



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Sistema hidropónico automatizado para el control de parámetros de
solución nutritiva en huertos urbanos

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Portilla Inga, Marco Eduardo ([ORCID: 0000-0002-1741-2103](https://orcid.org/0000-0002-1741-2103))

ASESORES:

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel ([ORCID: 0000-0002-8127-4040](https://orcid.org/0000-0002-8127-4040))

Dr. Luján López, Jorge Eduardo ([ORCID: 0000-0003-1208-1242](https://orcid.org/0000-0003-1208-1242))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

TRUJILLO - PERÚ
2022

Dedicatoria

Dedico este proyecto de investigación a mi madre e hija por ser el pilar de este camino y motivo para cumplir mis objetivos profesionales.

Dedico este proyecto al cielo. ¡Gracias por enseñarme la perseverancia que, junto a tu interés por verme profesional, resumen la importancia de la labor de madre, tu fe que nunca me abandono será la razón de mis logros, todo esto es por y para ti, lo lograré Abuelita!

Agradecimiento

Mi agradecimiento eterno a mi Madre quien con su cariño, dedicación y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un meta, gracias por ser el más grande ejemplo.

El agradecimiento a toda mi familia por acompañarme durante este proceso.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos.....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	37
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS.....	48

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de selección	20
Tabla 2. Elementos de entradas	26
Tabla 3. Elementos de salidas.....	27
Tabla 4. Costos de equipos y dispositivos de control	34
Tabla 5. Costo de materiales	34
Tabla 6. Costo de mano de obra.....	35

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Estructura implementada.....	15
Figura 2. Estructura implementada.....	16
Figura 3. Estructura implementada.....	16
Figura 4. Estructura implementada.....	17
Figura 5. Estructura modular	22
Figura 6. Canales de cultivos de PVC	23
Figura 7. Tubería de distribución y recolección.....	23
Figura 8. Tanques de almacenamiento.....	24
Figura 9. Estructura de metal	24
Figura 10. Base de madera	25
Figura 11. Diagrama de secuencias.....	29
Figura 12. Programa de secuencia de seguridad y entradas ...	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Programa de temporizadores y contadores.....	32
Figura 14. Programa de secuencia de salidas	33

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal el diseño de un sistema hidropónico automatizado para el control de parámetros de solución nutritiva en huertos urbanos, para ello se realizó un estudio cuantitativo de tipo aplicada, diseño no experimental. La población fue estudiada, conformada por 05 huertos urbanos dentro de la zona, quienes fueron evaluados y teniendo en cuenta la variable sistema hidropónico automatizado y la dependiente parámetros de solución nutritiva, se determinó las dimensiones del sistema: monitoreo de valores y evaluación de los parámetros. Se realizó la elección de la estructura modular aplicando una matriz de selección en base a las alternativas propuestas, una vez escogido la estructura se desarrolló el modelamiento del mismo. Seguido de esto se llevó a cabo el sistema de control de parámetros, por último, se elaboró del presupuesto para la implementación del sistema hidropónico automatizado. Se concluyó que el sistema de control de parámetros fue simulado utilizando un software el cual cumplió con la programación propuesta, además se concluye que el proyecto tiene un elevado costo de implementación según el presupuesto elaborado.

Palabras clave: Sistema hidropónico automatizado, Parámetros, Solución Nutritiva.

Abstract

This research had as a main objective the design of as an automated hydroponic system for controlling the parameters of nutritive solution in urban gardens. For that reason, a quantitative study of applied type, non-experimental design was carried out. The population, composed of five (5) urban gardens within the zone was studied. These were assessed considering the automated hydroponic system variable and the dependent parameters of nutritive solution. The system dimensions were defined: quantity monitoring and assessment of parameters. The modular structure selection was performed based on a series of proposed alternatives. Once the structure was selected, the modeling of it was carried out; then, the parameter control system followed, and lastly, the budget to implement the automated hydroponic system was developed. It was concluded that the parameter control system was simulated using a software which satisfied the proposed plan. Also, it was concluded that the project requires a high cost for implementation, based on the budget developed.

Keywords: automated hydroponic system, parameters, nutritive solution.

I. INTRODUCCIÓN

La adopción de nuevas técnicas agrícolas modernas por los fenómenos de industrialización, urbanización y cambio climático, ha generado que se implemente la agricultura tradicional en ambientes reducidos aplicando sistemas de control, la aplicación de estas técnicas requiere de una avanzada tecnología para optimizar el sistema. La agricultura urbana se presentó como una alternativa para disminuir el impacto de la necesidad de producción de alimentos en ciudades, el estudio tuvo como resultado el ahorro de agua y fertilizantes durante el proceso de cultivo, dando como resultado que el sistema desarrollado no generó impacto ambiental en un área urbana. (Rufí-Salís, y otros, 2020)

En el mundo, la agricultura represento el 13,5% de las emisiones y pérdidas de tierras fértiles con referencia al cambio climático, por lo tanto, se buscan métodos eficientes para el desarrollo de la agricultura sin alterar el ambiente. Con el pasar de los años la demanda de alimentos a nivel mundial promueve que el sector agrícola implemente nuevos sistemas en espacios reducidos para la producción; se proyectó como alternativa cultivo, la técnica de película de nutrientes (NFT), este sistema utiliza solución nutritiva para irrigar el área de la raíz de la planta, la solución se bombea de tal manera que fluye continuamente durante el tiempo programado o según necesidad de la planta. (Mashumah, y otros, 2018), Los estudios refieren que los cultivos sin suelo en comparación con los cultivos en suelo tienen mayor rendimiento y calidad. La cultura de siembra sin suelo, también denomina cultivos hidropónicos proporciona sostenibilidad económica, ambiental y alimentos con una alta calidad nutricional, debido al control del sistema durante el proceso de cultivo. (Lakhiar, y otros, 2020)

La influencia social en el país sobre el uso de tecnologías hace posible mejorar los sistemas existentes, mediante el uso de sensores, el adelanto de la tecnología permitió desarrollar sistemas automatizados de control de variables, que, con el uso de agua como recurso potencial, contribuye en la productividad del cultivo. El sistema desarrollado debe contar con energía eléctrica de manera constante ya que, en caso de interrupciones, el sistema se desprograma generando desestabilización del proceso de cultivo, el sistema se ejecutó en un ambiente controlado teniendo como

resultados la productividad de diferentes variedades de hortalizas que fueron comercializados en los mercados de Ayacucho. (Huayanay Villar, y otros, 2020)

La empresa en la que se desarrolló el estudio contribuye con el desarrollo de la industria Mecánica Eléctrica en la región San Martín, los servicios que brindan son: instalaciones eléctricas y mecánicas, cableados estructurales, sistema de climatización, proyectos de energías renovables e innovadores, entre otros. Por otro lado, se ha incursionado en la producción de hortalizas en huertos urbanos, desarrollando un sistema eléctrico típico con el que cuenta el módulo hidropónico, utilizando un temporizador que permite el bombeo de solución nutritiva de acuerdo a la necesidad de la planta, adicionalmente se planteó realizar un sistema de control de variables para mejorar la calidad del producto.

Las causas posibles planteadas con referencia al tema es, la sobre explotación de suelos para cultivos y el uso excesivo de químicos utilizados en estos, pretendiendo obtener y/o mejorar la producción de los cultivos en el menor tiempo posible, debido a esto el agricultor se propuso buscar nuevos procesos y tecnologías para realizar sus cultivos de forma responsable, eficiente, de excelente calidad, conservando el medio ambiente y sobre todo planteando implementar la agricultura en pequeños espacios utilizando tecnologías de fácil uso, mejorando las condiciones de vida mediante el cultivo de sus propios alimentos. (López Elías, 2018)

Las consecuencias de la investigación se desarrollaron de manera negativa, debido al inadecuado manejo de los parámetros necesarios para la planta, tiene como resultado el daño al cultivo, afectando a las raíces de manera directa en el crecimiento de las mismas generando pérdidas económicas en la producción. Por su parte el agricultor u operador del sistema, tienen la tarea constante de monitorear los valores de la solución nutritiva de forma manual, esto implicó un aumento del costo de mano de obra (Chang, y otros, 2018).

Frente a la realidad problemática, se formula el problema mediante la siguiente pregunta: ¿De qué manera la automatización del sistema hidropónico para huertos urbanos mejora el proceso de control de parámetros de solución nutritiva?, se planteó los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es la estructura modular para el sistema hidropónico en huertos urbanos?, ¿Cuál es el diseño de la estructura modular para el

sistema hidropónico en huertos urbanos?, ¿Cuál es el presupuesto del sistema hidropónico para huertos urbanos?, y finalmente ¿Cuál es el diseño del sistema de control de parámetros para el cultivo hidropónico en huertos urbanos?. El trabajo de investigación tubo como justificación que, la escasez de alimentos generado por el crecimiento poblacional y la disminución de áreas de cultivo. La investigación desarrollada propuso la aplicación de nuevas tecnologías, que generen ahorro económico y fácil producción. Con la aplicación de la tecnología se benefició al agricultor, permitiéndole monitorear las condiciones de los parámetros y demás aspectos vinculados al cultivo, como es el caso de la conductividad eléctrica, pH, temperatura y humedad, al encontrarse estos valores de acuerdo a la cantidad necesaria requerida por planta, se tiene como resultado la producción eficiente de hortalizas. (Bijolin, y otros, 2022)

Se estableció de esta manera, el objetivo general de la investigación como: Diseñar un sistema hidropónico automatizado para el control de parámetros de solución nutritiva en huertos urbanos. Los objetivos específicos fueron los siguientes: Seleccionar el concepto modular para el sistema hidropónico, diseñar la estructura modular para el sistema hidropónico, diseñar el sistema de control de parámetros de la solución nutritiva para el cultivo hidropónico, elaborar el presupuesto de la fabricación e implementación de la estructura modular y sistema de control para cultivo hidropónico.

