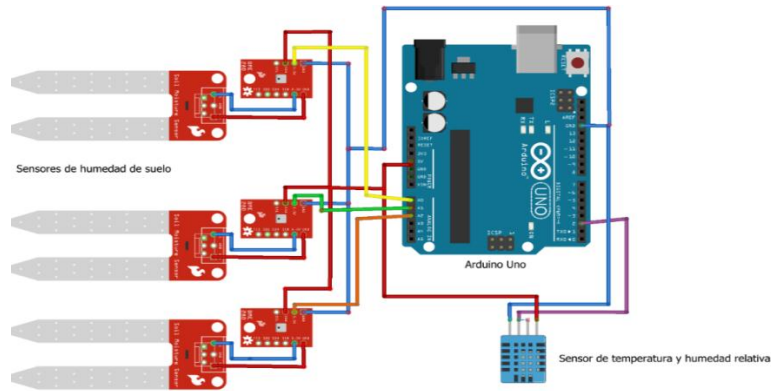


Figura 31. Conexión de los sensores

b. Conexión de electroválvula: esta conexión está comprendida un relé

El módulo relé funciona como un interruptor, está controlado por un circuito eléctrico y permite abrir o cerrar la electroválvula. La electroválvula permite controlar el paso de agua y el Arduino Uno y enviar la información al ordenador.

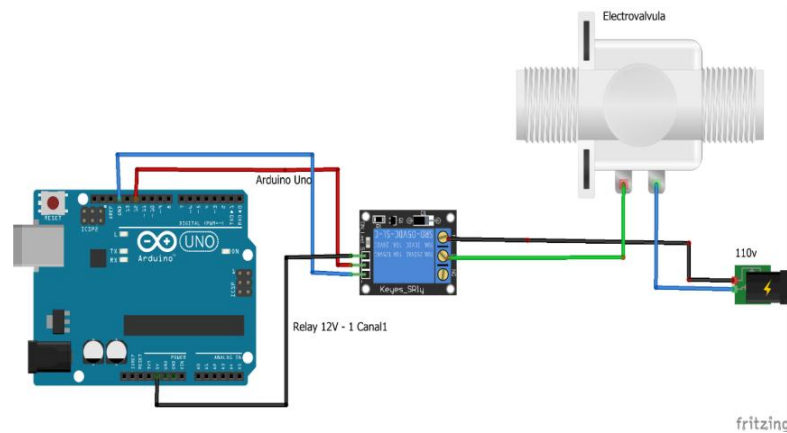


Figura 32. Conexión de electroválvula

c. Conexión de sensores tipo boya

Para esta conexión está conformado por tres sensores tipo boya los cuales sirven para medir el nivel de agua en el tanque, tres resistencias que se utilizó para limitar la corriente que circula por el circuito y un Arduino Uno el cual permite recibir información de los sensores para posteriormente ser enviado al ordenador.

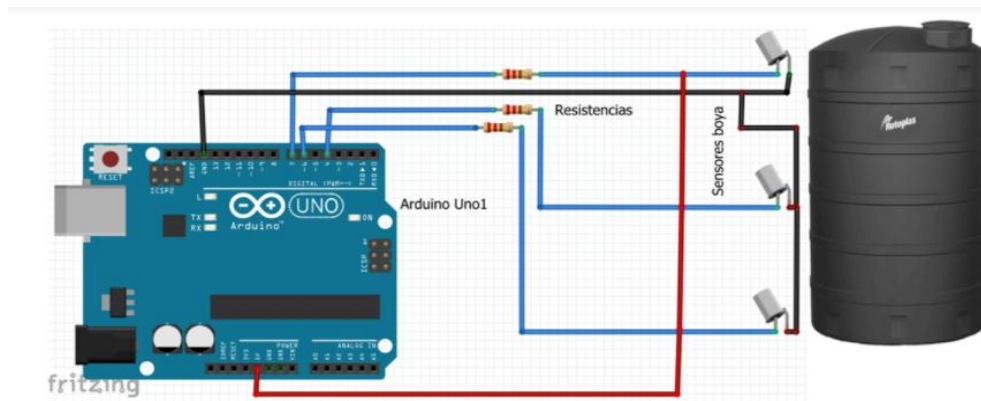


Figura 33. Conexión de sensores tipo boya

4.5.5.4. Desarrollo de la red neuronal artificial

La aplicación se realizó en base a dos etapas: recolección de datos para el entrenamiento de la red neuronal a través de diferentes sensores en el invernadero de rosas y la implementación.

a. Recolección de datos para el entrenamiento de la red neuronal

Para la recolección de los datos se tomó en cuenta las características y el proceso de riego de las rosas, para esto se pidió la opinión a la propietaria del invernadero de rosas la Sr. America Viracucha, manifestó que el riego manual se realiza tres veces al día debido a que el agua tiende a evaporarse mucho más rápido lo que le quita tiempo de hidratación a la planta, razón por la cual no se desarrolla de la mejor manera y se tienen plantas mucho más pequeñas. Mediante la recopilación de información se realiza la toma de muestras, este proceso de pruebas se realizó en 10 días con un intervalo de tiempo (5 minutos).

b. Diseño de la red neuronal artificial para el riego inteligente

El diseño de la red neuronal se realiza de acuerdo a tres elementos:

- Datos de entrada: son los datos recolectados en el invernadero por medio de los sensores: humedad de suelo, humedad relativa y temperatura. Estos son almacenados en la una base de datos “InvernaderoCSV”.
- Algoritmo de la red neuronal: se va realizar mediante el algoritmo de backpropagation por eso será el encargado de procesar la información de sus entradas.
- Datos de salida: en este caso un valor que represente la activación (1) o no activación del sistema de riego.

c. Fase de activación

Para el desarrollo en la fase de activación del proyecto de investigación de la red neuronal artificial se utilizó dos funciones:

- La función Relu: proporciona resultados de vanguardia y es computacionalmente muy eficiente al mismo tiempo.
- La función sigmoidea: nos permite ver la curva de aprendizaje de la red neuronal.

d. Fase de entrenamiento

Para el entrenamiento de la red neuronal se utilizó el algoritmo backpropagation, este se propaga desde la primera capa a través de las capas siguientes de la red, hasta generar una salida. La señal de salida se compara con la salida deseada y se calcula una señal de error para cada una de las salidas.

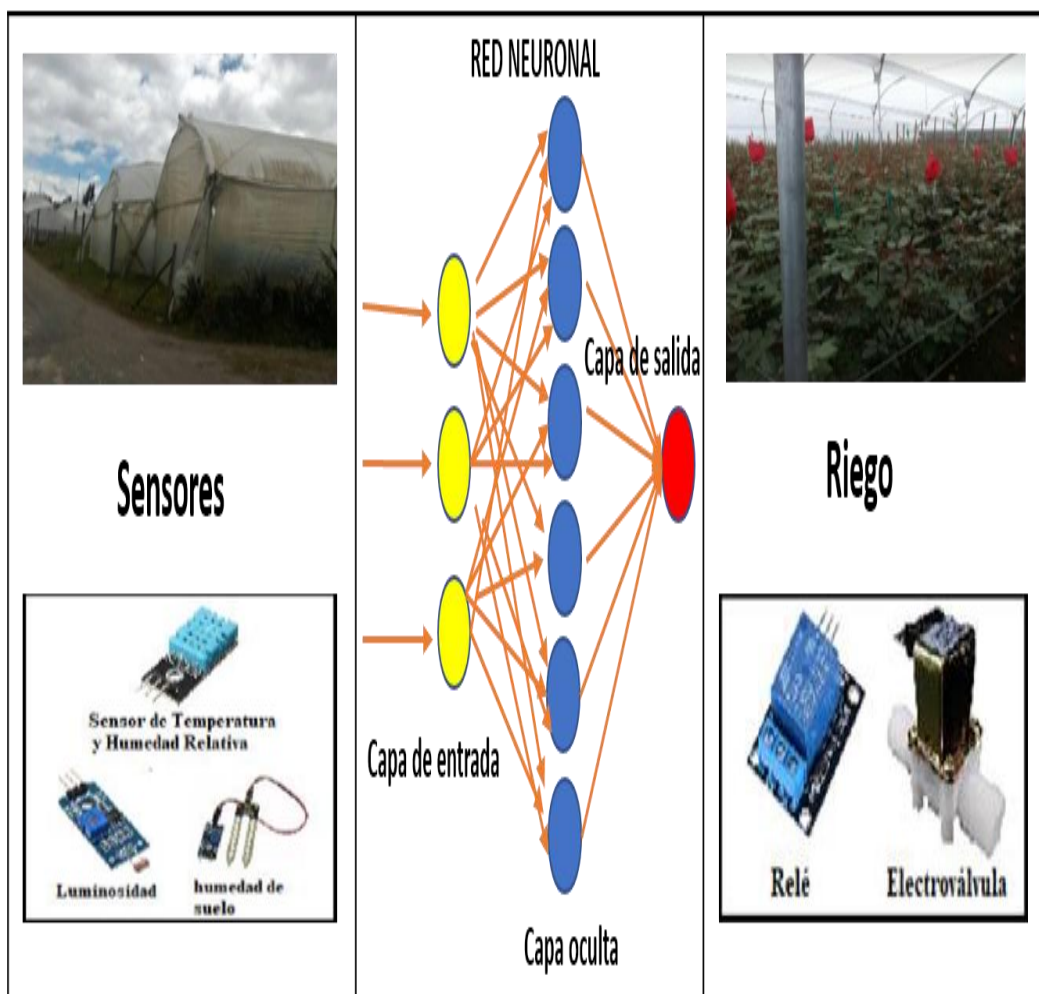


Figura 34. Elementos para el desarrollo de una red neuronal

Para la creación de la Red Neuronal Artificial se utilizó un diagrama de bloques, la cual se inició con el proceso de entrenamiento del algoritmo de aprendizaje automático-supervisado, una vez finalizado el proceso de entrenamiento, se procede a la fase de validación del mismo donde se determina la precisión de la RNA y finalmente se puso a prueba el modelo entrenado con datos del cultivo en tiempo real.

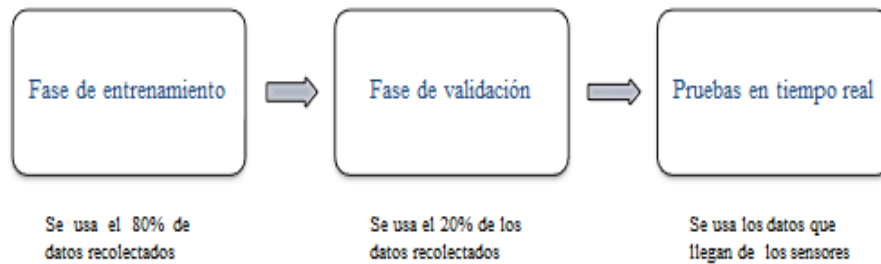


Figura 35. Fases de la red neuronal artificial

4.5.5.5. Pruebas

Las pruebas corresponden al Sprint 2 que corresponde a dos historias de usuario el cual se pretende comprobar y evaluar cada uno de los casos de uso de la aplicación web y el prototipo desarrollado, en este caso el de “Envío de datos” y “Pronostico de riego”, así como el resultado obtenido.

Tabla 16. Prueba de envío de datos

Caso de prueba	Envío de datos
Núm. Caso de prueba	CP004
Caso de Uso del requerimiento	CU004
Descripción	El prototipo envía los datos a la aplicación web.
Condiciones	Abrir la aplicación web en la página principal.
Entradas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensor de humedad 2. Sensor de humedad relativa 3. Sensor de temperatura
Resultado Esperado# 1	Visualización de estado de humedad, humedad relativa y temperatura en la aplicación web en tiempo real.
Resultado Esperado# 2	Visualización de graficas de estado de humedad, humedad relativa y temperatura en la aplicación web en tiempo real.
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 17. Prueba de pronosticar riego

Caso de prueba	Pronóstico de riego
Núm. Caso de prueba	CP005
Caso de Uso del requerimiento	CU005
Descripción	El prototipo realiza el pronóstico de riego, donde activa o desactiva la electroválvula.
Condiciones	Abrir la aplicación web en la página principal.
Entradas	1. Sensor de humedad 2. Sensor de humedad relativa 3. Sensor de temperatura
Resultado Esperado# 1	Generación de la base de datos.
Resultado Esperado# 2	Entrenamiento de la red neuronal.
Resultado Esperado# 2	Pronóstico de riego con mensaje “Necesita riego” y “No necesita riego”
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

4.5.6. Sprint 3

Para este sprint se considera el tiempo, prioridad y responsable de las tareas propuestas a desarrollar, a continuación, se detalla las tareas ya conformadas en el tercer Sprint 3.

Tabla 18. Tareas a desarrollar del Sprint 3

Tareas a desarrollar			
N° Historia de usuario	Historia de usuario	Prioridad	Responsable
HU006	Como administrador necesito monitorear los datos de humedad relativa, temperatura y el estado de humedad de suelo que son obtenidos por el prototipo.	M	Washington Cayambe
HU007	Como administrador requiero visualizar el registro de riego (fecha de inicio, fecha de finalización, nivel de agua y el estado de tanque).	S	Washington Cayambe
HU0058	Como administrador requiero él envié de una notificación del tanque a un correo electrónico.	S	Vanessa Chillagana

Elaborado por: Los investigadores

4.5.6.1. Caso de uso a detalle

Mediante este instrumento se detalla todas las maneras que los actores previstos podrían trabajar, para este Sprint el desarrollo de la aplicación web. Con las siguientes historias de usuario: Monitoreo de datos, registro de riego y envié de notificación.