II. MARCO TEÓRICO

La investigación de obtención de título realizado en Colombia, desarrollo la automatización de un sistema hidropónico mediante el uso de un PLC conjuntamente con un ESP, la programación desarrollada para el sistema tuvo secciones como: la adquisición de datos, seguido de procesamiento y actuación, también se encuentra las alertas y visualización. Las acciones realizadas por el PLC fueron de acuerdo a las entradas con las que cuenta y otras por órdenes del ESP. El desarrollo del proyecto permitió reducir la participación de individuos durante la producción y teniendo como resultado hortalizas de mejor calidad. (Bedoya Restrepo , y otros, 2020)

En el caso de la investigación desarrollada también en Colombia, menciona que la programación del PLC se realizó utilizando el lenguaje KOP, el cual permitió representar y conectar elementos, estos normalmente se reúnen en esquemas de contactos abiertos y/o cerrados y agrupándose en segmentos, que a su vez la unión de distintos segmentos da paso a la parte de instrucción del bloque lógico. La interfaz utilizada evaluó las condiciones de funcionamiento de los elementos del sistema, la simulación del proyecto dio como resultado el aumento de la producción en un 32%, bajo costo de mantenimiento y reducción en el gasto de mano de obra. (Rodriguez Diaz, 2020)

Un estudio desarrollado en la India, propuso un sistema de riego inteligente hidropónico, donde los parámetros ambientales como caudal, temperatura y la humedad se registraron en tiempo real utilizando la plataforma ThingSpeak IoT. Los sensores de humedad, temperatura y caudal sirven para llevar un control de los parámetros ambientales, las magnitudes eléctricas y del motor como son el voltaje de entra y salida, corriente de entrada y salida se utilizaron sensores individuales, estos parámetros se registraron en Raspberry PI con la ayuda de convertidores de analógico a digital. Los resultados del sistema fueron favorables para controlar y registrar parámetros de manera eficiente con respecto a los sistemas convencionales. (Kakkanallur Ethirajan, y otros, 2019)

Otra investigación hecha en la India, diseñó un sistema en la cual el agricultor pudo monitorear parámetros para ello se utilizó un aplicativo web de interfaz de programación de aplicaciones API de IoT. El sistema propuesto, se basa en factores como la temperatura, el pH y la humedad, el sistema monitoreo las condiciones

ambientales de un invernadero, en caso de encontrarse un registro de las variables fuera del límite de los parámetros definidos se envió un mensaje de texto de alerta al usuario.(Bijolin, y otros, 2022)

En la investigación llevada a cabo en Marruecos, se propuso un sistema hidropónico que cuentan con tecnología como: Arduino Uno R3, Arduino mega 2560, protoboard, sensores de conductividad eléctrica, ph, nivel, humedad, también ventilador para refrigeración, motor de alimentación de solución nutritiva, panel solar, módulo de relé, tiras de leds, servidor IoTalk y cámaras; el uso de estas tecnologías genero ventajas como, la automatización del sistema y el control de parámetros en tiempo real por medio del sistema IoT. (Ezzahoui , y otros, 2021)

El proyecto Titan Smartphones realizado en Estados Unidos, tuvo como principales objetivos la automatización del sistema y la rentabilidad del mismo, mediante el uso de microcontroladores, sensores y tecnología IoT para el control. Se empleó un Arduino para el análisis de los parámetros, para el control y monitoreo desde un dispositivo móvil se desarrolló un aplicativo para celulares, también conto con una bomba de aire para la oxigenación de la solución, además de cuatro sensores: sensor de pH, conductividad eléctrica, temperatura de la solución y sensor de humedad/temperatura del ambiente. (Palande , y otros, 2018)

En la investigación de tesis de grado elaborado en Bolivia, expresa que la empresa internacional CAMSCO, considero que la función de los temporizadores instalados en sistemas hidropónicos son fundamentales puesto que permitió programar el tiempo de riego necesario para los cultivos, mediante programas de encendido y apagado del sistema, para la técnica de cultivos hidropónicos, se realizó la programación de acuerdo a la zona donde se ubicó el sistema, donde a mayor temperatura mayor será la cantidad de programas de riego. En el caso del sistema NFT es recomendable programas de 8 eventos a más durante el día. (Eddy, 2018)

En la investigación realizada en Corea del Sur se diseñó un ambiente hidropónico real como parte de la investigación experimental el cual contiene sensores de nivel de agua y humedad, instalado dentro de la estructura, también cuenta con un tanque de almacenamiento de agua, macetas porta plantas, conexión para alimentar el sistema;

en el ambiente hidropónico desarrollado se encuentran los dispositivos y conexiones del sistema propuesto. (Khudoyberdiev, y otros, 2020)

En la investigación desarrollada en China, se realizó un sistema de monitoreo mediante el uso de la tecnología de internet de las cosas, el proyecto empleo diversos sensores para registro en tiempo real de los parámetros como es el caso de calidad de agua, temperatura del ambiente, la humedad y cantidad de dióxido de carbono, por último, el registro de los parámetros meteorológicos. (Zhang, y otros, 2022)

También se encontró un artículo de investigación nacional el cual menciona que, debido a la demanda alimenticia se desarrolló el diseño de un sistema NFT-I que utilizó diversos dispositivos electrónicos como: Arduino, temporizador, sensores de temperatura, pH y bomba sumergible. El sistema cuenta con cámara web que funciona mediante Raspberry PI3, controlando por medio de fotografías el crecimiento de la planta, madurez, entre otros aspectos. El sistema hidropónico cumplió de manera eficiente en dos producciones, teniendo inconvenientes en la primera producción ya que el sensor de pH se encontraba descalibrado. (Ibarra , y otros, 2020)

Con el propósito de obtener información sobre las variables, en el caso de (Hinojosa Pinto, 2019) define que los huertos urbanos son lugares o espacios pequeños como jardines o terrazas, estos son aprovechados para la producción de hortalizas o diferentes tipos plantas, permitiéndole al usuario controlar la dosificación de solución nutritiva necesaria de manera tradicional o usando la tecnológica. La hidroponía aplicada en huertos se caracterizó por tener mayor rendimiento en menor tiempo posible, con una tasa de crecimiento entre el 15 y 25% más rápida que los cultivos tradicionales, como resultado, se obtuvieron productos saludables y de calidad. También se reduce la inversión en fertilizantes, herbicidas y mano de obra. Los autores (Rufí-Salís, y otros, 2020) mencionan que la agricultura urbana se presentó como una alternativa para disminuir la necesidad de producción de alimentos en ciudades, ante esta problemática se cultivó frijoles comunes, utilizando sistemas de riego lineal que son característicos en huertos urbanos, la aplicación del sistema dio como resultados el ahorro de los recursos utilizados y no contamina el ambiente. Por su parte (Dushyant Kumar Singh, y otros, 2022) expresa que la producción en áreas urbanas son una alternativa factible, aunque afronta desafíos como la inversión, demanda alimenticia,

escaso espacio de producción, entre otros. El desarrollo de la agricultura urbana permitió el uso de tecnologías durante el proceso de cultivo; mejorando la calidad de los productos y generando desarrollo sostenible. Finalmente (Gumisiriza, y otros, 2022) menciona que la implementación de sistemas hidropónicos en huertos urbanos, tienen altos costos de inversión, debido a la fabricación de invernaderos, instalación del sistema y costo de energía, además se necesitó conocimientos técnicos en sistemas de monitoreo de variables de solución nutritiva, que ante una falla del sistema se evitó daños a los cultivos.

En cuanto a la definición de sistemas hidropónicos automatizados, (Mehra, y otros, 2018) manifiesta que el aprendizaje automático basado en hidroponía es parte de la inteligencia artificial (IA), que proporcionó a las máquinas la capacidad de desarrollar acciones por sí mismas, previa programación de la labor específica que va a ejecutar. En el campo de la hidroponía se utilizó el algoritmo automático de aprendizaje para optimizar y monitorear los niveles de pH, temperatura, conductividad eléctrica, nivel de agua e intensidad de luz, como también el crecimiento del cultivo; el control se desarrolló de forma autónoma sin la necesidad de las personas. Para (Herrmann, y otros, 2020) el avance de la ingeniería de producción de cultivos, emplea sistemas de producción cibernéticos que están conectados al sistema físico de producción a través de dispositivos de adquisición y proceso de datos, en el cual se desarrolla la simulación, modelamiento y el estudio de los resultados alcanzados. La aplicación de este sistema cibernético beneficia al ser humano ya que se muestra como una tecnología con conceptos positivos para la producción urbana teniendo en cuenta las características como el área a utilizar, eficiencia de los materiales y uso de máquinas durante el proceso. Por su parte la investigación desarrollada en Perú por (Parra Zeballos, 2019) explicó que en los sistemas de control están relacionados con elementos físicos, estos trabajan de manera conjunta, realizando la regulación y dirección del funcionamiento en caso de alteraciones que se registren durante el proceso. El funcionamiento del sistema es de manera predeterminada, disminuyendo los niveles de error causados por la variación de factores, el sistema de control actuó de manera eficiente en caso de perturbaciones que alteren el comportamiento del mismo.

Del mismo modo se definió los parámetros de solución nutritiva encontrándose aportes de (Ortiz Vásquez, y otros, 2018) manifiesta que la solución nutritiva esta compuestas por macronutrientes como son el Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, etc, igualmente de micronutrientes como son Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, entre otros. Lo fundamental en los cultivos hidropónicos es la dosis de nutrientes aplicado en las raíces de las plantas, para los cultivos hidropónicos se considera la calidad del agua, el cual si es apto para el consumo humano también servirá para los cultivos. La investigación de (Xydis, y otros, 2020) mencionan que la conductividad eléctrica es un parámetro importante para las plantas, ya que permitió absorber el contenido nutritivo encontradas en las sales del agua. La cantidad de conductividad eléctrica en cultivos permitió registrar la concentración de nutrientes en la solución, por otro lado, cuando medición de la conductividad eléctrica registró valores sobre el nivel permitido, causó una ineficiente absorción de los nutrientes. Por su parte (Modu, Falmata, y otros, 2020) menciona que la solución nutritiva está compuesta por oxígeno, salinidad, pH y conductividad eléctrica, también se considera la temperatura del ambiente, humedad y temperatura de la solución, la dosis utilizada dependió del tipo de cultivo. Mientras que (Lakhiar, Imran Ali, y otros, 2018) refiere que temperatura de la solución es un factor importante porque influye de manera significativa en la etapa de crecimiento de la planta, la disminución de la temperatura genero un ineficiente desarrollo y perdidas, además, cada variedad de planta tiene un valor específico de temperatura de solución ante esto la aplicación de sensores de temperatura permitió monitorear las variaciones de temperatura y almacenar la información encontrada en tiempo real.

En la investigación, la variable sistema hidropónico automatizado tiene como dimensiones el monitoreo de valores y evaluación de parámetros , para (Lukito, y otros, 2020) la aplicación de monitoreo inteligente basado en la tecnología de internet de las cosas, permitió el acceso al sistema en cualquier momento y lugar, obteniendo los resultados mediante mensajería instantánea, las mediciones de los valores se realizaron cada 10 segundos obteniendo resultados diferentes en poco tiempo. El monitoreo del sistema hidropónico se realizó por medio de sensores de temperatura de solución, pH, CE y nivel de agua. Por otro lado (Mashumah, y otros, 2018) menciona que el experimento desarrollo un mini prototipo de sistema NFT, en el cual se evaluó

el rendimiento del sensor de conductividad eléctrica, también de la cámara que genera histogramas para determinar el valor de la conductividad eléctrica, por otra parte, se utilizó un sensor ultrasónico para la medición del volumen del agua. El experimento utilizó el histograma HSV el cual permite predecir la edad de la planta y suministrar los nutrientes necesarios para su crecimiento, teniendo en cuenta los indicadores de la investigación. (Zamora-Izquierdo, y otros, 2019) expone que las instalaciones realizadas para el cultivo mediante agricultura de precisión, se aplicaron sensores y actuadores, ente los sensores utilizados encontramos los de radiación solar, temperatura, medidor de pH, humedad, CO₂, entre otros, por otra parte los actuadores utilizados fueron, bombas de agua, válvulas, dispositivos de iluminación, ventilación y riego, estos a su vez estuvieron conectados en serie e interconectados al internet por medio de una red de acceso (IoT, computación en la nube). Por último, la investigación de (Cagri Tolga, y otros, 2022) evaluó tres alternativas de aplicación para sistemas hidropónicos como son: el Basic que consta con un diseño tradicional donde el agricultor monitorea los parámetros en este caso pH, CE, humedad y temperatura, de forma manual, como segunda alternativa el IoT donde los valores se registran mediante el uso de sensores y de forma remota. Como tercera alternativa se tiene la Automatización, disminuye la participación humana, ya que el sistema trabaja con los datos registrados. Para el desarrollo del sistema se empleó el método de toma de decisiones de criterios múltiples y empleando lógica difusa.