Tabla 19. Caso de uso a detalle-Monitoreo de datos

Monitoreo de datos	
Código	CU003
Descripción	Este caso de uso permite al administrador y usuario el monitoreo de datos en la aplicación web.
Actores	Administrador y usuario
Precondición	El administrador y usuario deben estar registrados, para ingresar a la aplicación web.
Flujo Principal “Monitoreo de datos”	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador elige la opción “Inicio” 2. La aplicación web muestra la interfaz con los datos y graficas de humedad relativa, humedad del suelo, temperatura y estado de tanque. 3. El administrador monitorea como se encuentra el proceso de riego. 	
Post-Condición: Monitoreo del riego	

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 20. Caso de uso a detalle-Registro de riego

Registro de riego	
Código	CU004
Descripción	Este caso de uso permite al administrador y usuario visualizar como está el proceso de riego en la aplicación web.
Actores	Administrador y usuario
Precondición	El administrador y usuario deben estar registrados, para ingresar a la aplicación web.
Flujo Principal “Registro de riego”	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador elige la opción “Registro de riego” 2. La aplicación web muestra la interfaz. 3. La aplicación web muestra los datos de inicio de riego, fin de riego, valores de sensores, nivel de agua y estado. 4. Si los datos de los sensores son óptimos para el crecimiento de la flor el estado de riego es “Finalizado”. 	
Flujo Alterno	
<i>En caso de que los datos de los sensores no son óptimos:</i>	
5A. El estado de riego será “En proceso”	
Post-Condición: Registro del riego con mensajes como: “En proceso” y “Finalizado”	

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 21. Caso de uso a detalle-Envío de notificación

Envío de notificación	
Código	CU008
Descripción	Este caso de uso permite el envío de una notificación.
Actores	Sensores y administrador
Precondición	-Los sensores deben estar conectados correctamente. -La red neuronal debe estar entrenada.
Flujo Principal “Envío de notificación”	

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. Los sensores de tanque emiten información del estado de agua.2. Los sensores dan un valor de “50%”.3. La aplicación web envía un correo donde alerta la cantidad de agua del tanque.4. El administrador recibe la notificación. |
|---|

Post-Condición: Se realiza el envío de la notificación sobre el estado de tanque del agua.

Elaborado por: Los investigadores

4.5.6.2. Arquitectura del prototipo de riego

Se detalla la estructuración del prototipo de riego inteligente, también detalla las tareas que van desempeñar detallado a continuación:

a. Inicio del sistema

Al iniciar el sistema el prototipo de riego inteligente debe empezar recopilando datos de los sensores en un determinado tiempo para posteriormente cargarlo en la interfaz de la aplicación web y en la base de datos.

b. Entrenamiento de la red neuronal

Para el entrenamiento de la red neuronal es fundamental utilizar datos reales recopilados en el invernadero de rosas, el entrenamiento de la red neuronal nos permitirá pronosticar el riego en el invernadero por medio de una comparación con los datos almacenados de la base de datos “BDD_INVERNADERO” con los datos recopilados en tiempo real de los sensores.

c. Conexión con la base de datos

Al momento de correr la aplicación web y el prototipo, automáticamente la base de datos debe conectarse para poder almacenar los datos que son enviados de los sensores (temperatura, humedad de suelo y humedad relativa, control de nivel del agua).

d. Registro de datos mediante sensores

Este proceso los datos obtenidos por los sensores son enviados al prototipo el cual se encarga de enviar al ordenador para ser almacenado en nuestra base de datos y posteriormente se muestra en la aplicación web la cual nos permite monitorear los datos obtenidos de los sensores.

e. Comparación de datos con el pronóstico

Por medio de los datos obtenidos por los sensores y los datos entrenados en la red neuronal se procede a realizar una comparación en la cual nos envía un dato de activación (1 o 0) si la

activación nos da el valor de 1 se procede a realizar la activación de la electroválvula, si la activación nos da el valor de 0 se procede a permanecer cerrada la electroválvula.

f. Sensor tipo boya

Los tres sensores tipo boya ubicados en la parte superior, media e inferior del tanque de agua, se puede conocer el estado del nivel de agua en el tanque si el estado del tanque se encuentra en un 50% o inferior se procederá a enviar una notificación por medio de un correo electrónico en el cual se alerte que el nivel de agua está próximo a terminarse.

g. Aplicación web

Se realiza el inicio de sesión, registro de usuarios, se puede visualizar el estado de temperatura ambiente, humedad relativa y humedad se suelo que tiene el invernadero y el estado del tanque los datos se muestran en tiempo real, además se puede llevar un registro del riego en el invernadero y el estado del tanque con su respectiva fecha y hora.

En la Figura 36 detalla cómo está la arquitectura del prototipo inteligente y también las comunicaciones que tiene, entradas y salidas de información.

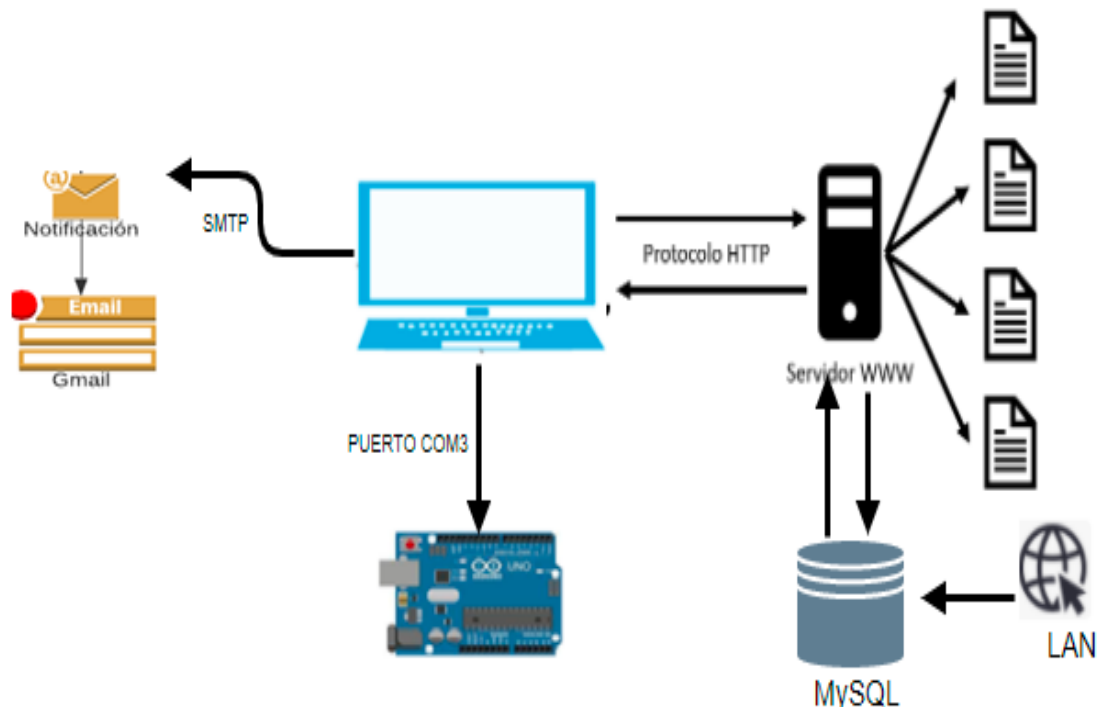


Figura 36. Arquitectura del prototipo de riego

4.5.6.3. Diseño de interfaces graficas de usuario

a. Monitoreo de datos

Mediante la interface de monitoreo el usuario puede visualizar los datos enviados por los diferentes sensores (humedad, humedad relativa, temperatura, estado de tanque) en tiempo real.

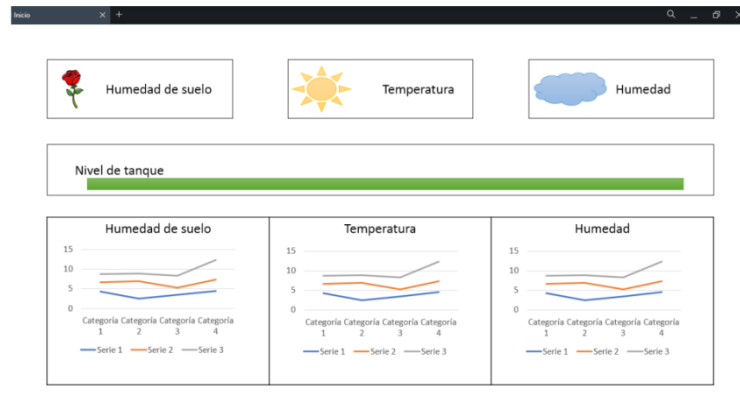


Figura 37. Interfaz de monitoreo de datos

b. Registro de datos

La siguiente interfaz nos permite llevar un control de los diferentes procesos de riego como la hora de inicio, la hora de finalización, datos de los sensores y el estado del riego, para poder llevar un buen control de riego en el invernadero.

The screenshot shows a software window titled 'Registro de riego'. It contains a table with the following data:

Inicio riego	Fin de riego	Datos de sensores	estado
2021/07/02 16:04	2021/07/02 16:07	Humedad=600 Humedad relativa=19 Temperatura=20	Finalizado

Figura 38. Interfaz de Registro de datos

c. Envío de notificación

Mediante esta interfaz nos permite llevar un registro del estado de tanque como el inicio del aviso, fin del aviso, nivel de agua y su estado mediante los sensores tipo boya, para poder llevar un control del estado el tanque.



Figura 39. Interfaz de envío de notificación

4.5.6.4. Pruebas

Las pruebas corresponden al Sprint 3 que corresponde a tres historias de usuario el cual se pretende comprobar y evaluar cada uno de los casos de uso de la aplicación web y el prototipo desarrollado, en este caso el de “Monitoreo de datos”, “Registro de riego” y “Envío de notificación”, así como el resultado obtenido.

Tabla 22. Prueba de monitoreo de datos

Caso de prueba	Monitoreo de datos
Núm. Caso de prueba	CP006
Caso de Uso del requerimiento	CU006
Descripción	El prototipo envía los datos a la aplicación web.
Condiciones	Abrir la aplicación web en la página principal.
Entradas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensor de humedad 2. Sensor de humedad relativa 3. Sensor de temperatura 4. Sensor de tipo boya
Resultado Esperado# 1	Se registran los datos en la Base de Datos
Resultado Esperado# 2	Visualización de los sensores de humedad, humedad relativa, temperatura y estado de tanque.
Resultado Esperado# 3	Actualización de los datos en tiempo real.
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 23 Prueba de registro de riego

Caso de prueba	Registro de riego
Núm. Caso de prueba	CP007
Caso de Uso del requerimiento	CU007
Descripción	El prototipo envía los datos a la aplicación web.
Condiciones	Abrir la aplicación web en la página principal.
Entradas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicio de riego 2. Fin de riego

	3. Datos de sensores 4. Estado
Resultado Esperado# 1	Visualización inicio de riego, fin de riego, datos de los sensores y el estado “En proceso” o “Finalizado”.
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 24. Prueba de envío de notificación

Caso de prueba	Envío de notificación
Núm. Caso de prueba	CP008
Caso de Uso del requerimiento	CU008
Descripción	El prototipo envía el dato del sensor de tipo boya según tres niveles: alto medio y bajo de agua que exista en el tanque.
Condiciones	Registro de un correo electrónico para él envío de la notificación.
Entradas	1. Sensor de tipo boya
Resultado Esperado# 1	Se registran los datos ingresados en la Base de Datos
Resultado Esperado# 2	Envía un mensaje al correo electrónico de “El nivel de agua del tanque está bajo el límite establecido. Por favor llenar el tanque para que su sistema de riego automático funcione correctamente, puede revisar el estado de su cultivo en la página.”
Evaluación de la prueba	Prueba superada

Elaborado por: Los investigadores

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Al aplicar los diferentes instrumentos del proyecto de investigación para la obtención de la información y dar la solución al problema planteado. A través de la entrevista, fichas de observación recolección de la información sobre el proceso del riego manual, fichas bibliográficas donde sirvió de guía para el desarrollo, realización de la conexión del prototipo y finalmente las correspondientes pruebas realizadas tanto en el prototipo como la red neuronal. Se obtuvo los siguientes resultados detallados.

5.1. ANÁLISIS DE LA ENTREVISTA

Mediante este instrumento de investigación se realiza un análisis de la entrevista realizada a la Sra. América Viracucha quien es la propietaria del Invernadero de rosas “American Flowers”, con el fin de comprender el proceso de riego que se realiza en el invernadero, de esta manera se adquirió los datos necesarios que nos sirvió para la realización del prototipo de riego inteligente:

Mediante la recolección de las respuestas de las preguntas se tomó en cuenta el desarrollo del riego en el invernadero de rosas.