En el caso de los indicadores de la variable parámetros de solución nutritiva, los autores (Lakhiar, Imran Ali, y otros, 2018) especifican que el valor de pH es el tamaño del nivel de alcalinidad o acidez de la solución nutritiva, por su parte la conductividad eléctrica es la medición de todas las sales que se encuentran disueltas en agua, la unidad de medida es el dsm-1, los valores de pH y CE dependen del espacio geográfico donde se encuentren y la variedad de planta. Se tiene también que según (Lukito, y otros, 2021) manifestaron que en el sistema hidropónico los nutrientes minerales son mezclados con agua, se almacena en un tanque para luego ser bombeado por las tuberías de PVC. Es necesario tener controlado el caudal, temperatura de la solución, pH y conductividad eléctrica del agua, de acuerdo a la necesidad de la planta. El control de los parámetros permitió obtener una eficiente

producción. Mientras que (Ortiz Vásquez, y otros, 2018) considera que el pH se mide en rango 0 hasta 14, para un pH igual a 7 se denomina neutro, si el pH se muestra inferior a 7 se califica como solución ácida, para un pH superior a 7 significa como una solución alcalina. Las plantas pueden desarrollarse con una cantidad de pH desde 5 hasta 7.5, el desarrollo, maduración y variedad de planta, el valor del pH tiende a variar. Para la teoría de control automatizado (Miranda, y otros, 2019) expresa que las tecnologías de detección, utilizaron sistemas que detectan eventos, registro de cambios físicos en el entorno físico y la recopilación de valores que son procesados por el sistema de control, esta tecnología se aplica a sistemas de monitoreo, control, optimización. Los dispositivos de control combinan sensores analógicos con un procesador, memoria y un controlador de red, todo esto en un solo dispositivo que monitorea condiciones como temperatura, presión y movimiento.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada por lo que utiliza conocimientos obtenidos, de enfoque cuantitativo y alcance descriptivo, ante esto se planteó dar solución a los problemas que se manifiestan durante el desarrollo del estudio. En la investigación se formularon los problemas en base a la información básica obtenida, la aplicación de este tipo de investigación estuvo orientada a mejorar el sistema de control, con la finalidad de optimizar su funcionamiento, calificando como eficiente o deficiente dependiendo del estudio realizado.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación del estudio desarrollado es no experimental, dado que no se manipularon las variables y de tipo transversal.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Sistema hidropónico automatizado

El avance de la ingeniería de producción de cultivos, emplea sistemas de producción cibernéticos que están conectados al sistema físico de producción a través de dispositivos de adquisición y proceso de datos, en el cual se desarrolla la simulación, modelamiento y el estudio de los resultados obtenidos. La aplicación de este sistema cibernético beneficia al ser humano ya que se muestra como una tecnología con conceptos positivos para la producción urbana teniendo en cuenta las características como el área a utilizar, eficiencia de los materiales y uso de máquinas durante proceso. (Herrmann, y otros, 2020)

Variable 2: Parámetros de la solución nutritiva

La importancia de realizar un monitoreo cotidiano de los parámetros de pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva, que permitió determinar los valores de las sustancias limitadas. A partir de esto poder suministrar los nutrientes necesarios para estabilizar los valores de pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva. (da Silva Cuba Carvalho, y otros, 2018)

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La investigación tuvo como objetivo el estudio de sistemas hidropónicos para huertos urbanos en el barrio Huayco, perteneciente al distrito de Tarapoto, encontrándose la cantidad de 5 huertos urbanos dentro de la zona.

- **Criterios de inclusión:**

En la investigación se trabajó con hortalizas (lechuga) que fue cultivada utilizando el sistema hidropónico NFT.

- **Criterios de exclusión:**

No se realizó investigación con diferentes variedades de hortalizas o frutas.

Muestra:

Teniendo en cuenta las características del estudio desarrollado y siendo una población no numerosa, debido a esto el tamaño de la muestra será de un huerto urbano.

Muestreo:

La técnica de muestreo utilizada en la investigación fue no probabilística por conveniencia.

Unidad de análisis:

Sistema hidropónico

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según (Hernández Sampieri, 2014), la recolección de datos se fundamenta en mecanismos normalizados, quiere decir que se desarrolla cronograma especificando los procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un objetivo determinado. La información necesaria se obtendrá por medio de observación, medición y documentación, por lo que se utilizan mecanismos vigentes y de confianza en investigaciones anteriores, aplicado en el análisis de la literatura.

Técnicas de recolección de datos

Para la investigación el método de recopilación de datos y/o información se aplicó la técnica de observación, esta técnica permitirá registrar información puntual e imparcial de la particularidad que constituye el análisis del estudio.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento utilizado en el estudio para la medición es un método que emplea el

investigador con el objetivo de recolectar información necesaria sobre las variables que se encuentran en una investigación. Se considera la condición natural del problema y sus motivos, a fin de recopilar información, se decidió la aplicación de una ficha de registro de datos, que permitió determinar el objetivo del estudio, de acuerdo a los datos obtenidos con referencia a la investigación.

3.5. Procedimientos

La primera fase: Consistió en la investigación y análisis de la información, la búsqueda de fuentes bibliográficas y el desarrollo de los mecanismos de obtención de información.

La segunda fase: Se reunirá y organizará la información obtenida, se realizará el análisis de los estudios encontrados de acuerdo a la necesidad del proyecto.

La tercera fase: Se aplicará la guía de observación a un prototipo o diseño encontrado para la obtención de datos reales.

La cuarta fase: Se determinará las variables y metodología de acuerdo al tema de investigación.

La quinta fase: Se realizó el estudio, análisis e interpretación de los resultados obtenidos, conclusiones y redacción del informe preliminar y final.

3.6. Método de análisis de datos

Los procedimientos y presentación de la información, se realizarán en relación a los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación.

Técnicas de procesamiento

Para el procesamiento de la literatura se aplicó el procesador de textos Word.

El procesamiento de registro de datos se empleó el programa Microsoft Excel.

Para la simulación del programa de control de parámetros de solución nutritiva se utilizó el software de programación Zelio Soft.

Los resultados se representarán en tablas o gráficos, describiendo e interpretando los valores o resultados obtenidos en función a los objetivos propuestos.

Análisis de datos

La información que se obtendrá como resultados de los instrumentos empleados a través del programa Microsoft Word, Excel y el software de programación Zelio Soft, se organizó en tablas o gráficos estadísticos por consiguiente desarrollar el estudio de

análisis descriptivo, teniendo en cuenta los criterios estadísticos necesarios.

3.7. Aspectos éticos

Durante el desarrollo del estudio se ha considerado los siguientes aspectos éticos: Consentimiento informado, los integrantes tendrán la alternativa de manera voluntaria de tomar una decisión clara sin ser influenciado por ningún componente como: autoridad, fraude, expropiación o distintos tipos de exigencias. En beneficio para la sociedad, la investigación desarrollada cumplirá con las necesidades de producción y podrá ser aplicará en huertos urbanos siendo beneficioso para la sociedad. Deberá tener un nivel mínimo de peligro para los investigadores, manteniendo en reserva los datos y resultados obtenidos. La división de funciones de la investigación se dará de manera igualitaria, empleando así un trato justo entre todos los individuos.

IV. RESULTADOS

Para la selección de la estructura modular se tuvo en cuenta 04 alternativas de proyectos ejecutados, los cuales fueron evaluados mediante el uso de un cuadro de matriz de selección, para ello se describió las características físicas de cada uno.

El módulo 1, (Martínez , 2020) menciona que la investigación desarrollada instaló un equipo de hidroponía NFT, el cual contó con seis canales de plástico con una capacidad de 36 plantas total, situados en forma vertical a cada lado de la estructura, las dimensiones de la estructura fueron de 1.20 metros de ancho, 2 metros de alto y 0.5 metros de profundidad, el módulo contaba también bomba de agua, mangueras de circulación, macetillas, polietileno cobertor.



Figura 1. Estructura implementada

El módulo 2, (Ibarra , y otros, 2020) menciona que el sistema desarrollado contó con canales de PVC para la recirculación de solución nutritiva, los canales de cultivos deben tener una inclinación entre 5 % y 15% para el fluido ininterrumpido, la estructura cuenta con un canal abastecedor y un canal el retorno de fluido al tanque , el depósito de almacenamiento de solución usado en el proyecto es rectangular, el abastecimiento de solución a los canales de cultivos se realizó utilizando una electrobomba, generando una lámina de solución en las tuberías, con esto las raíces se encuentran en contacto constante con el mismo, se realizó la adaptación del tanque y tuberías de cultivos con orificios para la oxigenación de la solución.



Figura 2. Estructura implementada

El módulo 3, (Chang, y otros, 2018) expresa que el sistema de cultivo se instaló en estantes y se dividió en nivel superior e inferior. El nivel superior comprende con la base para los cultivos, lugar para el panel led, y un mecanismo para la regulación de nivel, también se usó acrílico transparente el cual sirvió para cerrar el nivel superior, por otra parte, el nivel inferior cuenta con los tanques de almacenamiento, bombas y tanque de mezcla, en el lado lateral izquierdo se instaló la fuente de alimentación y el panel de control.

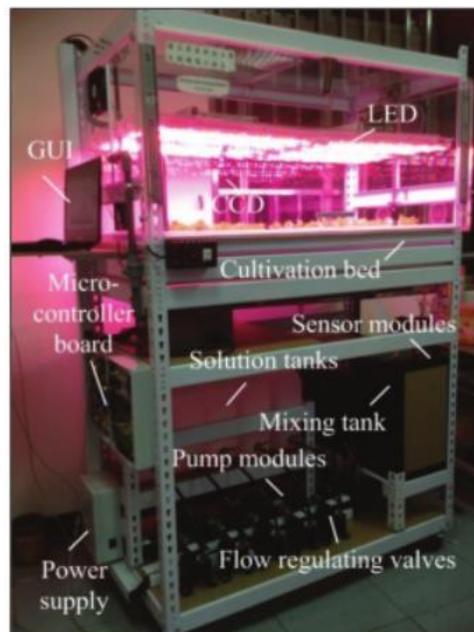


Figura 3. Estructura implementada

Modulo 4, Según (Bedoya Restrepo , y otros, 2020) el diseño de la estructura propuesto fue fabricada en madera y conto con tuberías de PVC en tamaños de 1.50 m, en la parte superior se realizaron cinco agujeros de 5 cm de diámetro, en los cuales se instalarán las canastillas hidropónicas, los agujeros tendrán una distancia de 21 cm, debido al volumen de raíz que se genera. En el caso del cultivo hidropónico de tipo NFT, los canales de cultivos son oscuros y de PVC, evitando crecimiento de algas y la evaporización de solución nutritiva, los canales tienen una pendiente de 2% para tener un flujo constante, evitando el estancamiento de la solución. El volumen del depósito de almacenamiento de solución nutritiva es proporcional al número de plantas a cultivar, se debe proteger contra la radiación directa para prevenir las alteraciones microbiológicas, químicas y el calentamiento.