Tabla 25. Resultado de la entrevista al invernadero "America Flowers"

ANÁLISIS Y RESULTADO DE ENTREVISTA AL INVERNADERO DE ROSA "AMERICA FLOWERS"			
N °	Pregunta	Respuesta	Análisis/Comentario
1	¿Conoce usted acerca de los sistemas de riego mediante técnicas de inteligencia artificial?	Si, conozco algunos tipos de sistemas de riego que se han realizado en diferentes invernaderos en Latacunga y han sido de gran ayuda para aumentar la calidad de los productos con los que cuentan los diferentes invernaderos.	El propietario si conoce que es un sistema de riego inteligente, pero no conoce la utilidad de una red neuronal.
2	¿Cuáles son los aspectos más importantes en el proceso de riego de rosas del invernadero?	Lo más importante es ver la presión en válvulas, controlar la humedad del suelo y ver la temperatura en la que se encuentra el invernadero, también se debe controlar los fertilizantes que se utilizan en la planta esto es importante para que el rosal pueda crecer frondoso y con sus pétalos en buen estado y no padezca de ninguna enfermedad.	Entre los aspectos importantes se debe considerar la humedad de suelo y la temperatura.
3	¿Cuántas personas se encargan en la administración del consumo de agua para el invernadero al día?	Para la realización del proceso de riego por lo general lo realiza una sola persona.	Para el riego no requiere un gran número de personas.
4	¿Cómo es el control del proceso de riego de agua a las rosas?	El proceso de riego es de forma manual es decir que debemos verificar la humedad suelo por medio de un termómetro higrómetro, si el termómetro está en un estado óptimo no se realiza ningún proceso, si el termómetro está por debajo de un estado óptimo se procede a realizar el riego.	Para el control de riego se debe verificar el termómetro higrómetro para saber el estado de humedad que tiene el floral.
5	¿Cuáles son los problemas que tiene al momento de suministrar agua en el invernadero?	Ninguno.	No cuenta con ningún problema, sin embargo, se puede mejorar el proceso de riego
6	¿Qué condiciones ambientales se debe tomar en cuenta el correcto desarrollo de la flor?	Lo más importante es controlar la humedad de suelo, pero también influye la humedad relativa y la temperatura para que el floral pueda crecer frondoso y con pétalos en muy buen estado ya que es necesario para poder vender la flor a muy buen precio.	En el riego se considera primordial la humedad de suelo.
7	¿Cuál es el grado de humedad óptima para que la flor pueda hidratarse?	Para que la flor se mantenga en óptimas condiciones y pueda hidratarse debemos controlar que la humedad se conserve de 10° a 12° según el medidor de humedad.	La humedad se debe conservar entre 10° a 12°
8	¿En qué rango de temperatura debe conservar la planta para su óptimo crecimiento?	Entre 15 y 20 grados si la temperatura es mayor el botón es pequeño si la temperatura es más baja se da un riego al día.	La temperatura optima está en el rango de 15 a 20 grados
9	¿Considera que es factible llevar un control del tanque de agua para el riego por medio de notificaciones?	Sí, creo que sería de gran utilidad para poder conocer el estado del tanque por medio de una notificación ya que gracias a esto pienso que se podría evitar que el tanque se vacíe y ocasiones problemas al momento de realizar el riego en el invernadero.	Es factible realizar un proceso de control de tanque.
10	¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego inteligente ayudara a llevar un mejor manejo del consumo del agua en el invernadero?	Si, considero que realizar la implementación de un sistema de riego inteligente en nuestro invernadero nos sería de gran ayuda ya que no se necesitaría controlar el estado de humedad para regar y se optimizaría el consumo de agua.	El propietario considera que si optimizara el proceso de riego por medio un sistema inteligente.

Elaborado por: Los investigadores

5.2. RESULTADOS DE LA FICHA DE OBSERVACIÓN

En la etapa Inicial de la investigación de campo en el invernadero “America Flowers”, se obtuvieron los siguientes resultados: se conoció el proceso de riego, estaba distribuido por camas, cada una de ellas estaban separadas y tenían una distancia de 15cm lo que permite el crecimiento adecuado de cada rosa Freedom, el riego se realiza durante el día tres veces, mientras en la noche se realiza solo una vez.

Para controlar la humedad del suelo se basaban a través de un manómetro para medir la presión de líquidos, estos utilizaban para conocer si requieren agua o no las rosas. Una vez obtenida los resultados de la etapa inicial se procede con la Etapa de desarrollo.

La etapa de desarrollo se procede a la recolección de datos mediante los sensores de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo. Durante esta etapa duro 10 días para recolectar los datos se eligió un intervalo de tiempo de 5 minutos y comenzó de 8:00am hasta las 12:05pm ahí se observó que varía los datos según el atributo de la temperatura y la humedad del suelo,

En la etapa final de investigación de campo, se realizó las pruebas respectivas para comprobar si los datos recolectados cumplen o no con su finalidad de realizar el riego, para la verificación del prototipo se realiza las pruebas de funcionamiento.

5.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

En esta sección se hace referencia a las pruebas realizadas en el invernadero de rosas; es decir son las pruebas de campo, donde se realiza la verificación del funcionamiento del sistema de riego inteligente, para ello se analizan todas las funcionalidades.

5.3.1. Test eléctrico del sistema

Mediante este test se comprueba los requerimientos de alimentación eléctrica, con la finalidad que los dispositivos electrónicos conectados funcionen correctamente para evitar sobrecarga, en la Tabla 26 se presenta el test eléctrico y sus requerimientos.

Tabla 26. Test eléctrico del sistema

Test Eléctrico	Sistema de prueba:	Eléctrico
Descripción:	Pruebas del diseño del prototipo basado en el sistema eléctrico	
Prerrequisitos:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición de transformador de 110v a 12v. 2. Conexiones desde la placa Arduino hacia los sensores relé y electroválvula. 3. Verificar posición de los sensores. 		
Pasos:		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar el encendido de la placa Arduino ✓ Verificar si la electroválvula, sensores y la placa funciona correctamente ✓ Comprobación de voltaje en el transformador ✓ Comprobación de la energía continua en el circuito 		
Resultado esperado:		
El control de energía en todo el circuito fue favorable ya que gracias a la verificación se pudo evitar que los dispositivos conectados sufran alguna sobrecarga y que los sensores cumplan con las funciones requeridas de una manera eficiente.		

Elaborado por: Los investigadores

El resultado obtenido es satisfactorio ya que se pudo comprobar que los sensores y el circuito están bien conectados y el funcionamiento es el esperado, se procede a utilizar un transformador de voltaje de 110v a 12 amperios para la electroválvula debido a que utiliza 12v-1A, la energía en los demás circuitos está controlada por 5v que utiliza la placa Arduino.

5.3.2. Test pasivo del sistema

Mediante el test pasivo se comprueba si se cumple la conectividad de los dispositivos con el fin de interconectar todos los elementos del sistema.

Tabla 27. Test pasivo del sistema

Test pasivo	Sistema de prueba:	Pasivo
Descripción:	Pruebas del diseño del prototipo basado en el sistema pasivo	
Prerrequisitos:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición de un cable USB tipo B 2. Adquisición de cables para conexiones de los sensores y electroválvula 3. Diseño de circuito del prototipo 		
Pasos:		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar el estado de los cables ✓ Verificar la conexión de todos los dispositivos hacia el Arduino ✓ Verificar la conexión del Arduino con el computador al momento de conectar con el cable USB ✓ Comprobar funcionamiento del circuito implementado 		
Resultado esperado:		
La conexión del Arduino con todos los dispositivos debe ser estables y no deben desconectarse con facilidad para poder garantizar el funcionamiento adecuado del sistema		

Elaborado por: Los investigadores

Como resultado se verifica las conexiones de los dispositivos conectados y se obtiene un resultado satisfactorio, comprobando que la conectividad de los sensores, relé y electroválvula son alimentadas correctamente listas para ser utilizada.

5.3.3. Test activo del sistema

Consiste en comprobar si el dispositivo encargado del procesamiento trabaja correctamente, en esta prueba se valida el reconocimiento del Arduino programable en la PC, la conexión a través del puerto COM. En la “Tabla 28” muestra de manera detallada el test del sistema activo y sus requerimientos.

Tabla 28. Test activo del sistema

Test activo	Sistema de prueba:	Activo
Descripción:	Pruebas del diseño del prototipo basado en el sistema activo	
Prerrequisitos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición de un Arduino 2. Revisión del puerto COM en el pc 	
Pasos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconocimiento del Arduino en la PC ✓ Cargar datos de entrenamiento de forma exitosa 	
Resultado esperado:	La conexión del Arduino con la PC, reconocimiento del puerto COM, subir datos de entrenamiento y verificar la conexión de todos los nodos	

Elaborado por: Los investigadores

Se tiene como resultado que la placa Arduino se conecta con la PC atreves del puerto COM3. En la Figura 40 muestra el reconocimiento de los Arduino en la PC por medio del IDE de Arduino.

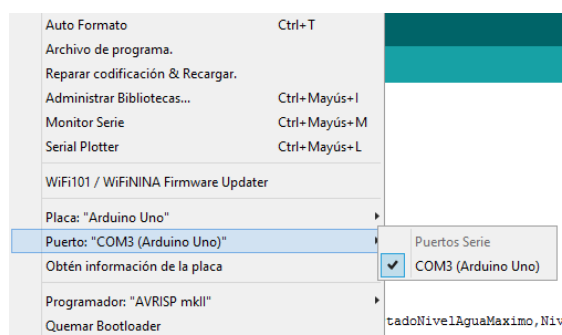


Figura 40. Conexión del prototipo con la Pc por medio del COM3

Se comprueba que los datos de entrenamiento se ejecutan de manera exitosa dándonos un mínimo margen error 0.99 como se muestra en la Figura 41.

```

Epoch 97/100
1/45 [.....] - ETA: 0s - loss: 0.0012 - accuracy: 1.00
15/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0101 - accuracy: 0.99
30/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0125 - accuracy: 0.99
45/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0124 - accuracy: 0.99
0.9965
Epoch 98/100
1/45 [.....] - ETA: 0s - loss: 0.0197 - accuracy: 1.00
14/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0094 - accuracy: 1.00
29/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0087 - accuracy: 0.99
43/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0093 - accuracy: 0.99
45/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0094 - accuracy: 0.99
0.9989
Epoch 99/100
1/45 [.....] - ETA: 0s - loss: 0.0011 - accuracy: 1.00
14/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0106 - accuracy: 0.99
28/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0117 - accuracy: 0.99
43/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0120 - accuracy: 0.99
45/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0119 - accuracy: 0.99
0.9949
Epoch 100/100
1/45 [.....] - ETA: 0s - loss: 4.1073e-04 - accuracy: 0.99
12/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0065 - accuracy: 0.99
27/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0089 - accuracy: 0.99
44/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0094 - accuracy: 0.99
45/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0095 - accuracy: 0.99
0.9968
Conexión establecida

```

Figura 41. Entrenamiento de datos de red neuronal

5.3.4. Test de hardware

Consiste en comprobar el funcionamiento de los dispositivos en este caso los sensores con sus variables como humedad de suelo, temperatura, humedad relativa, nivel de taque además del relé y la electroválvula En la Tabla 29 que se presenta a continuación se detalla el test de hardware y sus requerimientos.

Tabla 29. Test de hardware

Test hardware	Sistema de prueba:	Hardware
Descripción:	Pruebas de los dispositivos que conforman el sistema	
Prerrequisitos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición de los dispositivos de humedad de suelo, temperatura, humedad relativa, nivel de tanque además electroválvula y relé 2. Conexión de dispositivos 3. Importar librerías correspondientes 	
Pasos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar el estado de cada elemento ✓ Analizar la funcionalidad de cada dispositivo ✓ Funcionamiento del Arduino ✓ Verificación de conectores 	
Resultado esperado:	Los sensores miden correctamente los valores y el sistema se abre y cierra el riego de forma adecuada	

Elaborado por: Los investigadores

Como resultado se obtuvo que todos los sensores funcionen correctamente, se evidencia su funcionamiento por la transmisión de datos al sistema en la Figura 42 muestra la lectura exitosa de los sensores verificándose así el correcto funcionamiento de cada sensor.

```

Temperatura: 15
Humedad: 22
Nivel del agua: 3
PREDICION DE LA RED NEURONAL: True
**NECESITA RIEGO**
*****
Humedad del suelo: 1013
Temperatura: 15
Humedad: 23
Nivel del agua: 3
PREDICION DE LA RED NEURONAL: True
**NECESITA RIEGO**
*****
Humedad del suelo: 1013
Temperatura: 15
Humedad: 23
Nivel del agua: 3
PREDICION DE LA RED NEURONAL: True
**NECESITA RIEGO**

```

Figura 42. Recolección de los sensores

5.3.5. Test de Software

Consiste en comprobar el funcionamiento de la aplicación web en este caso los sensores con sus variables como humedad de suelo, temperatura, humedad relativa, nivel de taque además del relé y la electroválvula. En la Tabla 30 que se presenta a continuación se detalla el test de software y sus requerimientos.

Tabla 30. Test de Software

Test software	Sistema de prueba:	Software
Descripción:	Pruebas de los dispositivos que conforman el sistema	
Prerrequisitos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrenamiento de la red 2. Lectura de sensores 3. Base de datos 	
Pasos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar el ingreso al sistema ✓ Verificar datos en la Pantalla principal ✓ Verificar Registro de riego y el estado en el que se encuentra ✓ Verificar Registro de Usuarios ✓ Verificar que todas las interfaces estén diseñadas correctamente 	
Resultado esperado:	Las interfaces cumplen con todas las funcionalidades requeridas para poder monitorear el sistema de riego.	

Elaborado por: Los investigadores

5.4. EXPLICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PROTOTIPO

Inicialmente se procede a colocar todos los sensores para realizar la recolección de datos que serán entrenados para la red neuronal, se instaló el prototipo en un lugar alto para que no pueda ser manipulado y no existan problemas al momento de recopilar datos como se muestra en el Figura 43.



Figura 43. Instalación de sensores

Luego de culminar con la etapa de recolección de datos se empieza a instalar el sistema de riego en donde vamos a realizar las pruebas del prototipo, se definió un área de evaluación en un espacio del invernadero de rosas, donde es necesario existan ciertas condiciones para proporcionar seguridad física a los equipos y evitar daños es importante tener acceso a la fuente de agua que es el principal recurso para este sistema de riego inteligente como se visualiza en la Figura 44.



Figura 44. Ubicación de sensores para la recolección de datos

Para el funcionamiento del tanque se instaló los sensores de tipo boya para saber que el nivel de agua está el tanque, se colocó la manguera y la electroválvula será el que se active o desactive para el riego de la rosa freedom.

Para el cálculo de litros que tiene en tanque se basó en las dimensiones Figura 45.

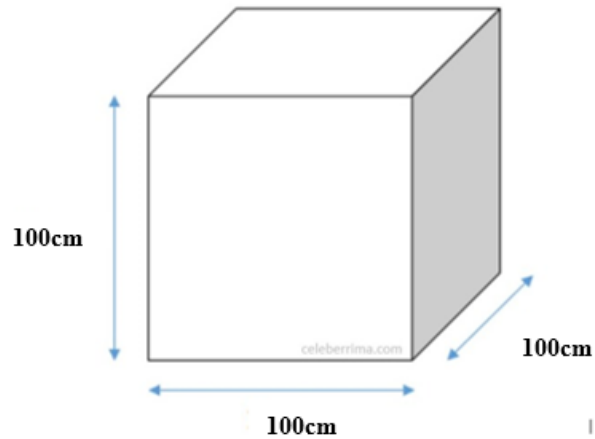


Figura 45. Dimensiones para sacar el volumen del tanque de agua



Figura 46. Estado de tanque

Una vez finalizado las conexiones del proceso finalizado del prototipo, sensores conectados, la manguera colocada de utilizado el método por goteo y finalmente la conexión del tanque. Detalla la manera de la estructura del prototipo Figura 47.



Figura 47. Agrupación de los componentes del prototipo de riego

5.5. VALIDACIÓN DE LA RED NEURONAL POR LA MATRIZ DE CONFUSIÓN

Para la verificación del funcionamiento de la red neuronal se utilizó la matriz de confusión permite saber la clasificación de los datos donde constan de tres elementos: entrenamiento, validación y pruebas. Por lo que se utilizó una base de datos con 500 datos distribuidos en la Tabla 31.

Tabla 31. Cantidad de datos para la validación de la red neuronal

Datos	Entrenamiento	Validación	Pruebas	Total
Cantidad de datos	400	50	50	500
Porcentaje	80%	10%	10%	100%

a. Matriz de entrenamiento

En la Figura 48 se puede observar que de los 400 datos entrenados que 242 datos se clasificaron como verdaderos positivos, 3 datos son verdaderos negativos y 155 falsos positivos, dándonos un 0.7% de margen de error.

Output Class	0	242 60.5%	3 0.8%	98.8% 1.2%
	1	0 0.0%	155 38.8%	100% 0.0%
		100% 0.0%	98.1% 1.9%	99.3% 0.7%
		Target Class		

Figura 48. Matriz de entrenamiento

b. Matriz de validación

La Figura 49 muestra la validación los 49 datos se distribuyeron de la siguiente manera: 36 dato se asignó al verdadero positivo, 1 dato al verdadero negativo, 13 al falso positivo dando un margen de error del 2% en la validación.

Output Class	0	36 72.0%	1 2.0%	97.3% 2.7%
	1	0 0.0%	13 26.0%	100% 0.0%
		100% 0.0%	92.9% 7.1%	98.0% 2.0%
		Target Class		

Figura 49. Matriz de validación

c. Matriz de Pruebas

En la Figura 50 muestra el desarrollo de las pruebas se utilizó los 50 datos los cuales se clasifico de la siguiente manera: 31 datos se asignaron al verdadero positivo, 1 dato al verdadero negativo, 18 al falso positivo dando un margen de error del 2% en las pruebas.

Output Class	0	1	
0	31 62.0%	1 2.0%	96.9% 3.1%
1	0 0.0%	18 36.0%	100% 0.0%
	100% 0.0%	94.7% 5.3%	98.0% 2.0%
	0	1	Target Class

Figura 50. Matriz de pruebas

d. Eficiencia de la red neuronal

En la Figura 47 muestra la matriz de confusión se utilizó los 500 datos los cuales se clasifico de la siguiente manera: 309 datos se asignaron al verdadero positivo, 5 dato al verdadero negativo, 186 al falso positivo dando una eficiencia del 99% de la red neuronal ya que el marguen de error es 1%.

Output Class	0	1	
0	309 61.8%	5 1.0%	98.4% 1.6%
1	0 0.0%	186 37.2%	100% 0.0%
	100% 0.0%	97.4% 2.6%	99.0% 1.0%
	0	1	Target Class

Figura 51. Matriz de confusión

Al comparar la matriz de confusión y el entrenamiento de la red neuronal del prototipo, se observa que en la Figura 52 detalla los resultados donde coinciden, de esta manera se demostró que la red neuronal es eficiente. El error en la matriz de confusión es de 1% mientras al ejecutar la validación en el cmd 1%.

```

0.9949
Epoch 100/100
1/45 [.....] - ETA: 0s - loss: 4.1073e-04 - accuracy:
12/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0065 - accuracy: 0.99
27/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0089 - accuracy: 0.99
44/45 [=====>.....] - ETA: 0s - loss: 0.0094 - accuracy: 0.99
45/45 [=====>.....] - 0s 4ms/step - loss: 0.0095 - accuracy:
0.9968

```

Figura 52. Realización de la red neuronal

5.5. ESCENARIOS DE PRUEBA DEL PROTOTIPO

Para este proceso de las pruebas de escenario se optó por tres estados del suelo: seco, normal y húmedo. Con la finalidad de comprobar el funcionamiento del prototipo de riego y demostrar el uso de redes neuronales para predecir el riego inteligente sin la intervención del propietario de esta manera llevar el control de riego en el invernadero de rosas, además se definió que el mecanismo más apropiado para diferenciar su funcionamiento es por medio de un análisis de comparación entre el riego manual y el riego inteligente por método de goteo.

El Invernadero “America Flowers” se encuentra en una zona baja, por tal razón los valores óptimos de humedad relativa y humedad del suelo que debe tener el cultivo de rosas bajo invernadero, como muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Valores óptimos de invernadero.

Humedad del suelo en base a sensor de humedad	Temperatura	Humedad relativa	Tipo de suelo
520-650	17°C-25°C	10 a 15%	Arenoso

Elaborado por: Los investigadores

5.5.1. Escenario 1: suelo seco

a. Riego manual

Para el escenario de prueba del suelo seco con un riego manual se tomó en cuenta las veces que se riega y en base al manómetro que nos daba un número donde según ese rango ellos realizaban el riego manual. También se basó en las dimensiones del tanque para sacarla cantidad de agua ocupada y a cada cierto tiempo se realizaba.

Fórmula 4. Dimensiones de un cubo

$$v_c = l^3 \tag{4}$$

$$v_{ct} = 100^3 = 1000000\text{cm}^3 \approx 1000\text{l}$$

$$v_{c1} = 99.95^3 = 998500\text{cm}^3 \approx 998.5\text{l} = 1.5\text{l}$$

$$v_{c2} = 99.89^3 = 996703\text{cm}^3 \approx 996.7\text{l} = 1.8\text{l}$$

$$v_{c3} = 99.8^3 = 9940110\text{cm}^3 \approx 994\text{l} = 2.7\text{l}$$

Tabla 33. Valores obtenidos del escenario 1: riego manual 9961

Modalidad	N de riego	Humedad del suelo (manómetro)	Hora de riego	Tiempo de riego (m)	Estado del tanque en (v_{ct})	Riego de agua
Riego manual	1	13	8am	2.8m	1.5l	“Si”
	2	15	12am	3.5m	1.8l	“Si”
	3	13	3pm	4.4m	2.7l	“Si”

Elaborado por: Los investigadores4e

Los valores de la Tabla 33 detalla el tiempo de riego que realiza la persona es de 10.7 minutos con segundos y un consumo de agua de 6 litros utilizados por un día.



Figura 54. Humedad del suelo por el manómetro



Figura 53. Activar la llave para el riego

b. Riego inteligente

En este caso se realizó las pruebas sobre el suelo seco para determinar la precisión de la red neuronal para el control de agua con los parámetros de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura, para lo cual se llevó a cabo el riego inteligente y el riego.

Para el valor de estado de tanque se tomó en cuenta las dimensiones del tanque medido en litros, para su verificación. En la Fórmula (4) detalla el volumen de un cubo para la medición del tanque con relación al agua consumido por la rosa por un día.

$$v_c = l^3 \tag{4}$$

$$v_{ct} = 100^3 = 1000000cm^3 \approx 1000l$$

$$v_{c1} = 99.95^3 = 998002cm^3 \approx 998l= 2l$$

$$v_{c2} = 99.9^3 = 997002cm^3 \approx 997l = 1l$$

$$v_{c3} = 99.85^3 = 995506cm^3 \approx 995.5l=1.5l$$

Tabla 34. Valores obtenidos del escenario 1: riego inteligente

Modalidad del riego	Humedad del suelo en base a sensor	Humedad relativa (%)	Temperatura	Tiempo de riego (m)	Estado del tanque en (v_{ct})	Riego de agua
Riego inteligente	938	15	21	3.8m	$v_{c1} = 2l$	“Si”
	688	15	23	1.9m	$v_{c2} = 1l$	“Si”
	800	14	22	2,8m	$v_{c3} = 1.5$	“Si”

Elaborado por: Los investigadores

Al respecto de tiempo de riego inteligente nos da un resultado de 8.5 minutos durante el día y consumió un total de 4.5 litros de agua los valores dados en la Tabla 34.

Esto se realizó la prueba en base al prototipo con lo que nos dio los siguientes resultados mostrados en las Figura 55.

Opciones	id	humedadSuelo	temperatura	humedad	nivelAgua	inicioRiego	finRiego	estado
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	50	731	27	12	3	2021-07-24 14:51:30.646400	2021-07-24 14:51:35.611888	Finalizado
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	51	734	26	13	3	2021-07-24 14:51:36.707107	2021-07-24 15:22:44.983617	Finalizado
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	6	800	22	14	3	2021-07-04 12:40:00.311397	2021-07-04 12:42:08.528711	Finalizado
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	4	938	21	15	3	2021-07-04 14:27:00.738678	2021-07-04 14:30:08.079414	Finalizado

Figura 55. Resultados del riego en relación al tiempo



Figura 57. Activación por electroválvula



Figura 56. Riego inteligente-suelo seco

5.5.1. Escenario 2: suelo normal

a. Riego manual

Para el suelo óptimo el propietario se basa en el manómetro en la Tabla 35.

Tabla 35. Valores obtenidos del escenario 2: riego manual

Modalidad	Humedad del suelo (manómetro)	Respuesta
Riego inteligente	16	“No necesita riego”

Elaborado por: Los investigadores



Figura 58. Riego manual- suelo normal

b. Riego inteligente

En este caso se realizó las pruebas sobre el suelo normal para determinar la precisión de la red neuronal sobre el control de agua con los parámetros de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura, para lo cual se llevó a cabo el riego inteligente, Tabla 36 se muestra los valores en la aplicación web de la humedad relativa y humedad del suelo, en tiempo real, lo que permite saber con exactitud cómo está funcionando la red neuronal.

Tabla 36. Valores obtenidos del escenario 1: riego manual

Modalidad	Humedad relativa (%)	Humedad del suelo (%)	Temperatura	Respuesta
Riego inteligente	630	16	23	“No necesita riego”
	525	17	22	“No necesita riego”
	533	17	22	“No necesita riego”
	580	18	19	“No necesita riego”

Elaborado por: Los investigadores

Para la demostración, con los valores de la “Tabla 36”, el prototipo no se activó la electroválvula lo que no permite el riego por goteo al rosa como muestra en la Figura 50.

Esto se puede verificar con la ejecución del programa y nos muestra la Figura

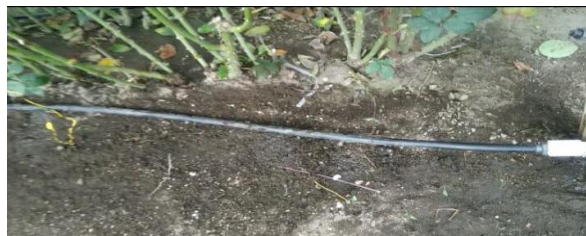


Figura 59. Riego inteligente- suelo normal

5.6. COMPARACIÓN DE RIEGO INTELIGENTE Y RIEGO MANUAL

Una vez realizado los escenarios de prueba del suelo seco se hace la comparación en base a los datos para verificar mediante estadísticas comparativas si es factible o no aplicar el riego inteligente el invernadero de rosas “America Flowers”.

Basado en los criterios de consume de agua valorado en litros de consume, eficiencia del riego en relación al tiempo que utiliza para el regadío, el control de riego con la persona encargada.

Tabla 37. Comparación de riego inteligente y riego manual

Criterios de evaluación	Eficiencia de riego	Tiempo de regadío	Cantidad de litros de agua consumido	Porcentaje del consumo de agua
Riego manual	Monitoreo por manómetro	10.7 minutos	6 litros	57.16%
Riego inteligente	Monitoreo por sensores	8.5 minutos	4.5litros	42.86%

Elaborado por: Los investigadores

Mediante estos parámetros la eficiencia de riego, el tiempo de regadío y la cantidad de litros de agua consumido, es evidente que el riego manual ocupa más litros de agua con 6 litros

mientras que el riego inteligente es de 4.5 litros y por ende reduce un 25% del agua, lo que permite la dosis adecuada de la rosa freedom.

A diferencia el sistema de riego manual con el riego inteligente usando redes neuronales a, el valor total del tiempo de riego es menor 8.5 minutos, puesto que el prototipo cierra la electroválvula inmediatamente siempre y cuando la humedad del suelo haya alcanzado su porcentaje óptimo. La ventaja de utilizar el prototipo y la aplicación web es que la persona que está encargada del proceso de riego va a tener tiempo para realizar otras actividades y el cultivo de rosas será regado en un tiempo adecuado y optimizando el consumo de agua.

5.7. JUICIO DE EXPERTO

Para el desarrollo del aval de juicio de expertos se realizó en base al método Delphi este consiste en una técnica de recogida de información donde permite obtener la opinión de un grupo de expertos a través de la consulta reiterada [23]. En el proyecto de investigación se utilizó este método con el fin de obtener la opinión más fiable del grupo consultado. En los aspectos de la rosa freedom, las condiciones ambientales. Se eligió la opinión de expertos en el área de agronomía.

El proceso para la realización del método Delphi fue:

Figura 60. Fases del modelo Delphi

- a. **Fase de definición:** Identificación del problema, la formulación del objetivo de la consulta, identificar las dimensiones que deben explorarse e identificar posibles fuentes de información. Se utilizó la matriz de consistencia.
- b. **Fase de conformación del grupo de informantes:** se determina el perfil de los participantes y su ubicación, elaborar el protocolo de selección grupo para este caso de estudio se eligió a expertos en el área de la ingeniería agronómica.
- c. **Fase de ejecución de las rondas de consulta:** se elabora el cuestionario inicial, para analizar la información.
- d. **Fase de resultados:** Analizar la información para finalmente la realización del informe.