Figura 4. Estructura implementada

SELECCION DEL CONCEPTO MODULAR PARA EL SISTEMA HIDROPÓNICO

PARAMETROS DE DISEÑO

TIPO DE CULTIVOS

Los cultivos en sistemas NFT utilizan tuberías o canales de PVC por donde fluye la solución nutritiva, en ella se cultivan especies de hojas como espinaca, lechuga y repollo, además de pepino, tomate. Los cultivos pueden desarrollarse mediante la técnica de raíz flotante para producir plantas de hojas los cuales cuentan con laminas de poliestireno para evitar que el tallo y las hojas se sumerjan; por otro lado, la aeropónica consiste en regar las raíces mediante nebulizadores, este sistema utiliza espacios verticales. Los sistemas hidropónicos utilizan bombas para la alimentación de solución nutritiva. Para definir la especie o las especies de plantas a producir se debió tener en cuenta las características de estas, como la adaptabilidad al sistema hidropónico. Entre las especies utilizadas en los cultivos hridroponicos son: lechuga, espinaca, ajís y plantas ornamentales. (Murcia Vélez, y otros, 2018)

AREA DE CULTIVO

Los cultivos hidropónicos en áreas urbanas son una alternativa para las personas, ya que genera una mayor producción por unidad de área en menor tiempo. (Bazan Cock, y otros, 2021) Esta técnica de cultivo permitió aprovechar lugares no habituales para el desarrollo de cultivos, debido a la estructura del sistema no es necesario de áreas extensas, siendo ideal para espacios urbanos y poco disponibles. La producción hidropónica tiene como objetivo el uso de menor espacio, además del ahorro de los recursos y la mejora en la producción. (Parra Zeballos, 2019) El sistema debe contar con fácil acceso, próximos a alimentadores eléctricos para la conexión de los equipos y dispositivos, además de permitir su inspección de forma fácil. (Martínez , 2020)

CAPACIDAD DE PRODUCCION

Para producir en sistemas hidropónicos se estableció la unidad básica de producción, que trata de establecer el numero de plantas que serán cosechadas en un área específica, con el fin de identificar los casos de autoconsumo y/o venta. Además de reunir información de la zona, sobre el consumo de vegetales por persona o familia y con ello obtener datos de consumo mensual o anual. Con esta información se proyectó el objetivo deseado de producción, sobre estas cifras se determinó el número de

plantas que se debe producir teniendo en cuenta el área y tiempo. Considerando la información de la cantidad de producción se realizó el diseño cumpliendo con los factores como la ubicación del sistema, abastecimiento de recursos y la prevención de daños por causas meteorológicas. (Martínez , 2020)

CRITERIOS DE EVALUACION DE MATRIZ DE SELECCIÓN

Para la evaluación de los módulos estructurales se tuvo en cuenta criterios para la selección de la estructura modular, la evaluación se realizó a 04 módulos anteriormente descritos, de los cuales se eligió la estructura adecuada según la aplicación de la matriz de selección. Los criterios evaluados son los siguientes:

MANTENIMIENTO

Serie de actividades o acciones que incluye la combinación de experiencias, conocimientos y habilidades que se realizan con el objetivo de mantener en condición de funcionamiento las maquinas, equipos e instalaciones requeridas de acuerdo al diseño y puesta en operación, cumpliendo con los indicadores de desempeño y gestión necesarios.(Pérez Rondón, 2021), según lo investigado se define como las actividades necesarias que involucran reparación, mejoras con el fin de mantener en condiciones óptimas la estructura para el correcto funcionamiento y preservando la vida útil del mismo, este criterio tiene como rango de evaluación: Complejo, regular y simple.

ENSAMBLADO

En el ensamblado de la estructura se tuvo en cuenta la instalación de la estructura en general. El diseño previo del módulo mediante el uso de programas, permitió que las piezas encajen correctamente, obteniendo una estructura practica y funcional. (Bazan Cock, y otros, 2021). El ensamblado, se definió como el proceso en el cual consiste en la unión de las partes de la estructura modular de manera adecuada, con la finalidad tener una eficiente instalación del módulo, evitando dificultades durante el proceso de funcionamiento del sistema hidropónico, para este criterio se tuvo cuenta los rangos de evaluación como son: Complejo, regular y simple.

CAPACIDAD

La producción mediante el sistema hidropónico se determinó por la cantidad de cultivos en un área determinada, con el fin de autoconsumo o para ser vendido generando ingresos. para definir la cantidad a producir se deberá tener en cuenta factores como,

localización, abastecimiento del recurso hídrico y el cuidado ante las variaciones meteorológicas. (Martínez , 2020). La definición tomada para investigación es la productividad obtenida de acuerdo a la estructura modular con la que cuenta la propuesta, ante esto las alternativas para el rango de evolución son: Alto, medio y bajo

COSTO

La fabricación de la estructura tuvo una inversión baja en materiales y equipos necesarios cuyos costos son asequibles y pueden estar disponibles en el mercado local o nacional. En otro contexto el alto costo de fabricación generó consecuencias en la rentabilidad del proyecto y debido a ello se recomendó la compra de materiales alternativos y de bajo costo. (Torres Tigrero, 2018). En la investigación se definió como precio de fabricación de la estructura modular teniendo en cuenta la mano de obra, materiales y coste de producción, las alternativas del rango de evaluación son: alto, medio y bajo.

FUNCIONALIDAD

Para el sistema hidropónico engloba una cantidad de elementos de funcionamiento según la dificultad del sistema, la propuesta que se planteó para el proyecto consta de una estructura de simple manejo para ser usado por el público general, la estructura del sistema es apto para producir en cualquier ambiente, de manera sencilla permitiendo al usuario usar áreas como balcones y azoteas. (Martínez , 2020). El concepto según el proyecto se describe como, la funcionalidad de la estructura o la comprensión de uso del usuario respecto al módulo, las alternativas del rango de evaluación para este criterio son: Complejo, regular y simple.

MATRIZ DE SELECCIÓN

Tabla 1. *Matriz de selección*

CRITERIOS	RANGO DE EVALUACION	Alternativas de Estructura Modular			
		Modulo 1	Modulo 2	Modulo 3	Modulo 4
Mantenimiento	Complejo (1)				
	Regular (2)			2	
	Simple (3)	3	3		3
Ensamblado	Complejo (1)				
	Regular (2)			2	
	Simple (3)	3	3		3
Capacidad	Bajo (1)				
	Medio (2)		2		
	Alto (3)	3		3	3
Costo	Alto (1)			1	
	Medio (2)	2	2		
	Bajo (3)				3
Funcionalidad	Complejo (1)				
	Regular (2)			2	
	Simple (3)	3	3		3
TOTAL		14	13	10	15

Fuente: elaboración propia

Nota: El módulo que tenga la ponderación alta en comparación a las demás, será elegida como estructura modular del proyecto.

INTERPRETACION DE CRITERIOS

Los módulos número 1, 2 y 4 de acuerdo a la estructura fabricada tienen como rango de evaluación simple (3), con referencia al criterio de evaluación de mantenimiento.

Los módulos número 1, 2 y 4 de acuerdo a la estructura fabricada tienen como rango de evaluación simple (3), con referencia al criterio de evaluación de ensamblado.

Los módulos número 1, 3 y 4 de acuerdo a la estructura fabricada tienen como rango de evaluación alto (3), con referencia al criterio de evaluación de capacidad.

El módulo número 4 de acuerdo a la estructura fabricada tienen como rango de evaluación bajo (3), con referencia al criterio de evaluación de costo.

Los módulos número 1, 2 y 4 de acuerdo a la estructura fabricada tienen como rango de evaluación simple (3), con referencia al criterio de evaluación de funcionalidad.

RESULTADO

De acuerdo a la evaluación de la matriz de selección y teniendo en cuenta los criterios y rangos de evaluación, se obtuvo como resultado con mayor ponderación el concepto del módulo número 04, en base a esta estructura se realizó el diseño, el cual tubo modificaciones teniendo en cuenta la aplicación del proyecto y las propuestas referenciadas.

ESTRUCTURA MODULAR DEL SISTEMA HIDROPONICO

De acuerdo a la evaluación de la matriz de selección teniendo en cuenta los criterios y rangos de evaluación se llegó a la conclusión de elegir el concepto del módulo número 04, en base a esta estructura se realizará el diseño que contará con modificación teniendo en cuenta la aplicación de parámetros de diseño. La estructura modular elegida contara con una estructura de metal, 6 niveles de tuberías (canales de cultivo), tubería de distribución y recolección de PVC, además de 5 tanques de solución y una base de madera.

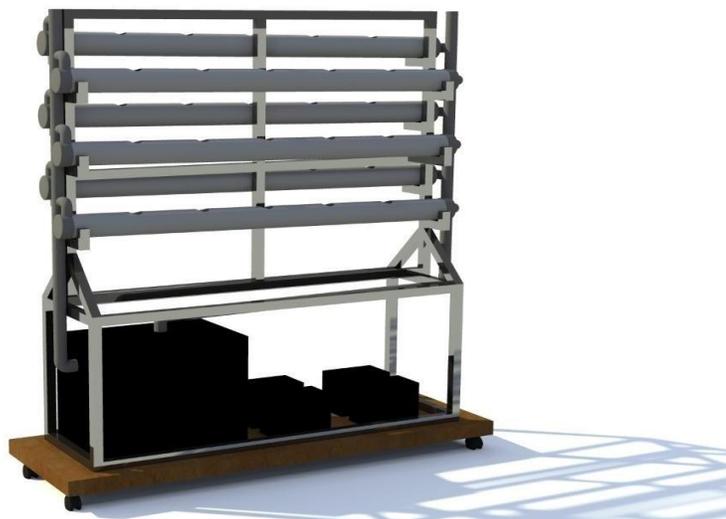


Figura 5. Estructura modular

Según (Bedoya Restrepo , y otros, 2020) para el diseño de los canales de cultivo se tuvo en cuenta realizar 5 agujeros de 5 cm de diámetro, en los cuales se instalarán las canastillas hidropónicas, donde se trasplantan las plántulas para seguir su crecimiento; los agujeros tendrán una distancia de 21 cm, debido al volumen de raíz que se genera, además para el caso del cultivo hidropónico de tipo NFT, los canales de cultivos fueron oscuros y de PVC, previniendo el crecimiento de algas y la evaporización de solución nutritiva, asimismo el diseño los canales se realizó con una pendiente de 2% para tener un flujo constante, evitando el estancamiento de la solución.