5.7.1. Matriz de consistencia

Título: Prototipo de riego inteligente para invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales

Tipo: Básico

Diseño: Experimental, transversal, correlacionar

Método: Hipotético-deductivo

Tabla 38.Matriz de consistencia

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables																		
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Con el desarrollo de un prototipo de riego inteligente basado en redes neuronales permitirá la optimización del agua y monitoreo de las condiciones ambientales en la producción de rosas bajo invernadero?</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Desarrollar un prototipo de riego inteligente por goteo mediante la técnica de redes neuronales para la optimización el proceso de riego en los invernaderos de rosas</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>Es útil generar con técnicas de inteligencia artificial el desarrollo de un riego inteligente</p>	Variable 1: Invernadero de rosas																		
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> <th>Ítems</th> <th>Escala y valores</th> <th>Niveles y rangos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Variables climáticas</td> <td>Temperatura</td> <td rowspan="2">1,2,3,4,5,6</td> <td rowspan="2">Se basa en la escala de Likert Totalmente de acuerdo (5) De acuerdo (4) Ni de acuerdo ni desacuerdo (3) En desacuerdo (2) Totalmente en desacuerdo (1)</td> <td rowspan="2">Bajo [30-50[</td> </tr> <tr> <td>Humedad relativa</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Variables de las condiciones del suelo</td> <td>Humedad</td> <td rowspan="2">7,8,9,10</td> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2">Medio [50-70[</td> </tr> <tr> <td>Conductividad eléctrica</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala y valores	Niveles y rangos	Variables climáticas	Temperatura	1,2,3,4,5,6	Se basa en la escala de Likert Totalmente de acuerdo (5) De acuerdo (4) Ni de acuerdo ni desacuerdo (3) En desacuerdo (2) Totalmente en desacuerdo (1)	Bajo [30-50[Humedad relativa	Variables de las condiciones del suelo	Humedad	7,8,9,10		Medio [50-70[Conductividad eléctrica	
Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala y valores	Niveles y rangos																	
Variables climáticas	Temperatura	1,2,3,4,5,6	Se basa en la escala de Likert Totalmente de acuerdo (5) De acuerdo (4) Ni de acuerdo ni desacuerdo (3) En desacuerdo (2) Totalmente en desacuerdo (1)	Bajo [30-50[
	Humedad relativa																				
Variables de las condiciones del suelo	Humedad	7,8,9,10		Medio [50-70[
	Conductividad eléctrica																				
<p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>¿Cuál es la utilidad de realizar un prototipo de riego inteligente en invernadero de rosas?</p>	<p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>•Realizar un análisis del estado del arte relacionado con el proceso de riego en invernaderos de rosas, funcionamiento de redes neuronales, mediante literatura científica que sirva de base teórica para la investigación planteada. Evaluar la conexión de los componentes de hardware y software mediante diferentes test para la validación del correcto funcionamiento del prototipo de riego inteligente. Verificar el funcionamiento del prototipo mediante el criterio de juicio de experto, el cual permita la evaluación de desempeño del riego inteligente.</p>	<p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>Las condiciones climáticas son: humedad del suelo, humedad relativa y la temperatura para que se realice el riego. Mediante redes neuronales permite la predicción de activación y desactivación de la electroválvula.</p>	Variable 2: Riego inteligente																		
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> <th>Ítems</th> <th>Escala y valores</th> <th>Niveles y rangos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Prototipo</td> <td>Eficiencia</td> <td rowspan="3">11,12,13,14,15,16,17,18</td> <td rowspan="3">Se basa en la escala de Likert Totalmente de acuerdo (5) De acuerdo (4) Ni de acuerdo ni desacuerdo (3) En desacuerdo (2) Totalmente en desacuerdo (1)</td> <td rowspan="3">Bajo [30-50[Medio [50-70[Alto [70-90]</td> </tr> <tr> <td>Satisfacción</td> </tr> <tr> <td>Usabilidad</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala y valores	Niveles y rangos	Prototipo	Eficiencia	11,12,13,14,15,16,17,18	Se basa en la escala de Likert Totalmente de acuerdo (5) De acuerdo (4) Ni de acuerdo ni desacuerdo (3) En desacuerdo (2) Totalmente en desacuerdo (1)	Bajo [30-50[Medio [50-70[Alto [70-90]	Satisfacción	Usabilidad						
Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala y valores	Niveles y rangos																	
Prototipo	Eficiencia	11,12,13,14,15,16,17,18	Se basa en la escala de Likert Totalmente de acuerdo (5) De acuerdo (4) Ni de acuerdo ni desacuerdo (3) En desacuerdo (2) Totalmente en desacuerdo (1)	Bajo [30-50[Medio [50-70[Alto [70-90]																	
	Satisfacción																				
	Usabilidad																				

5.7.2. Operacionalización de la variable invernadero de rosas-riego inteligente

Tabla 39. Operacionalización de las variables de invernadero de rosas-riego inteligente

DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	ESCALA Y VALORES	NIVELES Y RANGOS
VARIABLES CLIMÁTICAS	Temperatura	1. Es indispensable considerar la temperatura para la realización del proceso de riego en la rosa.	Se basa en la escala de Likert Totalmente de acuerdo (5) De acuerdo (4) Ni de acuerdo ni desacuerdo (3) En desacuerdo (2) Totalmente en desacuerdo (1)	Bajo [30-50[Medio [50-70[Alto [70-90]
		2. La temperatura óptima en las rosas freedom es de 17°C a 25°C.		
		3. Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para el crecimiento de la rosa.		
	Humedad relativa	4. Es necesario considerar la humedad relativa en el proceso de riego.		
		5. La humedad relativa óptima en las rosas freedom es de 60°C a 70°C.		
		6. Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para prevenir enfermedades.		
VARIABLES DE LAS CONDICIONES DEL SUELO	Humedad de suelo	7. Es indispensable considerar la humedad para la realización del proceso de riego.		
		8. La humedad óptima en las rosas freedom es de 10°C a 12°C.		
		9. Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para la hidratación de la rosa.		
	Conductividad eléctrica	10. La humedad de suelo se puede medir por medio de la conductividad eléctrica.		
		PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE	Eficiencia	11. Al realizar el proceso riego el prototipo funciona correctamente.
				12. Las funciones del sistema están integradas adecuadamente (envió y recepción de datos).
13. Las interfaces son amigables con el usuario.				
Usabilidad	14. Los datos emitidos desde el prototipo se visualizan en la página web.			
	15. Los datos emitidos por el prototipo se almacenan correctamente en una base de datos.			
	16. Se actualiza en tiempo real los datos obtenidos por los sensores.			
	17. El resultado obtenido por el prototipo cumple con los requisitos para realizar el proceso de riego.			
	18. El prototipo cumple con las expectativas del experto en ingeniería agrónoma.			

Mediante la evaluación de expertos a través del método Delphi los expertos llegaron a la conclusión que el prototipo cumple con las condiciones requeridas para realizar el proceso de riego, que la interfaz es amigable con el usuario y que los datos obtenidos para el correcto crecimiento de la flor son los correctos, dando como resultado que el prototipo cumple con las condiciones requeridas para ser aplicadas en un invernadero de rosas

El primer experto llega una calificación del 89 que tiene un equivalente de un nivel alto por lo que es aceptable el prototipo.

Mientras que el segundo experto da una calificación de 87 que da un nivel alto de calificación y emite el criterio de aplicabilidad aceptable.

Ambos expertos concuerdan que el prototipo tiene las características necesarias para el riego inteligente en las rosas freedom.

5.5. DISCUSIÓN

En este proyecto de investigación se resumió de una forma detallada la importancia del riego en los invernaderos de rosas. El riego consiste en aportar agua al suelo y nutrir a la planta, para que así tenga el suministro de agua que favorezca su crecimiento.

El resultado obtenido mediante las pruebas realizadas se enfocó al riego de agua en un invernadero de rosas freedom el mismo que utiliza un riego manual, el período de pruebas del sistema se orientó al ciclo total del riego de rosas en la florícola “America Flowers” y se realizó el registro de la información de cada riego.

Posteriormente se realizó una comparativa de datos en la ejecución del tiempo del riego manual y riego inteligente desarrollado en este proyecto de investigación, el mismo que esta implementado en un software que se denomina riego automatizado para la producción de rosas usando redes neuronales.

El sistema se basa en un riego inteligente controlado por redes neuronales, el mismo que se divide en tres partes: entrada, control y salida, otra parte necesaria es la comunicación del software con las variables de entrada del invernadero, para esto debe haber una integración de elementos y una interacción entre los mismos, la tecnología como Arduino es pionera en el desarrollo de proyectos orientados a la automatización.

5.6. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Después de haber realizado el proyecto de investigación se evidencio mediante las pruebas de escenarios como la red neuronal interviene en el proceso de riego de manera satisfactoria, a través de la predicción se realiza o no el proceso de riego, esto provoca que el consumo de agua sea menor y la dosificación de la rosa sea la adecuada. Para tener la seguridad que los datos sean los correctos para el proceso de riego se realizó el juicio de experto en el área de la agricultura.

5.7. ANÁLISIS DE IMPACTO

5.7.1. Impacto social

El presente proyecto de investigación tiene un impacto social, debido al beneficio que da de prototipo de riego inteligente usando redes neuronales porque imita la forma en que los seres humanos toman decisiones con respecto a la activación o desactivación de la electroválvula evaluado según las entradas tiempo, ya que en el lenguaje natural se suele mencionar conceptos vagos o imprecisos, por tal razón se considera de gran ayuda para los floricultores de los invernaderos de rosas.

5.7.2. Impacto tecnológico

La construcción del prototipo y de la aplicación web para el riego en la producción de rosas bajo invernadero, permitió utilizar nuevas tecnologías innovadora como hardware y software para lograr la optimización del control de agua en el cultivo de rosas, para ello también el uso de nuevas tecnologías en la agricultura como son las redes neuronales con el objetivo de evitar la intervención de los trabajadores para la obtención de resultados de forma rápida y precisa

5.7.3. Impacto ambiental

Se enfoca a optimizar el recurso hídrico, donde el agua cumple una función principal en la vida de las personas y en la investigación en actividades agrícolas, por lo tanto, se pretende reducir el impacto ambiental, evitando consumir cantidades excesivas de agua que se origina a causa del riego manual, otro impacto adicional es mejorar el control de riego de agua de manera inteligente.

5.7.4. Impacto económico

Durante el impacto económico se incluye la inversión en el aspecto económico, el cual se utilizó componentes electrónicos para la construcción del prototipo, el material del prototipo

de riego manual tiene un costo superior por los materiales utilizados para el riego manual mientras en el riego inteligente se basa en el uso menor de componentes para su respectivo funcionamiento cabe recalcar que el costo del prototipo es menor en comparación a otros sistemas de riego automatizados.

En el impacto económico se detalló el costo de todos los componentes que conforman el prototipo de riego. Dentro de los componentes en el proyecto están distribuidos de la siguiente manera: hardware, software, infraestructura y trabajo de ingeniería.

5.7.4.1. Costo del software

Para tener el costo de software de baso mediante el método de COCOMO, la utilidad de este modelo es utilizado en proyectos de software para estimar los costes. Se detalla una estimación del número de meses del hombre que tomara para el desarrollo de un producto de software. Al respecto de la estimación de costo de la aplicación web.

a. Estimación de la cantidad de instrucciones

Para la estimación de cantidad de instrucciones para el costo de software se realiza en base a las líneas código que se desarrolló de la aplicación web.

Fórmula 5.Cantidad de líneas de código

$$L = 1265 * FD E/S \quad (5)$$

$$L = 1265 * 5 = 6325$$

Fórmula 6.Cantidad de miles de líneas de código

$$ML = \frac{F}{10000} \quad (6)$$

$$ML = \frac{6325}{10000} = 0.632$$

Donde significa L=cantidad de líneas de código, FD E/S Flujo de Entrada + Flujo de Salida que tiene el sistema y ML=Miles de código fuente que tendrá el sistema.

b. Estimación del esfuerzo

Para la estimación de esfuerzo, significa el 3=modo de desarrollo semiencajado y el ML=miles de línea de código del sistema

Fórmula 7.Estimación del esfuerzo

$$ESF = 3 * ML^{1.12} \quad (7)$$

$$ESF = 3 * 0.632^{1.12} = 1.76 \approx 2 \text{ personas}$$

c. Estimación del tiempo de desarrollo

Para sacar la estimación se toma TDE= tiempo de desarrollo del proyecto, 2.5= modo semiencajado dependiendo del problema, el grupo puede incluir una mezcla de personas experimentadas y no experimentadas, 0.35= el tiempo de desarrollo en el modo semiencajado.

Fórmula 8. Estimación del tiempo de desarrollo.

$$TDES = 2.5 * ESF^{0.35} \quad (8)$$
$$TDES = 2.5 * 1.76^{0.35} =$$

d. Estimación del personal necesario

Se detalla la ESF=estimación del esfuerzo y TDES= estimación de tiempo de desarrollo.

Fórmula 9. Estimación del personal necesario

$$CP = \frac{ESF}{TDES} \quad (9)$$
$$CP = \frac{1.76}{3.05} = 0.57 \approx 1$$

e. Estimación de productividad

Se detalla la P=estimación de La productividad y ESF=estimación del esfuerzo.

Fórmula 10. Estimación de la productividad

$$P = \frac{L}{ESF} \quad (10)$$
$$P = \frac{6325}{1.76} = 3593 \frac{\text{instrucciones}}{\text{personas_mes}}$$

f. Estimación del coste

Se detalla la ESF=estimación del esfuerzo y CHM= sueldo del personal del proyecto.

Fórmula 11. Estimación de coste

$$P = ESF * CHM \quad (11)$$
$$P = 1.76 * 400 = 704\$$$

Para la realización del presupuesto del prototipo de riego es la programación fue de un valor de 704\$ la estimación de esfuerzo de 1.76 y el personal requerido para realizar este proyecto es de 2 personas.

5.7.4.2. Costo de hardware

En la Tabla 27 se detalla los elementos de hardware con su cantidad y su respectivo costo.

Tabla 40. Costo de hardware

Equipos	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Arduino Uno	1	10.00 \$	10.00 \$
Electroválvula de ½ pulgada 12V-1ª	1	11:00 \$	11:00 \$
Modulo Relé	1	05.00 \$	05.00 \$
Modulo sensor de temperatura y humedad relativa DHT11	1	05.50 \$	05.50 \$
Sensor de humedad de suelo FC-28	3	02.00 \$	06.00 \$
Sensor tipo boya	3	03.98 \$	11.94 \$
Transformador de 110V a 12V	1	05.00 \$	05.00 \$
Otros gastos		10.00 \$	10.00 \$
TOTAL:			64.44 \$

Elaborado por: Los investigadores

5.7.4.3. Costo de infraestructura

Se toma en cuenta los honorarios del grupo de trabajo tanto de diseño de software como hardware como se detalla en la Tabla 44.

Tabla 41. Costo de infraestructura

Infraestructura	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Cable 100 metros 2x23 Awg	1	15.00 \$	15.00 \$
Manguera ciega para goteo	1	20:00 \$	20:00 \$
Reducción	1	01.00 \$	01.00 \$
Unión de 1/5 pulgada	2	01.50 \$	03.00 \$
Unión macho-hembra	2	00.60 \$	00.60 \$
Otros gastos		05.00 \$	05.00 \$
TOTAL:			44.60 \$

Elaborado por: Los investigadores

5.7.4.4. Costo total

Mediante esta Tabla 45 se detalla el gasto total de la realización del prototipo tomando en cuenta los costos de hardware, infraestructura y software.

Tabla 42. Costo total

Total	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Costo de software	1	704\$	704 \$
Costo de infraestructura	1	44.60 \$	44.60 \$
Costos de hardware	1	900.00 \$	64.44 \$
TOTAL:			813.04\$

Elaborado por: Los investigadores

El costo total del prototipo de riego inteligente con redes neuronales en un invernadero de rosas es de 813.04\$ tomando en cuenta el costo de hardware, la infraestructura que debe tener y el costo de hardware.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que el proceso de riego es de forma manual, el método de riego es por goteo utilizado mayormente en los invernaderos de rosa, el riego se realiza 3 veces al día y 1 en la noche, la condición ambiental en un invernadero se rige en los parámetros de humedad del suelo, humedad relativa y la temperatura. Las redes neuronales tienen similitud con el cerebro humano conformado por un conjunto de receptores conectados entre sí. Los receptores están formados por capas (capa de entrada, capa oculta y capa de salida). En la cual se realiza el proceso de entrenamiento, validación y pruebas. Dando como resultados una prueba calculada por la RNA.
- Mediante las diferentes pruebas para la verificación de la conexión del prototipo se determinó que los componentes de software y hardware están correctamente conectados, lo que permite la realización de la predicción de riego en la rosa freedom.
- Mediante el aval de juicio de experto se determinó que cumple con las condiciones ambientales optimas, el proceso de los resultados de los sensores de humedad relativa, humedad del suelo y la temperatura son los correctos, dando una opinión de aplicabilidad aceptable.

6.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable la realización de investigación de campo para el detalle del proceso de riego, por lo que nos da una mejor explicación sobre el problema o inconveniente sucedidos en los invernaderos de rosas. La observación con gran detalle sobre el manejo del riego y la distribución de las rosas para la realización del riego. La correcta

verificación del método de riego utilizado en las rosas según la especie que pertenezca. Para la ejecución del marco de referencia en un proyecto de investigación es recordable tener la información más actualizada.

- Mediante el proyecto de investigación que se realizó en una sección del invernadero debido a su efectividad en el control de riego se recomienda aplicar en todas las camas de las rosas freedom.
- Es necesario tener un monitoreo constante sobre el abastecimiento del recurso hídrico al sistema para evitar que el funcionamiento del sistema se vea afectado por falta de agua, precisamente al momento de realizar el riego, ya que la falta del líquido ocasiona inoperatividad del sistema de riego con RNA.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Cadena, “Diseño de un sistema para el control de riego mediante técnicas de aprendizaje automático aplicada a la agricultura de precisión en la granja la pradera,” Universidad Técnica del Norte, 2020.
- [2] M. Gerardo *et al.*, “Redes neuronales aplicadas al control de riego usando instrumentación y análisis de imágenes para un micro-invernadero aplicado al cultivo de Albahaca Neural Networks Applied to Irrigation Control Using Instrumentation and Image Analysis for a Micro-Green,” *Res. Comput. Sci.*, vol. 147, no. 5, pp. 93–103, 2018.
- [3] R. Cervantes-Osornio, R. Arteaga-Ramírez, M. A. Vázquez-Peña, W. Ojeda-Bustamente, and A. Quevedo-Nolasco, “Red Neuronal Artificial y series de Fourier para pronóstico de temperaturas en el Distrito de Riego 075 Sinaloa México,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 10, no. 1, pp. 253–268, 2019, doi: 10.24850/j-tyca-2019-01-10.
- [4] B. M. Washington, *Agricultura para el desarrollo Panorama general*. 2007.
- [5] C. D. E. Economía, S. Marjorie, and P. Méndez, “UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL,” 2020.
- [6] E. García and F. Flego, “2019 Agricultura de precision,” *Tecnol. Agropecu.*, pp. 24–31, 2019, [Online]. Available: <https://www.maquinac.com/wp-content/uploads/2015/07/Agricultura-de-Precision-Universidad-de-Palermo.pdf>.
- [7] M. Luzuriaga Espinosa, “Evaluación de la conductancia estomática, contenido clorofila y fluorescencia de clorofila en rosa bajo invernadero (var. Explorer) en Latacunga-Cotopaxi-Ecuador.,” vol. 0, no. 0, pp. 1–47, 2020.
- [8] InfoAgro, «<https://www.infoagro.com>,» [En línea]. Available: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ojReyhQjYDIJ:https://www.infoagro.com/flores/flores/rosas.htm+&cd=26&hl=es&ct=clnk&gl=ec&client=opera>. [Último acceso: 16 mayo 2021].
- [9] expofloresflorecuador., «expofloresflorecuador.» 15 octubre 2018. [En línea]. Available: <http://expofloresflorecuador.blogspot.com/2015/10/clima-bajo-invernadero.html>. [Último acceso: 17 mayo 2021].
- [10] C. Cabezas Whitney Tatiana Sanchez Moreno Hugo Fernando and I. Barbosa Galarza José Efrén Ing Freire Martínez Luigi Orlando Latacunga -Ecuador, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS CARRERA INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA Autores: Tutor,” 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6861>.
- [11] E. G. Gualpa Cando and D. A. Rubio Rubio, “Universidad técnica de cotopaxi,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, vol. 1, p. 101, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.
- [12] C. Andrade and J. Alvaro, “Universidad Agraria Del Ecuador,” p. 62, 2019
- [13] S. K. Fernández Estrella, L. M. Olivares Gutiérrez, and F. J. Zamora Rasgado, “Inteligencia Artificial,” *XIKUA Boletín Científico la Esc. Super. Tlahuelilpan*, vol. 3,

no. 5, 2015, doi: 10.29057/xikua.v3i5.1271.

- [14] M. Q. && O. P. Fransisco Ruiz, “Inteligencia artificial-Métodos , técnicas y áreas de aplicación.,” in *Introducción a la inteligencia artificial*, Thomson ed., Madrid, 2003, p. 367.
- [15] Comunidad Global de Directivos, “Técnicas y métodos de inteligencia artificial: ¿cuáles son y para qué se usan?,” 2020. <https://www.apd.es/tecnicas-de-la-inteligencia-artificial-cuales-son-y-para-que-se-utilizan/>.
- [16] M. Carlo, “Aplicación de redes neuronales en el cálculo de sobretensiones y tasa de contorneamientos,” pp. 141–232, 2019.
- [17] P. Martí Pérez, “Aplicación de redes neuronales artificiales para predicción de variables en ingeniería del riego: evapotranspiración de referencia y pérdidas de carga localizadas en emisores integrados,” pp. 1–334, 2009, [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/64909>.
- [18] J. Marcelino Pacheco Neto and O. Noura Teixeira, “Reconhecimento de Padrões em Imagens de Triatomíneos Usando Redes Neurais Artificiais com Algoritmo Backpropagation,” pp. 455–460, 2020, doi: 10.14210/cotb.v11n1.p455-460
- [19] M. G. Arnal and I. D. S. Audiovisuales, “Estudio y aplicación de las redes neuronales convolucionales 3D,” 2018.
- [20] J. C. Cuevas-Tello, “Apuntes de Redes Neuronales Artificiales,” pp. 1–20, 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1806.05298>.
- [21] Á. R. Barberis and L. E. Del Moral Sachetti, “Scrum como Herramienta Metodológica en el Entrenamiento Cooperativo de la Programación: De la Teoría a la práctica,” TE&ET 2016 XI Congr. Technol. en Educ. y Educ. en Technol., pp. 365–374, 2016, [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53517>.
- [22] A. Kuz, M. Falco, and R. S. Giandini, “Comprendiendo la Aplicabilidad de Scrum en el Aula: Herramientas y Ejemplos,” *Rev. Iberoam. Technol. en Educ. y Educ. en Technol.*, no. 21, p. e07, 2018, doi: 10.24215/18509959.21.e07.
- [23] M. R.-álvarez M. Torrado-fonseca, “El metodo Delphi,” *REIRE. Rev. d’Innovació i Recer. en Educ.*, vol. 9, no. 9 (1), pp. 0–2, 2016, doi: 10.1344/reire2016.9.1916.

8. ANEXOS

Anexo 1: Hoja de vida del tutor

DATOS PERSONALES

Apellidos: Cadena Moreano

Nombres: José Augusto

Estado Civil: Casado

Cédula de ciudadanía: 0501552798

Número de cargas familiares: 2

Lugar y fecha de nacimiento: Latacunga, 17-09-1967

Dirección domiciliaria: av. Miguel Iturralde. Barrio San Silvestre. Parroquia San Buenaventura

Celular: 0984059929

Teléfono: 032262854

Email Institucional: jose.cadena@utc.edu.ec



ESTUDIOS REALIZADOS

- Licenciado en Ciencias de la Educación, especialidad Física y Matemáticas
- Ingeniero en Informática y Sistemas Computacionales
- Magister en Ciencias de la Educación, mención Planeamiento y Administración Educativa,
- Ph. D en Ingeniería de Sistemas e Informática.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Experiencia profesional en las diferentes áreas del objeto de la ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales por más de 20 años en la Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Reconocimiento facial en base a imágenes
- Las redes sociales y su incidencia en el proceso de enseñanza aprendizaje en bachillerato general unificado
- Cambios bruscos de temperatura en la ciudad de Latacunga y las afectaciones que esta provoca en la salud de los habitantes
- Una aproximación a la aplicación de los tics en la didáctica de la matemática
- An efficient technique for global facial recognition using Gabor wavelet and support vector machines in 2D images
- Facial recognition techniques using SVM: A comparative analysis

- Técnica eficiente para el reconocimiento de imágenes faciales con máquina de vectores de soporte en imágenes 2D con validación cruzada en Matlab.
- Global Facial Recognition Using Gabor Wavelet, Support Vector Machines and 3D Face Models.

Anexo 2: Hoja de vida de investigadores

DATOS PERSONALES

Nombres: Vanessa Alexandra

Apellidos: Chillagana Valverde.

Fecha de Nacimiento: 14 de febrero de 1996.

Edad: 24 años.

Nacionalidad: Ecuatoriano.

Cedula de Identidad: 1727491357

Dirección Domiciliaria:

Barrio San José de Monjas Calles: Diego Montanero y José Arellano Portilla

Teléfono Celular: 093546283

Estado Civil: Soltero

Correo Electrónico: vanessa.chillagana1357@utc.edu.ec



ESTUDIOS PRIMARIOS

Institución: “Escuela Juan León Mera”

Dirección: Sector Chimbacalle.

ESTUDIOS SECUNDARIOS

Institución: “Colegio Técnico Humanístico Experimental Quito”

Dirección: Sector Chimbacalle

Título de bachiller: Química

Especialización: Química

DATOS PERSONALES

Nombres: Washington Bladimir.

Apellidos: Cayambe Cajo.

Fecha de Nacimiento: 24 de junio de 1994.

Edad: 27 años.

Nacionalidad: Ecuatoriano.

Cedula de Identidad: 1725216004

Dirección Domiciliaria: Quito – Guamaní

Teléfono Celular: 0984515140

Estado Civil: Soltero

Correo Electrónico: washington.cayambe6004@utc.edu.ec



ESTUDIOS PRIMARIOS

Institución: “Unidad Educativa Nueva Primavera”

Dirección: Guamaní, Antiguo peaje.