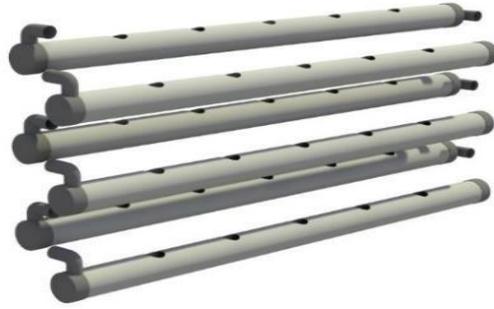


Figura 6. Canales de cultivos de PVC

El parámetro de diseño para las tuberías según (Soto Bravo, 2018) menciona que el diámetro de la tubería de alimentación de solución nutritiva a los canales de cultivos dependerá del caudal a bombear y al tamaño de la estructura de producción. Mientras la tubería de drenaje debe contar con el diámetro de 2 o 3 pulgadas para la recolección de la solución de todos los canales, por lo general se utilizan tubos de PVC. Por su parte el proyecto desarrollado conto con tubería de alimentación de 1 pulgada de diámetro, mientras que la tubería de drenaje de solución nutritiva tiene un diámetro de 2", por el cual retornará la solución nutritiva hacia el depósito de almacenamiento en forma descendente, permitiendo el oxigenamiento de la solución.



Figura 7. Tubería de distribución y recolección

El depósito tiene la función de almacenamiento de solución nutritiva, se debe elegir de acuerdo al material, aislamiento y tamaño, el tanque tendrá un volumen de acuerdo al número de plantas a cultivar, se debe proteger el tanque de solución nutritiva contra la radiación directa para prevenir las alteraciones microbiológicas, químicas y el

calentamiento. El crecimiento de algas generara disminución del oxígeno en la solución. (Bedoya Restrepo , y otros, 2020)

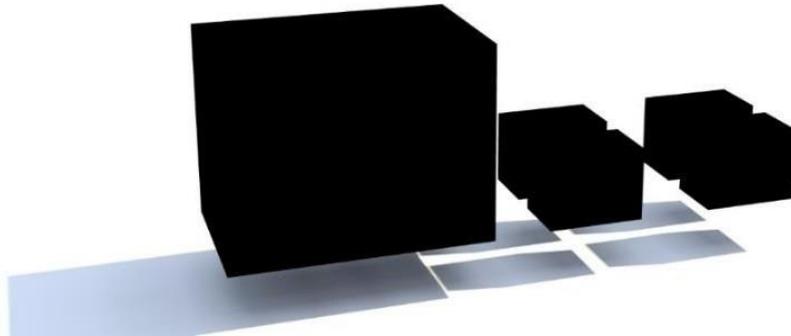


Figura 8. Tanques de almacenamiento

Según (Murcia Vélez, y otros, 2018) de acuerdo al diseño realizado de la estructura se seleccionó tubería cuadrada de aluminio por la resistencia a la corrosión y oxidación, debido a que la estructura estará en constante contacto con el agua que contiene sales y químicos. Para el caso de la estructura modular propuesta se utilizó tubo galvanizado cuadrado de 1", la medida de altura de la estructura es de 1.50 m, 0.20 m de ancho y 1.24 m de largo, estará recubierto con pintura anticorrosiva, para evitar desgaste del material. La unión de los tubos se realizará utilizando soldadura. La estructura estará adosada utilizando pernos.

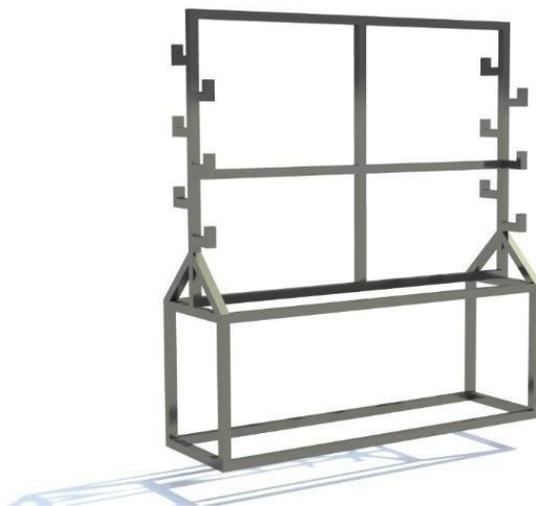


Figura 9. Estructura de metal

La base para la estructura metálica será de madera con medidas de 1.50 m de largo y 0.50 m de ancho, se utilizará insumos para tratamiento y así evitar el deterioro por humedad, se instaló ruedas giratorias para muebles con el fin de movilizar la estructura de forma práctica y sencilla.



Figura 10. Base de madera

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Elementos de entrada físicas: Las entradas digitales son activadas por selectores, pulsadores y sensores de nivel de líquidos. las señales analógicas provienen de los sensores analógicos que han sido calibrados y escalados para enviar sus parámetros de magnitud física en el rango de 0-10v.

Tabla 2. *Elementos de entradas*

Función	N° BLOQUE	Entrada	Parámetros	Acción
Conmutador	B000	I1	-	ON
Botón pulsador	B036	I2	-	P2. STOP - PARADA
Contacto	B037	I3	-	F1 – PROTECCION MOTORES
Botón pulsador luminoso	B038	I4	-	P1. START - INICIO
Entrada DIG	B044	I6	-	S6. NIVEL TANQUE RESERVA
Entrada DIG	B043	I7	-	S7. NIVEL T. pH-A
Entrada DIG	B042	I8	-	S8. NIVEL T. pH-B
Entrada DIG	B041	I9	-	S9. NIVEL T. CE-A
Entrada DIG	B039	IA	-	S10. NIVEL T. CE-B
Entrada analógica 0...10V	B002	IB	Conexión eléctrica en la entrada:0 – 10V	S3. SENSOR DE pH
Entrada analógica 0...10V	B003	IC	Conexión eléctrica en la entrada:0 – 10V	S4. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
Entrada analógica 0...10V	B004	ID	Conexión eléctrica en la entrada:0 – 10V	S5. TEMPERATURA

Fuente: elaboración propia

Elementos de Salidas: Las salidas digitales responden a la lógica de funcionamiento del circuito previamente programado. Controlan el arranque y parada de los motores, ventiladores, calefactores y alarmas que cumplen condiciones para su activación.

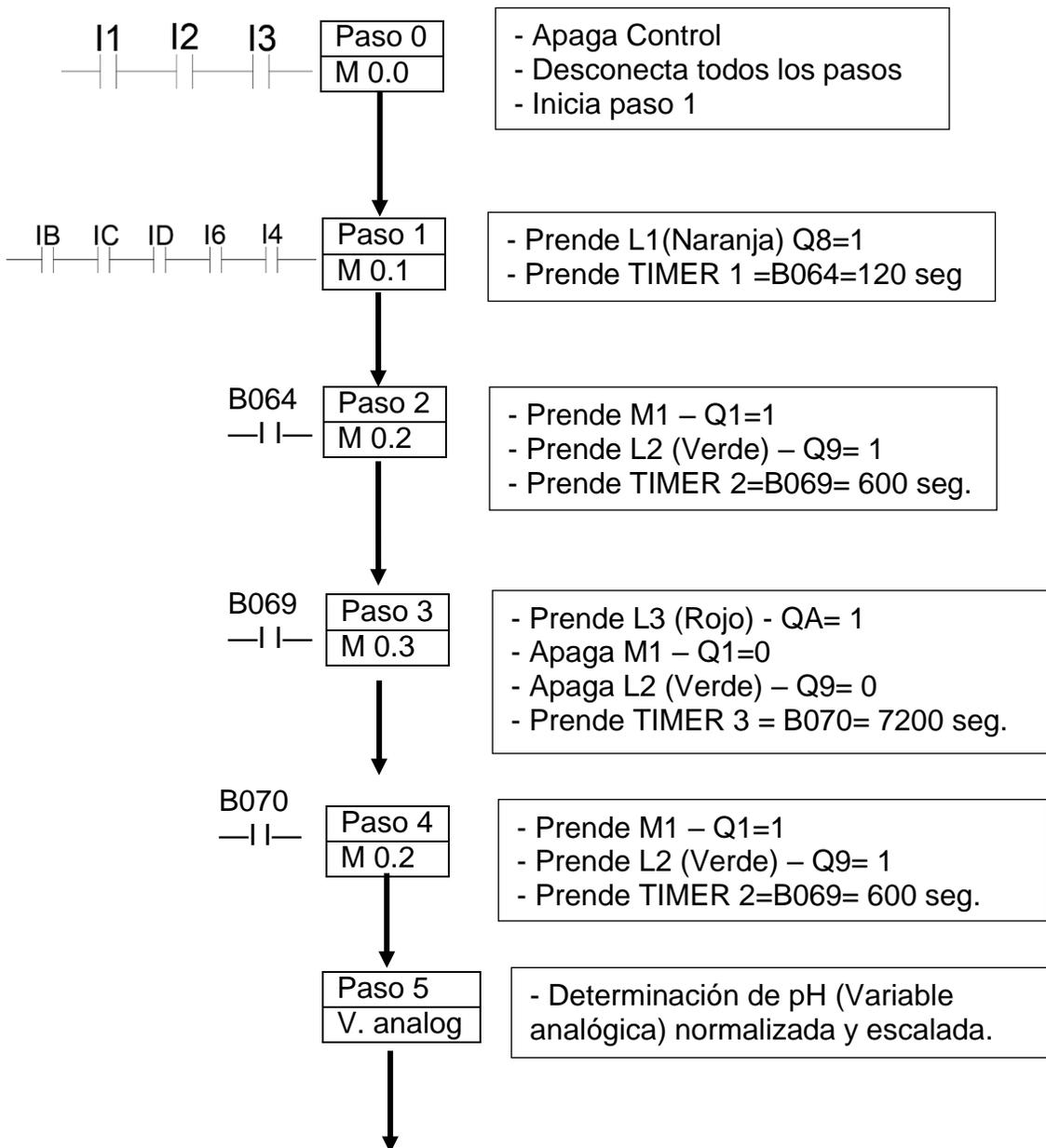
Tabla 3. *Elementos de salidas*

NOMBRE	N°	Salida	Acción
Electrobomba abastecedora de solución nutritiva	B016	Q1	Bombea solución nutritiva a plantas.
Motor de pH – A	B021	Q2	Bombea Producto A al tanque
Motor de pH – B	B022	Q3	Bombea Producto B al tanque
Motor de CE - A	B023	Q4	Bombea Producto C al tanque
Motor de CE - B	B024	Q5	Bombea Producto D al tanque
Calentador	B025	Q6	Calienta fluido de tanque
Ventilador	B026	Q7	Enfría fluido de tanque
Luz naranja	B027	Q8	Indica control PLC con energía.
Luz Verde	B030	Q9	Indica bomba de nutrientes prendido.
Luz Roja	B031	QA	Indica bomba de nutrientes apagado.
Luz verde. bomba de pH – A	B032	QB XT2	Indica bomba de pH A prendido
Luz verde. bomba de pH – B	B033	QC XT2	Indica bomba de pH B prendido
Luz verde. bomba de CE – A	B034	QD XT2	Indica bomba de CE C prendido
Luz verde. bomba de CE – B	B035	QE XT2	Indica bomba de CE D prendido
Salida para indicador	B005	QF XT2	Indica nivel min de tanque reserva.
Alarma	B089	QG XT2	Indica nivel bajo de solución.