ESTUDIOS SECUNDARIOS

Institución: “Teniente Hugo Ortiz”

Dirección: Quito, Pichincha, Colmena

Título de bachiller: Técnico en comercio y administración

Especialización: Administración de sistemas

Anexo 3: Fichas bibliográficas

No. FICHA BIBLIOGRAFICA	AREA	UBICACIÓN
1	Investigación en Ciencias de la Computación	Articulo ISSN 1870-4069 https://www.rcs.cic.ipn.mx/2018_147_5/Redes%20neuronales%20aplicadas%20al%20control%20de%20riego%20usando%20instrumentacion%20y%20analisis%20de%20imagenes.pdf

TEMA	TITULO	AUTOR	EDITORIAL
Redes neuronales aplicadas al control de riego usando instrumentación y análisis de imágenes para un micro invernadero aplicado al cultivo de Albahaca	Utilización de redes neuronales	Martin Vásquez y otros.	Research in Computing Science URL:
RESUMEN		PALABRAS CLAVES	
<p>El presente artículo muestra el desarrollo de un control con Inteligencia Artificial para un micro-invernadero utilizando redes neuronales artificiales multicapa de retro-propagacion. En el invernadero se analizan las plantas y se obtienen datos por medio de sensores, que permiten controlar y automatizar el riego. Mediante la interfaz se pueden observar los datos que monitorea el Sistema: la temperatura ambiente y la humedad relativa en el invernadero; la temperatura y humedad de cada una de las plantas, el tamaño de la planta, así como el porcentaje sano y dañado de cada una de las plantas. El experimento fue realizado durante 44 días, probando las redes neuronales en un rango de humedad de 20 a 21% y una temperatura estable promedio de 30°C. Con estas condiciones se encontró que las plantas de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>), se desarrollan favorablemente.</p>		<p>Control inteligente, micro invernadero, red neuronal artificial, temperatura, humedad, riego.</p>	

No. FICHA BIBLIOGRAFICA	AREA	UBICACIÓN
2	Mecatrónica	Repositorio de la Universidad Técnica de Perú URL: http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/1622/1/Joel%20Gutierrez_Johan%20Armas_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2018.pdf

TEMA	TITULO	AUTOR	EDITORIAL
Diseño de un controlador basado en redes neuronales para la irrigación por goteo sobre cultivos en el distrito de Huacho	El proceso civil a partir del Código General del Proceso	Cruz Tejada, Horacio y otros.	Editorial Universidad de Los Andes
RESUMEN			PALABRAS CLAVES
<p>El uso racional del agua es un problema nacional, debido a la escasez, la mala utilización del recurso hídrico con los métodos de riego sobre cultivos agrícolas y la utilización de métodos de irrigación convencionales, los cuales generan una productividad menor en las parcelas. Esta investigación tiene como objetivo principal diseñar un controlador basado en redes neuronales para la irrigación por goteo en cultivos en Huacho para reducir el consumo de agua en los riegos, puesto que el agua no solo se utiliza para estas acciones sino también para el consumo humano, el método de irrigación planteado en los cultivos se ubica en el norte de Lima, para el diseño se tomó de muestra 0.1 m con la finalidad de realizar la investigación y poder proyectar a pequeña escala el riego de la finca. Se propone la solución basada en la adquisición de datos de humedad en tiempo real sobre los cultivos en 3 profundidades que son de 60, 40 y 20 cm, tanto para el riego y para el tiempo de evapotranspiración de los cultivos, mediante electrodos de acero calibrados,</p>			<p>Sistema, cultivos, redes neuronales, riego y agua</p>

No. FICHA BIBLIOGRAFICA	AREA	UBICACIÓN
3	Automatización Inteligente	Artículo URL: https://fei.edu.br/sbai/SBAI1999/ARTIGOS/IV_SBAI_29.pdf

TEMA	TITULO	AUTOR	EDITORIAL
Algoritmo de aprendizaje acelerado para backpropagation	Redes neuronales aplicación de un algoritmo	Miguel Strefezza Bianco. Yasuhiko Dote	Editorial Artigos
RESUMEN			PALABRAS CLAVES
<p>El entrenamiento de redes neuronales utilizando el algoritmo de backpropagation es muy utilizado y sufre por poseer una convergencia asintótica lenta. En este artículo se presenta un algoritmo para mejorar y acelerar el algoritmo de backpropagation mediante un aprendizaje intensivo de las neuronas. Con estas modificaciones sobre el algoritmo original se necesitan menos presentaciones de los datos entrada-salida a las neuronas para su entrenamiento. Se realizan varias simulaciones con redes neuronales multicapas, en la cual se compara el algoritmo aquí presentado con el método original y con otros trabajos. Los resultados muestran una significativa mejora en la velocidad de aprendizaje de las redes.</p>			<p>Redes neuronales, backpropagation, aprendizaje e invernadero</p>

Anexo 4: Formulario de Entrevista

**ENTREVISTA DIRIGIDA AL PROPIETARIO DE INVERNADERO DE ROSAS EN
LA PROVINCIA DE COTOPAXI**

OBJETIVO: “Determinación de requerimientos para el desarrollo del sistema de riego inteligente para los invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales en la provincia de Cotopaxi.

Conteste de forma clara y concisa cada una de las preguntas.

1. ¿Conoce usted acerca de los sistemas de riego mediante técnicas de inteligencia artificial?
2. ¿Cuáles son los procesos más importantes en el proceso de riego de rosas del invernadero?
3. ¿Cuántas personas se encargan en la administración del consumo de agua para el invernadero al día?
4. ¿Cómo es el control del proceso de riego de agua a las rosas?
5. ¿Cuáles son los problemas que tiene al momento de suministrar agua en el invernadero?
6. ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego inteligente ayudara a llevar un mejor manejo del consumo del agua en el invernadero?

7. ¿Cuál es el grado de humedad óptima para que la flor pueda hidratarse?
8. ¿En qué rango de temperatura debe conservar la planta para su óptimo crecimiento?
9. ¿Considera que es factible llevar un control del tanque de agua para el riego por medio de notificaciones?
10. ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego inteligente ayudara a llevar un mejor manejo del consumo del agua en el invernadero?

Anexo 5: Resultados de Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN N°1

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño de un sistema de riego inteligente para los invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales en la provincia de Cotopaxi.		INTEGRANTES:			
ETAPA DEL TRABAJO DE CAMPO	TEMA DEL TRABAJO DE CAMPO	OBJETIVO GENERAL	Vanessa Chillagana Washington Cayambe			
INICIAL	Conocimiento del funcionamiento del invernadero de rosas	Conocer el funcionamiento de proceso de riego de invernadero de rosas.				
ACTIVIDAD	TEMA	OBJETIVO	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN	RESULTADO ESPERADO	RECURSOS	LUGAR
Observar el detalle de la distribución del agua	Funcionamiento del riego de agua	Conocer la manera que es distribuida el agua en el invernadero	Como el agua es manejado	Funciona mediante mangueras para distribuir el agua	Cisterna de agua	Latacunga-Lazo
Distribución de las rosas en el invernadero	Ubicación de las rosas	Conocer la distribución de las rosas en el invernadero	Como son distribuidas las rosas, las medidas de separación que dan a cada una de ellas	Separan a una distancia de 30cm para que pueda crecer la rosa.		Latacunga-Lazo

Elaborado por: Los investigadores

FICHA DE OBSERVACIÓN N°2

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño de un sistema de riego inteligente para los invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales en la provincia de Cotopaxi.			INTEGRANTES:	Vanessa Chillagana Washington Cayambe			
ETAPA DEL TRABAJO DE CAMPO	TEMA DEL TRABAJO DE CAMPO			OBJETIVO GENERAL	FICHA DE OBSERVACIÓN			
INICIAL	Conocimiento del funcionamiento del invernadero de rosas			Conocer el funcionamiento de proceso de riego de invernadero de rosas.	N°1			
ACTIVIDAD	TEMA	OBJETIVO	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN	RESULTADO ESPERADO	RECURSOS	LUGAR	HORA	FECHA
Recolección de datos con los sensores	Realización de la base de datos	Obtener los datos mediante los sensores	Datos de entrada de los sensores T=TEMPERATURA HR=HUMEDAD RELATIVA HS=HUMEDAD DEL SUELO	HS=214-1008, T=17-24, HR=10-22	Sensor de humedad de temperatura de humedad relativa.	Latacunga-Lazo	8:00 am 12:05 pm	10/05/2021
				H= 214-1008; T=15-17; HR=548-684				11/05/2021
				HS=16-18; T=21-46; HR=520-370				12/05/2021
				HS=315-900; T=15-18; HR=19-48				13/05/2021
				HS=323-985; T=15-18; HR=21-46				14/05/2021
				HS=458-953; T=15-18; HR=19-23				15/05/2021
				HS=568-868; T=15-19; HR=20-44				17/05/2021
				HS=450-980; T=14-23; HR=16-31				18/05/2021
				HS=2003-1001; T=14-23; HR=16-35				19/05/2021
T=214-1008; HR=17-24; HS=10-22	20/05/2021							

Elaborado por: Los investigadores

Anexo 6: Programación en Arduino IDE

a. Recolección de datos de los sensores de humedad, temperatura, humedad relativa, boya.

```
void loop () {
  char data = Serial.read() ;//lo que recibirá de la red
  //Leer los datos de los sensores
  EstadoNivelAguaMinimo = digitalRead (PinNivelAguaMinimo);
  EstadoNivelAguaMedio = digitalRead (PinNivelAguaMedio);
  EstadoNivelAguaMaximo = digitalRead (PinNivelAguaMaximo);
  HumedadSuelo0 = analogRead (PinHumedadSuelo0);
  HumedadSuelo1 = analogRead (PinHumedadSuelo1);
  HumedadSuelo2 = analogRead (PinHumedadSuelo2);
  Temperatura = dht. readTemperature ();
  Humedad = dht. readHumidity ();
  //Transformación de nivel del agua
  if (EstadoNivelAguaMinimo == 1) {
    Nivel Agua = 0;
  }
  if (EstadoNivelAguaMinimo == 0) {
    NivelAgua = 1;
  }
  if(EstadoNivelAguaMedio == 1){
    NivelAgua = 2;
  }
  if(EstadoNivelAguaMaximo == 1){
    NivelAgua = 3;
  }
}
```

b. Envío de datos a la consola

```
//envió de tatos cada 3 segundos
Serial.print(HumedadSuelo);
Serial.print(",");
Serial.print(Temperatura);
Serial.print(",");
Serial.print(Humedad);
Serial.print(",");
Serial.println(NivelAgua);
delay(3000);
```

Anexo 7: Código Python

a. Código de desarrollo de la red neuronal

```
#llamar al dataset y localizar los datos dependientes e independiente
dataset = pd.read_csv('InvernaderoCSV.csv')
x = dataset.iloc[:, 0:3].values
y = dataset.iloc[:, 3].values
#No es necesario tranformar variables categoricas ya que solo se tiene numeros
#separar el set de datos en set de entrenamiento y set de test
x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(x, y, test_size = 50, random_state = 0)
#aplicar escalado de categorías
sc = StandardScaler()
x_train = sc.fit_transform(x_train)
x_test = sc.transform(x_test)
#CREAR LA RED NEURONAL
#definir la clase y sus tres capas: capa de entrada - capa oculta - capa de salida
#Sequential->Inicializar el modelo de deep learning/ Dense->Agregar las capas
clasificador = Sequential()
clasificador.add(Dense(units=6, kernel_initializer='uniform', activation='relu', input_dim=3))
clasificador.add(Dense(units=6, kernel_initializer='uniform', activation='relu'))
clasificador.add(Dense(units=1, kernel_initializer='uniform', activation='sigmoid'))
#Aplicar el Descenso Gradiente Estocastica
clasificador.compile(optimizer='adam', loss='binary_crossentropy', metrics=['accuracy']) #algoritmo
para encontrar el mejor par de pesos, margen de error-
>solo para una variable, evaluar el modelo y productividad
#Ajustar la red creada en el set de entrenamiento -> empieza a entrenar la red
clasificador.fit(x_train, y_train, batch_size=10, epochs=100)#numero de Lotes y epochs para retro
propagar por medio del set de datos
#CORRER NUESTRO SET DE PRUEBAS
#y_pred = clasificador.predict(x_test)
#y_pred = (y_pred>0.5)
#print(y_pred)
```

b. Inicio de la nueva predicción

```
nuevaprediccion = clasificador.predict(sc.transform(np.array([[humedadSuelo,temperatura,humedad]])))

nuevaprediccion = (nuevaprediccion > 0.5)
```

```

condicionRiego = nuevaprediccion[0][0]

print("PREDICCION DE LA RED NEURONAL: ",condicionRiego)

registroriego = database.obtenerRegistroRiego()

if condicionRiego == True:

    if not registroriego:

        database.crearDatosRiego(humedadSuelo,temperatura,humedad,nivel) #Agregamos el registro de riego

        enviarCorreo("¡Riego automático activado! Su cultivo está bajo el nivel óptimo establecido por la predicción de la red neuronal y de los sensores que lo conforman, por lo tanto se ha activado el riego automático, puede revisar el estado de su cultivo en la página: ")

        serialArduino.write(b'1')#enviamos el dato 1 al serial

        print("***NECESITA RIEGO***")

    else:

        if registroriego:

            database.modificarRegistroRiego(registroriego[0]) #Modificamos el registro de riego en caso de terminar el riego

            print("***NO NECESITA RIEGO***")

```

Anexo 8: Desarrollo de la aplicación web

a. Riego en proceso

```
<div class="header-left" id="alertariego">
    {% if riego % }
        <div class="dropdown for-message">
            <button type="button" class="btn btn-info m-l-10 m-b-10"> <span class="fa fa-
            tint"></span> &nbsp; Riego en proceso</button>
        </div>
    {% endif % }
</div>
```

b. Registro de riego

```
{% if riegos % }
{% for riego in riegos % }
<tr>
    <td>{{ riego.inicioRiego }}</td>
    <td>{{ riego.finRiego }}</td>
    <td>
        <p><b>Humedad del suelo: </b>{{ riego.humedadSuelo }}</p>
        <p><b>Temperatura: </b>{{ riego.temperatura }}</p>
        <p><b>Humedad relativa: </b>{{ riego.humedad }}</p>
    </td>
    <td>{{ riego.nivelAgua }}</td>
    <td>
        {% if riego.estado == 'Finalizado' % }
        <span class="badge badge-success">{{ riego.estado }}</span>
        {% else % }
        <span class="badge badge-warning">{{ riego.estado }}</span>
        {% endif % }
    </td>
</tr>
{% endfor % }
{% endif % }
```

c. Notificación del tanque

```
{% if avisotanques % }
{% for avisotanque in avisotanques % }
<tr>
    <td>{{ avisotanque.inicioAviso }}</td>
```

```
<td>{{ avisotanque.finAviso }}</td>
<td>{{ avisotanque.nivelAgua }}</td>
<td>
  {% if avisotanque.estado == 'Optimo' %}
  <span class="badge badge-success">{{ avisotanque.estado }}</span>
  {% else %}
  <span class="badge badge-warning">{{ avisotanque.estado }}</span>
  {% endif %}
</td>
</tr>
{% endfor %}
{% endif %}
```



CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certifico que los estudiantes **CAYAMBE CAJO WASHINGTON BLADIMIR** con número de cedula 172521500-4 y **CHILLAGANA VALVERDE VANESSA ALEXANDRA** con numero de cedula 172749135-7, están inscrito desde el periodo Octubre 2019 – Marzo 2020 hasta la actualidad en el proyecto de investigación formativa con tema “**TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA PROVINIA DE COTOPAXI**” que se viene desarrollando dentro de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.