Fuente: elaboración propia

DIAGRAMA DE SECUENCIAS (ALGORITMO)

El diagrama de secuencia es un algoritmo que permite identificar la continuidad de funcionamiento del sistema. Los pasos a realizar corresponden a un estado del proceso y se identifica con la marca M. En los rectángulos encontramos el número de Paso y número de marca/relé, al costado izquierdo se ubican los elementos de transición en estado reposo, al costado derecho se ubica la activación de las salidas mencionando sus operandos (Q0.0=1, Q0.1=0). La secuencia se realiza de acuerdo a las condiciones de funcionamiento.



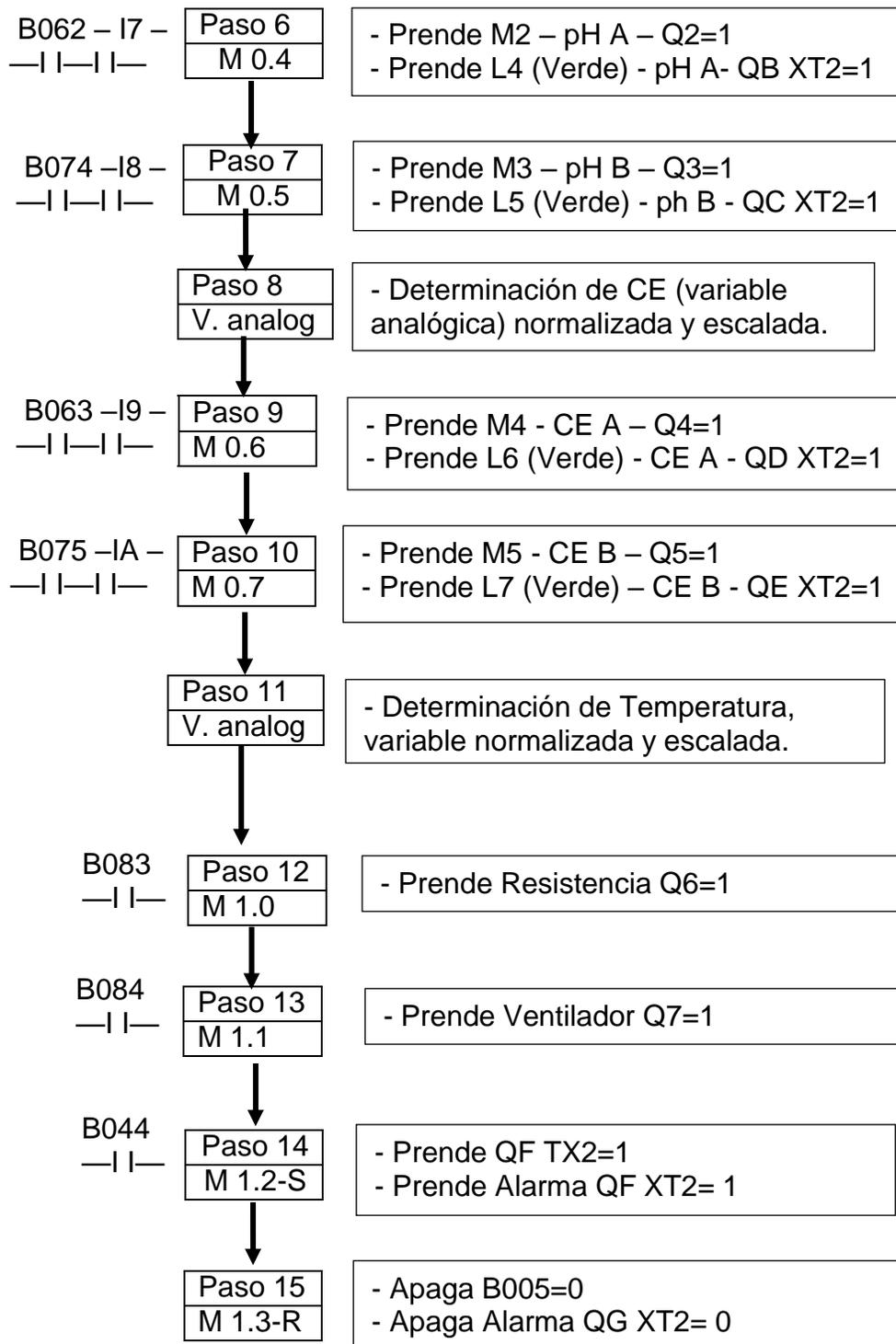
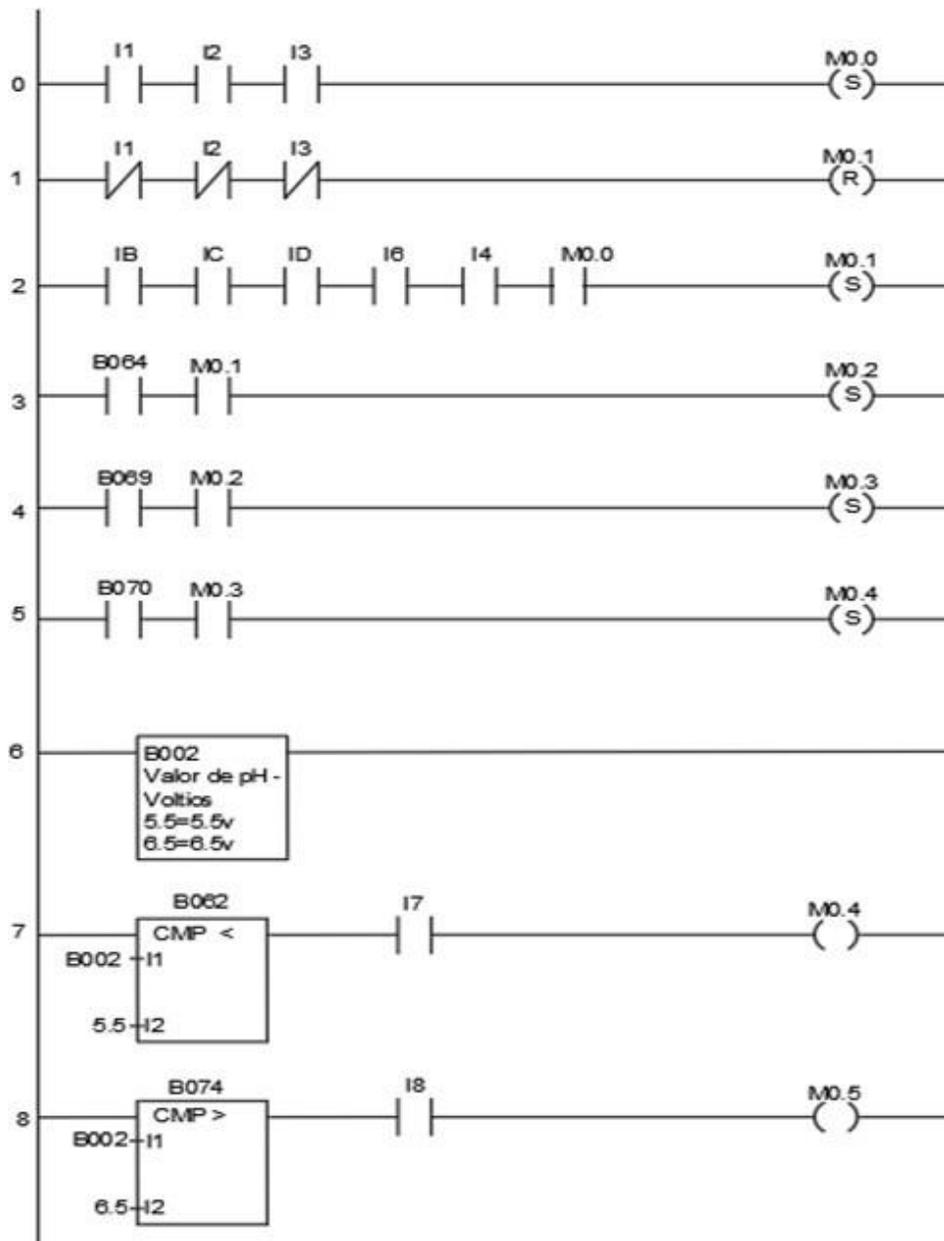


Figura 11. Diagrama de secuencias

PROGRAMA DE SECUNCIA DE SEGURIDAD Y ENTRADAS

La programación se realizó en el segmento "0", colocando los contactos de: inicialización, protección, paro y desactivación de pasos o etapas de todas las secuencias (marca M0.0(S), M0.1(R)), SM0.1: Inicialización, I0.0: Stop, I0.1: Protección de motor, S: Memoria que activa, R: Desactiva a 5 memorias "S" consecutivas, empezando por M0.1.



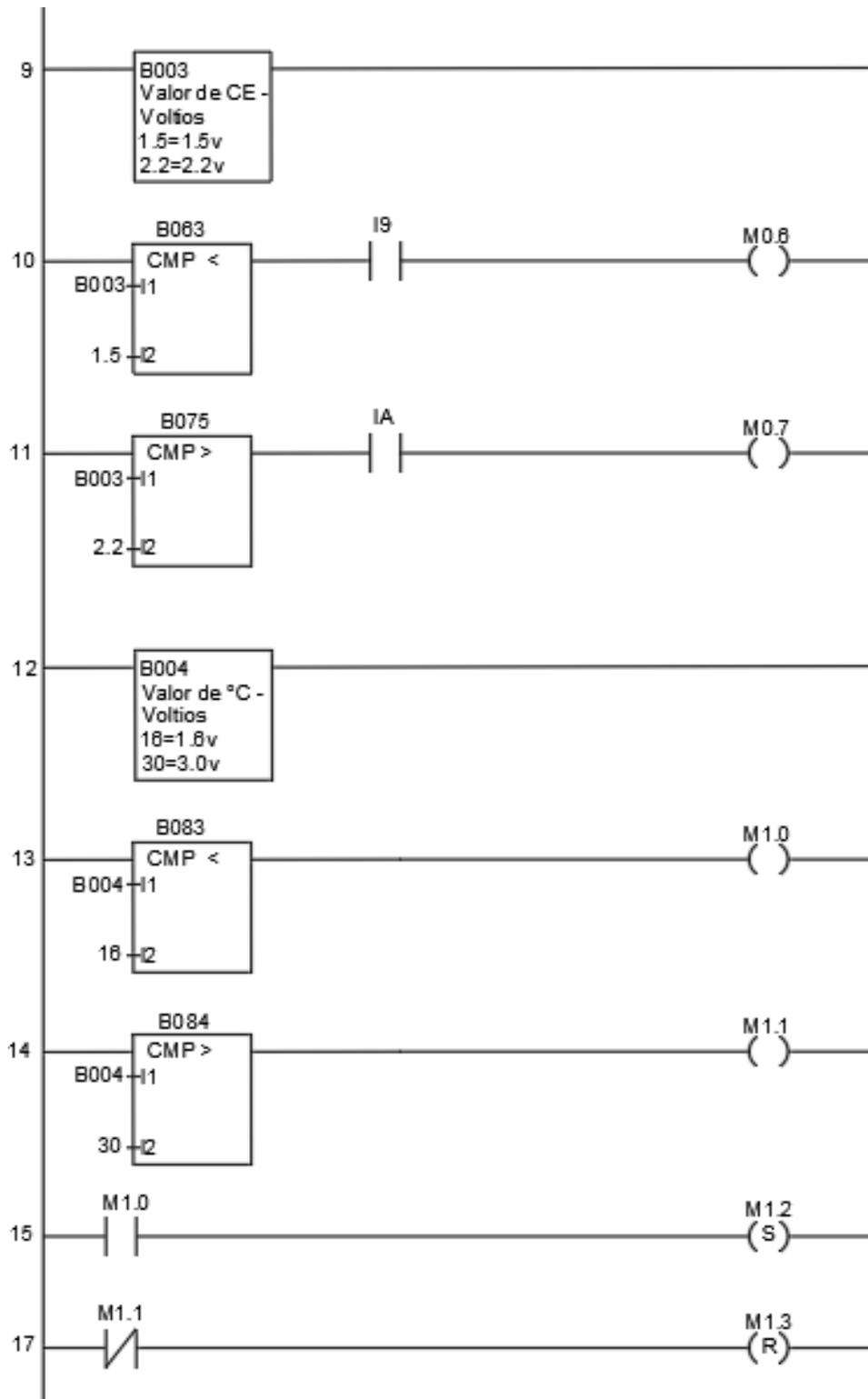


Figura 12. Programa de secuencia de seguridad y entradas

PROGRAMA DE TEMPORIZADORES Y CONTADORES

Se traza un segmento para cada temporizador o contador, se coloca el contacto de activación al temporizador o contador. El contacto de activación del temporizador o contador es un sensor o una marca M, definida en la etapa/paso correspondiente. El reseteo del temporizador se identifica con el bit de salida del Contador o mediante una marca M, adicionalmente se puede colocar un sensor externo mediante un pulsador.

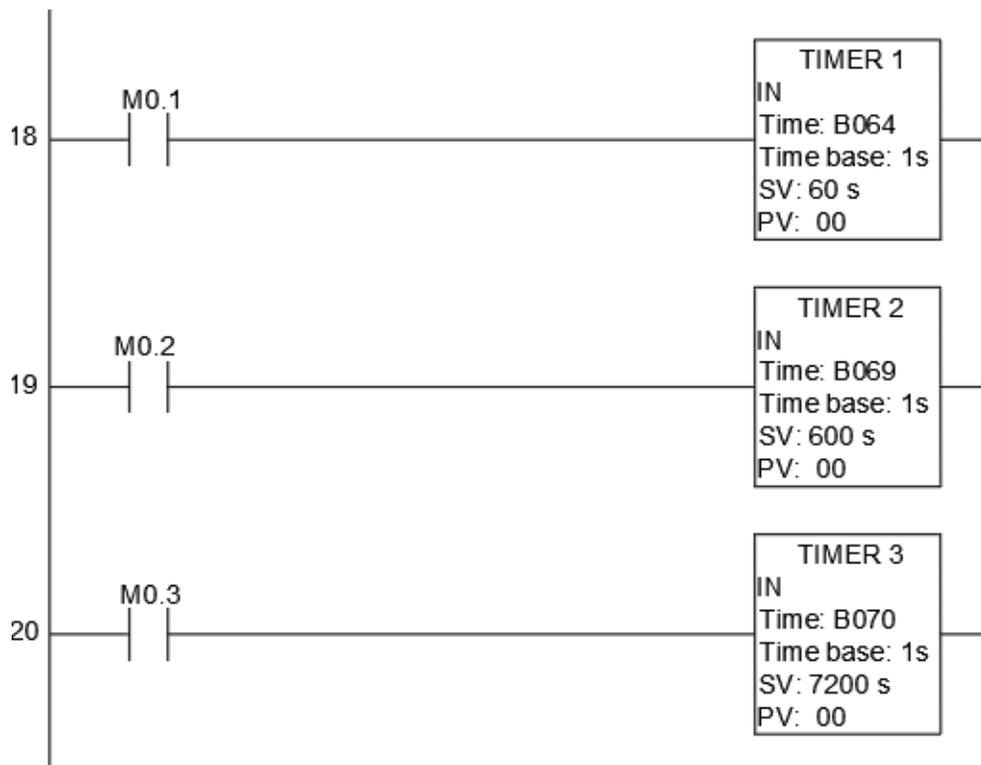


Figura 13. Programa de temporizadores y contadores

PROGRAMA DE SECUENCIA DE SALIDAS

Se traza segmentos para cada actuador, se identifica en el diagrama de algoritmos, las marca que actúan para su activación de cada actuador. Se identifican los operandos para cada actuador, los cuales se encuentran en la lista de los elementos o en el diagrama de algoritmos, se debe colocar el nombre de cada actuador.

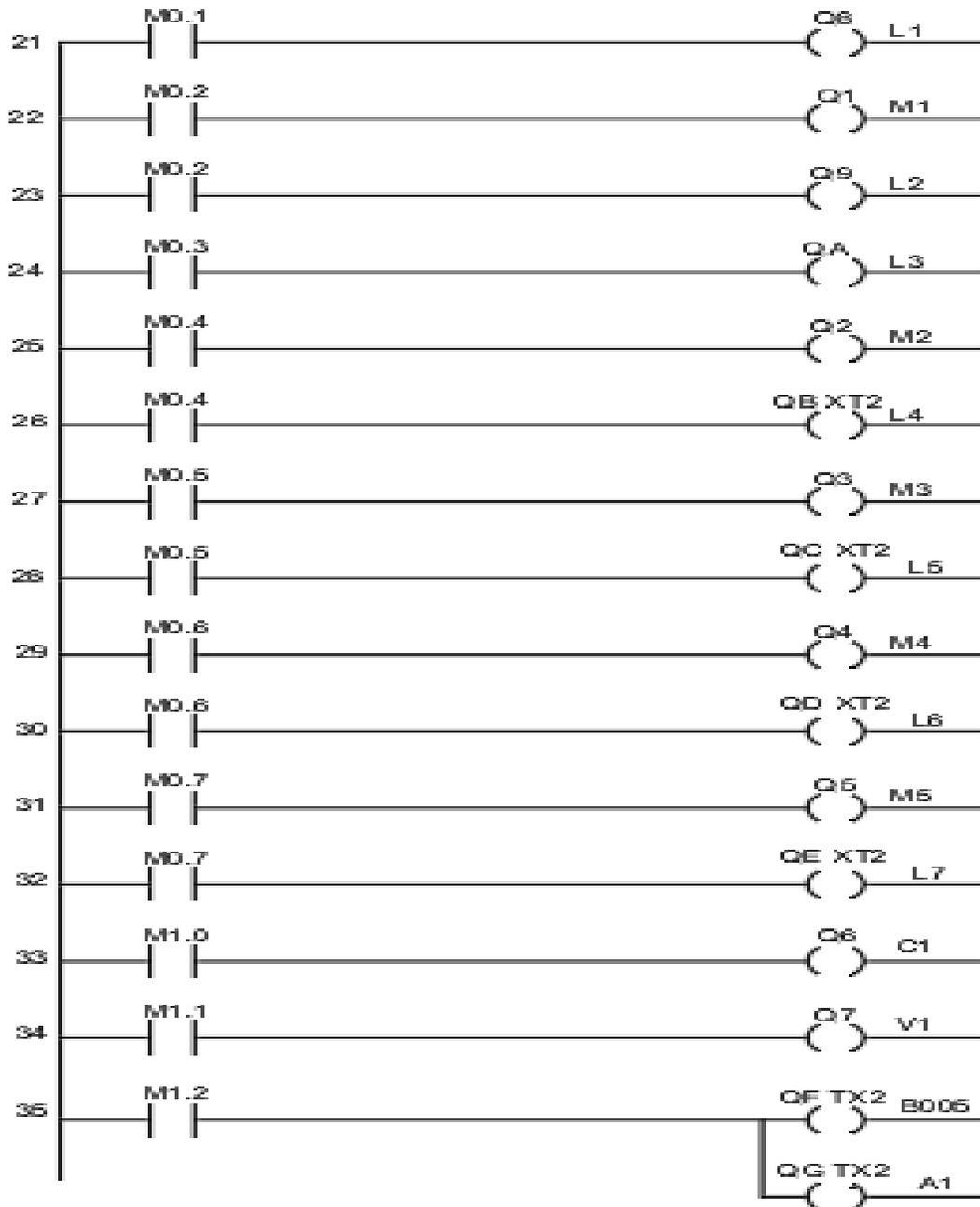


Figura 14. Programa de secuencia de salidas

PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA

- Costo referencial de los equipos y dispositivos de control

Tabla 4. *Costos de equipos y dispositivos de control*

Descripción	Und	Metrado	P. Unitario	P. Total
PLC con módulo de expansión	und	1	1500.00	1500.00
Boyas de nivel	und	5	56.7	283.5
Módulo de sensor de detección de valor de PH líquido.	und	1	75.6	75.6
EC transmitter kit	und	1	302.4	302.4
Sensor de temperatura PT100	und	1	75.6	75.6
Electrobomba periférica 0.5HP	und	1	119.92	119.92
Mini bomba de agua sumergible de 12v 240l/h 4.2w, c/igv	und	4	43.00	172.00
Resistencia de calentamiento	und	1	200.00	200.00
Módulo de enfriamiento de agua	und	1	226.8	226.8
Pulsador de arranque	und	1	8.12	8.12
Pulsador de parada	und	1	8.12	8.12
Selector	und	1	65.00	65.00
Tablero o gabinete	und	1	480.00	480.00
Borneras	und	1	50.00	50.00
Cableado	glb	1	250.00	250.00
TOTAL				3817.06

Fuente: elaboración propia

- Costo referencial de los materiales de la estructura modular

Tabla 5. *Costo de materiales*

Descripción	Und	Metrado	P. unitario	P. Total
Tubo galvanizado cuadrado 25 x 2.0mm 1"	m	19	11.36	216.00
Tubería PVC S/P 1"	m	1	6.00	6.00
Tubería PVC S/P 2"	m	2	17.00	34.00
Tubería PVC S/P 3"	m	8	35.00	280.00
Válvula PVC bola 1"	und	7	6.90	48.3
Tapón hembra PVC 1"	und	1	2.00	2.00
Tapón hembra PVC 2"	und	1	5.00	5.00
Tapón hembra PVC 3"	und	12	12.00	144.00
Codo de PVC 1"	und	6	5.00	30.00
Codo de PVC 2"	und	7	12	84.00
Tee PVC 1"	und	6	4.50	27.00

Tee PVC 2"	und	6	14.00	84.00
Tanque de 20 litros	und	1	25.00	25.00
Envase de 5 litros	und	4	8.00	32.00
Manguera de agua	m	2	1.50	3.00
Teflón	und	1	1.50	1.50
Laca selladora	glb	2	8.125	16.26
Pintura oleomate	glb	1	55.00	55.00
Garruchas industriales 200 kg	und	4	50.00	200.00
TOTAL				1293.06

Fuente: elaboración propia

- Costo referencial de mano de obra.