Latacunga, 01 de Agosto del 2021

.....
Coordinador del proyecto

Ing. Mg Villa Quishpe Manuel

CI: 180338695-0

Anexo 10: Recolección de datos- Creación de la base de datos

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'BDD_INVERNADERO' workbook open. The ribbon is set to 'Inicio' (Home) with the 'Diseño' (Design) group selected. The active cell is B438. The data table is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	HUMEDAD	TEMPERATU	HUMEDAD RELATIV	RESULTADO	Fecha de recolección de datos	Hora de recolección de datos	Numero de camas	
452	668	17	16	1	20/05/2021	09:20	10	
453	537	18	17	0	20/05/2021	09:25	10	
454	675	19	17	1	20/05/2021	11:15	10	
455	663	15	18	1	20/05/2021	10:25	10	
456	391	19	18	0	20/05/2021	08:25	10	
457	641	15	19	0	20/05/2021	09:15	10	
458	634	16	19	0	20/05/2021	09:00	10	
459	286	19	19	0	20/05/2021	11:20	10	
460	614	16	20	0	20/05/2021	08:55	10	
461	648	15	21	0	20/05/2021	09:10	10	
462	627	18	21	0	20/05/2021	10:20	10	
463	661	15	22	1	20/05/2021	09:05	10	
464	548	17	22	0	20/05/2021	09:55	10	
465	232	18	22	0	20/05/2021	11:25	10	
466	614	14	23	0	20/05/2021	08:45	10	
467	549	16	24	0	20/05/2021	09:50	10	
468	243	17	24	0	20/05/2021	11:05	10	
469	673	15	25	1	20/05/2021	12:00	10	
470	540	16	26	0	20/05/2021	09:45	10	
471	223	18	26	0	20/05/2021	11:00	10	
472	277	19	26	0	20/05/2021	11:50	10	
473	221	15	27	0	20/05/2021	10:55	10	
474	654	15	27	0	20/05/2021	10:05	10	
475	680	17	27	1	20/05/2021	10:15	10	
476	236	18	27	0	20/05/2021	11:55	10	
477	615	18	27	0	20/05/2021	10:30	10	
478	633	21	27	0	20/05/2021	08:30	10	

Figura 61. Creación de la base de datos

Anexo 11: Especificaciones técnicas de software y hardware

a. Software

Tabla 43. Especificaciones técnicas del software

Requerimiento técnico	Versión	Tipo de licenciamiento	Capacidad de almacenamiento
Arduino IDE	1.8.13	<i>GNU Lesser General Public Licence</i>	4.00. KB
Python	3.9.4	<i>Python Software Foundation License</i>	1.01MB
Django	3.1.	<i>BSC Licence</i>	120MB
Studio Visual Code	1.57.1	<i>MIT Binarios Freeware</i>	256MB
MySQL	3.2.4	<i>GNU General Public Licence</i>	548 MB

b. Hardware

Tabla 44. Ficha técnica de Arduino Uno

Característica	Valor
Voltaje de funcionamiento	5 voltios
Voltaje de entrada	7 a 20 voltios
Pines de E/S digitales	14
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por Pin de E/S	20 mA.
Corriente CC para Pin de 3.3V	50 mA
SRAM	2KB

Tabla 45. Ficha técnica de Higrómetro FC-28

Característica	Valor
Modelo	HW-103
Corriente	35 mA
Superficie de electrodo	Estaño
Voltaje	3.3V – 5V
Dimensión	60 mm x 20 mm

Tabla 46 Ficha técnica de Sensor Dht11.

Característica	Valor
Referencia	DHT11
Voltaje de operación	5V
Pines digitales de salida	1
Rango medición de humedad	20% ~ 90% RH
Precisión medición de humedad	±5% RH
Rango medición de temperatura	0~60 °C

Tabla 47. Ficha técnica del módulo Relé

Características	Valor
Canal de salida	1
Voltaje de Operación	5V DC
Señal de Control	3.3V o 5V
Nº de Relays TTL (canales)	1 CH
Capacidad máx	10A/250VAC, 10A/30VDC
Corriente máx	10A (NO), 5A (NC)
Tiempo de acción	10 ms / 5 ms

Anexo 12: Acercamiento al invernadero de rosas “America Flowers”



Figura 62. Realización de la entrevista a la propietaria



Figura 63. Invernadero de rosas "America Flowers"



Figura 64. Acercamiento a la empresa

Anexo 13: Infraestructura y proceso de riego



Figura 66. Medición de la humedad del suelo



Figura 65. Distribución de las rosas Freedom

Recolección de datos a través de los sensores



Figura 67. Prototipo recolectando datos



Figura 68. Recolección de dato

Anexo

14: Evaluación de juicio de expertos

a. Cuestionario de prototipo de riego inteligente para invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales

El presente documento es anónimo y su aplicación será de utilidad para mi investigación, por ello pido su colaboración: Marque con una “X” la respuesta que considere acertada con su punto de vista, según las siguientes alternativas:

Tabla 48.Significado de los índices de juicio de expertos

TD	DA	NAD	ED	TDA
TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	EN DESACUERDO	TOTALMENTE EN DESACUERDO

Tabla 49.Cuestionario para la evaluación de juicio de expertos

Nº	ÍTEMS	ÍNDICES				
		TD	DA	NAD	ED	TDA
	Variables Climáticas					
1	Es indispensable considerar la temperatura para la realización del proceso de riego en la rosa.	X				
2	La temperatura óptima en las rosas freedom es de 17°C a 25°C.	X				
3	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para el crecimiento de la rosa.	X				
4	Es necesario considerar la humedad relativa en el proceso de riego.	X				
5	La humedad relativa óptima en las rosas freedom es de 60°C a 70°C.	X				
6	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para prevenir enfermedades.	X				
	Variables Condición de suelo	X				
7	Es indispensable considerar la humedad para la realización del proceso de riego.					
8	La humedad óptima en las rosas freedom es de 10°C a 12°C.	X				
9	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para la hidratación de la rosa.	X				
10	La humedad de suelo se puede medir por medio de la conductividad eléctrica.	X				
	Prototipo de riego inteligente	X				
11	Al realizar el proceso riego el prototipo funciona correctamente.					
12	Las funciones del sistema están integradas adecuadamente (envió y recepción de datos).	X				
13	Las interfaces son amigables con el usuario.		X			
14	Los datos emitidos desde el prototipo se visualizan en la página web.	X				
15	Los datos emitidos por el prototipo se almacenan correctamente en una base de datos.	X				
16	Se actualiza en tiempo real los datos obtenidos por los sensores.	X				
17	El resultado obtenido por el prototipo cumple con los requisitos para realizar el proceso de riego.	X				
18	El prototipo cumple con las expectativas del experto en ingeniería agrónoma.	X				

b. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide riego inteligente en invernadero de rosas “America Flowers”

Adecuación: La adecuación se válida para establecer si el requerimiento ha sido utilizado de manera satisfactoria, de igual modo se evalúa su facilidad de uso, precisión y el orden lógico con el cual han sido utilizados.

Pertinencia: El criterio de pertinencia tiene la función de verificar si el requerimiento evaluado realmente es de utilidad para el ámbito de la ingeniería agrónoma y su valor a la lógica de negocio del prototipo.

A continuación, se presentan los promedios de las puntuaciones asignadas por los expertos que han colaborado en la validación del sistema:

Tabla 50. Criterios de validez por parte del experto

N°	DIMENSIONES / ÍTEMS	Adecuación		Pertinencia	
		Si	No	Si	No
	VARIABLES CLIMATICAS				
1	Es indispensable considerar la temperatura para la realización del proceso de riego en la rosa.	X		X	
2	La temperatura óptima en las rosas freedom es de 17°C a 25°C.	X		X	
3	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para el crecimiento de la rosa.	X		X	
4	Es necesario considerar la humedad relativa en el proceso de riego.	X		X	
5	La humedad relativa óptima en las rosas freedom es de 60°C a 70°C.	X		X	
6	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para prevenir enfermedades.	X		X	
	VARIABLES DE CONDICION DE SUELO				
7	Es indispensable considerar la humedad para la realización del proceso de riego.	X		X	
8	La humedad óptima en las rosas freedom es de 10°C a 12°C.	X		X	
9	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para la hidratación de la rosa.	X		X	
10	La humedad de suelo se puede medir por medio de la conductividad eléctrica.	X		X	
	PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE				
11	Al realizar el proceso riego el prototipo funciona correctamente.	X		X	
12	Las funciones del sistema están integradas adecuadamente (envió y recepción de datos).	X		X	
13	Las interfaces son amigables con el usuario.	X		X	
14	Los datos emitidos desde el prototipo se visualizan en la página web.	X		X	
15	Los datos emitidos por el prototipo se almacenan correctamente en una base de datos.	X		X	
16	Se actualiza en tiempo real los datos obtenidos por los sensores.	X		X	
17	El resultado obtenido por el prototipo cumple con los requisitos para realizar el proceso de riego.	X		X	
18	El prototipo cumple con las expectativas del experto en ingeniería agrónoma.	X		X	

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: Hidalgo Fernández Mónica del Pilar

Especialidad del evaluado: Ingeniero Agrónomo Especialidad Floricultura

c. Cuestionario de prototipo de riego inteligente para invernaderos de rosas usando la técnica de redes neuronales

El presente documento es anónimo y su aplicación será de utilidad para mi investigación, por ello pido su colaboración:

Marque con una “X” la respuesta que considere acertada con su punto de vista, según las siguientes alternativas:

Tabla 51.Significado de los índices de juicio de expertos

TD	DA	NAD	ED	TDA
TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	EN DESACUERDO	TOTALMENTE EN DESACUERDO

Tabla 52.Cuestionario para la evaluación de juicio de expertos

Nº	ÍTEMS	ÍNDICES				
		TD	DA	NAD	ED	TDA
1	VARIABLES CLIMÁTICAS Es indispensable considerar la temperatura para la realización del proceso de riego en la rosa.	X				
2	La temperatura óptima en las rosas freedom es de 17°C a 25°C.	X				
3	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para el crecimiento de la rosa.	X				
4	Es necesario considerar la humedad relativa en el proceso de riego.	X				
5	La humedad relativa óptima en las rosas freedom es de 60°C a 70°C.	X				
6	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para prevenir enfermedades.	X				
7	VARIABLES DE SUELO Es indispensable considerar la humedad para la realización del proceso de riego.	X				
8	La humedad óptima en las rosas freedom es de 10°C a 12°C.		X			
9	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para la hidratación de la rosa.	X				
10	La humedad de suelo se puede medir por medio de la conductividad eléctrica.		X			
11	PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE Al realizar el proceso riego el prototipo funciona correctamente.	X				
12	Las funciones del sistema están integradas adecuadamente (envío y recepción de datos).	X				
13	Las interfaces son amigables con el usuario.		X			
14	Los datos emitidos desde el prototipo se visualizan en la página web.	X				
15	Los datos emitidos por el prototipo se almacenan correctamente en una base de datos.	X				
16	Se actualiza en tiempo real los datos obtenidos por los sensores.	X				
17	El resultado obtenido por el prototipo cumple con los requisitos para realizar el proceso de riego.	X				
18	El prototipo cumple con las expectativas del experto en ingeniería agrónoma.	X				

d. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide riego inteligente en invernadero de rosas “America Flowers”

Adecuación: La adecuación se válida para establecer si el requerimiento ha sido utilizado de manera satisfactoria, de igual modo se evalúa su facilidad de uso, precisión y el orden lógico con el cual han sido utilizados.

Pertinencia: El criterio de pertinencia tiene la función de verificar si el requerimiento evaluado realmente es de utilidad para el ámbito de la ingeniería agrónoma y su valor a la lógica de negocio del prototipo.

A continuación, se presentan los promedios de las puntuaciones asignadas por los expertos que han colaborado en la validación del sistema:

Tabla 53. Criterios de validez por parte del experto

N°	DIMENSIONES / ÍTEMS	Adecuación		Pertinencia	
		Si	No	Si	No
	VARIABLES CLIMATICAS				
1	Es indispensable considerar la temperatura para la realización del proceso de riego en la rosa.	X		X	
2	La temperatura óptima en las rosas freedom es de 17°C a 25°C.	X		X	
3	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para el crecimiento de la rosa.	X		X	
4	Es necesario considerar la humedad relativa en el proceso de riego.	X		X	
5	La humedad relativa óptima en las rosas freedom es de 60°C a 70°C.	X		X	
6	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para prevenir enfermedades.	X		X	
	VARIABLES DE CONDICION DE SUELO	Si	No	Si	No
7	Es indispensable considerar la humedad para la realización del proceso de riego.	X		X	
8	La humedad óptima en las rosas freedom es de 10°C a 12°C.	X		X	
9	Los datos recopilados en el invernadero son óptimos para la hidratación de la rosa.	X		X	
10	La humedad de suelo se puede medir por medio de la conductividad eléctrica.	X		X	
	PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE	Si	No	Si	No
11	Al realizar el proceso riego el prototipo funciona correctamente.	X		X	
12	Las funciones del sistema están integradas adecuadamente (envío y recepción de datos).	X		X	
13	Las interfaces son amigables con el usuario.	X		X	
14	Los datos emitidos desde el prototipo se visualizan en la página web.	X		X	
15	Los datos emitidos por el prototipo se almacenan correctamente en una base de datos.	X		X	
16	Se actualiza en tiempo real los datos obtenidos por los sensores.	X		X	
17	El resultado obtenido por el prototipo cumple con los requisitos para realizar el proceso de riego.	X		X	
18	El prototipo cumple con las expectativas del experto en ingeniería agrónoma.	X		X	

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: Tapia Chiluisa Estalin Andres

Especialidad del evaluado: Ingeniero Agrónomo