Tabla 6. *Costo de mano de obra*

Descripción	P. total
Carpintería Metálica	200.00
Gasfitería y carpintería	200.00
Instalaciones eléctricas	500.00
TOTAL	900.00

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACION

El presupuesto del proyecto se realizó de acuerdo a los equipos, dispositivos de control, materiales para la estructura modular y mano de obra, teniendo en cuenta costos referenciales según la propuesta planteada en el proyecto, el importe total para la fabricación asciende a 6,010.12 soles, teniendo en cuenta las características y aplicación del sistema se concluye que la propuesta tiene un costo de producción elevado.

V. DISCUSIÓN

En la investigación realizada se planteó el primer objetivo específico el cual consta de seleccionar el concepto modular para el sistema hidropónico, (Ibarra , y otros, 2020) menciona que el sistema desarrollado contó con canales de PVC para la recirculación de solución nutritiva, los canales de cultivos tuvieron una inclinación entre 5 % y 15% para el fluido ininterrumpido, la estructura conto con un canal abastecedor y uno de retorno de fluido al tanque, el depósito de almacenamiento de solución elegido para el proyecto es rectangular, se realizó la adaptación del tanque y tuberías de cultivos con orificios para la oxigenación de la solución con el fin de mejorar el desarrollo de las raíces, también (Chang, y otros, 2018) expresa que el sistema de cultivo se instaló en estantes y se dividió en nivel superior e inferior. El nivel superior comprende con la base para los cultivos, lugar para el panel led, y un mecanismo para la regulación de nivel, también se usó acrílico transparente el cual sirvió para cerrar el nivel superior, por otra parte, el nivel inferior cuenta con los tanques de almacenamiento, bombas y tanque de mezcla, en el lado lateral izquierdo se instaló el tablero de control y el bloque de alimentación. Según (Martínez , 2020) menciona que la investigación aplicada instalo un equipo de hidroponía NFT, el cual conto con seis canales de plástico con una capacidad de 36 plantas total, situados en forma vertical a cada lado de la estructura, las dimensiones de la estructura fueron de 1,20 m de ancho, 2 m de alto y 0.5 m de profundidad, el módulo contaba también bomba de agua, mangueras de circulación, macetillas, polietileno cobertor. Por lo tanto, se puede describir que la selección del concepto modular para el sistema hidropónico, se desarrolló por medio de la aplicación de una matriz de selección, el cual permitió la evaluación de las propuestas de estructuras modulares descritas, teniendo en cuenta los criterios como la grado de complejidad del mantenimiento, ensamblado y la funcionalidad de la estructura modular, cabe mencionar que las propuestas que fueron evaluadas deben contar con capacidad de producción, mientras que el costo de fabricación del prototipo, no debe ser excesivo. Los materiales deben ser resistentes al agua para evitar el deterioro por humedad, el diseño debió ser fabricado para espacios urbanos, los cuales son aprovechados para la producción.

El segundo objetivo específico fue diseñar la estructura modular para el sistema hidropónico. Según (Bedoya Restrepo , y otros, 2020) el diseño de la estructura propuesto fue fabricada en madera, conto con tuberías de PVC en tamaños de 1.50 m, en la parte superior estas se realizaron cinco agujeros de 5 cm de diámetro, en los cuales se instalarán las canastillas hidropónicas, los agujeros tendrán una distancia de 21 cm, debido al volumen de raíz que se genera. En el caso del cultivo hidropónico de tipo NFT, los canales de cultivos fueron oscuros y de PVC, evitando la radiación directa y previniendo alteraciones microbiológicas, químicas, calentamiento, crecimiento de algas y la evaporización de solución nutritiva. Los canales tuvieron una pendiente de 2% generando un flujo constante, evitando el estancamiento de la solución, el volumen del depósito de almacenamiento de solución es proporcional al número de plantas a cultivar. La investigación realizada por (Soto Bravo, 2018) menciona que las tuberías para canales de cultivos tuvieron un diámetro de 3 pulgadas y fueron colocadas sobre soportes y separados a 18 - 20 cm de la siguiente tubería, mientras que las tuberías de distribución están instaladas en el sistema de alimentación y cuentan con válvulas de diferentes caudales desde 50 hasta 120 L/h, la tubería de alimentación dependerá del caudal a bombear para definir su diámetro. En el caso de la capacidad del tanque de reservorio se calculó en función a la cantidad de lechugas a producir y teniendo en cuenta el número de canales de cultivos. Por su parte (Murcia Vélez, y otros, 2018) manifestó que para el ensamblado de la estructura se seleccionó tubería cuadrada de aluminio por la resistencia a la corrosión y oxidación, debido a que la estructura estará en constante contacto con el agua que contiene sales y químicos. Por lo mencionado anteriormente el diseño de la estructura modular propuesta para el proyecto se utilizó tubos galvanizado cuadrado de 1", la medida de altura de la estructura es de 1.50 m, 0.20 m de ancho y 1.24 m de largo, además se utilizó pintura anticorrosiva, para evitar desgaste del material. La unión de los tubos se realizó utilizando soldadura. Por otra parte, proyecto conto con canales de cultivos, tuberías de alimentación y drenaje, además de tanque principal de solución nutritiva, de reserva y depósitos de soluciones concentradas, mientras que la base para la estructura metálica fue fabricada de madera con medidas de 1.50 m de largo y 0.50 m de ancho.

El tercer objetivo específico fue diseñar el sistema de control de parámetros de la solución nutritiva para el cultivo hidropónico. Según (Zamora-Izquierdo, y otros, 2019) expone que la investigación desarrollada sobre agricultura de precisión, se aplicaron sensores como: radiación, temperatura, medidor de pH, humedad, CO₂, etc., por otra parte los actuadores utilizados fueron, bombas de nutrición de agua, válvulas, dispositivos de iluminación, ventilación, calefacción entre otros, estos a su vez estuvieron conectados de forma serial e interconectados por medio de una red de acceso (tecnologías IoT, computación en la nube). La aplicación de esta tecnología permitió la creación de una plataforma de control de niveles, presentándose como una alternativa de control de parámetros aplicado a sistemas hidropónicos en beneficio del agricultor. (Mehra, y otros, 2018) manifiesta que el sistema automático aplicado en la hidroponía es parte de la inteligencia artificial (IA), que proporciona a las máquinas y equipos la capacidad de desarrollar acciones por sí mismas, previa programación de las secuencias del sistema y labores específicas que va ejecutar el proyecto con el fin de automatizar los procesos. Para el control de parámetros de solución nutritiva se utilizó el algoritmo automático de aprendizaje, para optimizar el monitoreo de los niveles de pH, temperatura, conductividad eléctrica, nivel de agua, intensidad de luz y el desarrollo de la planta. El control de las variables mediante la aplicación del sistema se desarrolló de forma autónoma disminuyendo la intervención del agricultor. Según (Rodríguez Díaz, 2020) expresa que la programación del PLC se realizó utilizando el lenguaje KOP, el cual permitió representar y conectar los elementos que contara el sistema, estos normalmente se reúnen en esquemas de contactos abiertos y/o cerrados y agrupándose en segmentos, que a su vez la unión de distintos segmentos da paso a la instrucción del bloque lógico. La interfaz utilizada evaluó las condiciones de funcionamiento de los elementos del sistema. La simulación del proyecto dio como resultado el aumento de la producción en un 32%, además de bajo costo de mantenimiento y reducción en el gasto en mano de obra. En referencia a estas investigaciones, se encontró diferentes alternativas para realizar el sistema automatizado de control de parámetros, aplicando controladores y dispositivos de entradas y salidas digitales previamente programado, además del desarrollo de la secuencia lógica de funcionamiento del sistema.

El cuarto objetivo específico fue elaborar el presupuesto de la fabricación e implementación de la estructura modular y sistema de control para cultivos hidropónicos. Según (Palande , y otros, 2018) el proyecto Titan Smartphones, tuvo como principales objetivos la automatización del sistema y la rentabilidad del mismo, para ello se realizó una evaluación económica del proyecto, teniendo en cuenta el costo de instalación del sistema, costo de equipos y materiales, como microcontrolador, sensores y tecnología IoT. El sistema cuenta con Arduino para el análisis de los parámetros; para el control y monitoreo desde un dispositivo móvil se desarrolló un aplicativo para celulares, también contó con una bomba de alimentación a las tuberías y una bomba de aire para la oxigenación de la solución. Según lo expresado por (Dushyant Kumar Singh, y otros, 2022) la producción hidropónica en áreas urbanas es una alternativa factible, aunque afronta desafíos como la inversión en el diseño y fabricación de la estructura, acondicionamiento del área e implementación de tecnología en el proceso agrícola, ante esto se tuvo en cuenta costos referenciales para la ejecución del proyecto y su factibilidad. La producción agrícola urbana en la actualidad permite el uso de tecnologías durante el proceso de cultivo; generando producción de calidad en beneficio del agricultor. También se tiene la investigación de (Gumisiriza, y otros, 2022), manifiesta que la implementación de sistemas hidropónicos automatizados en huertos urbanos, tuvieron altos costos de inversión, debido a la fabricación de invernaderos, instalación eléctrica del sistema, costo de energía y costo de materiales y equipos utilizados para el funcionamiento del sistema hidropónico automatizado, además de requerir conocimientos técnicos de los sistemas de control de parámetros, ya que ante una falla del sistema puede producir daños en el proceso. Teniendo como referencia las investigaciones descritas anteriormente, se interpretó que los prototipos desarrollados tuvieron costos elevados en la fabricación de la estructura, mano de obra técnica y costo de materiales y equipos utilizados en la implementación de la propuesta de diseño para sistemas hidropónico automatizado, por otro lado, el presupuesto se realizó en base a costos referenciales de personal técnico, equipos, dispositivos y materiales , teniendo como resultado que el desarrollo del sistema de control de parámetros de solución nutritiva tuvo un costo elevado para su fabricación.

Por último, el objetivo general fue diseñar un sistema hidropónico automatizado para el control de parámetros de solución nutritiva en huertos urbanos. Según (Herrmann, y otros, 2020) el avance de la tecnología de producción de cultivos, emplea sistemas cibernéticos que están conectados al sistema físico a través de dispositivos de adquisición y proceso de datos, en el cual se desarrolla la simulación, modelamiento y estudio de los resultados. El desarrollo de este sistema cibernético beneficia al ser humano ya que se muestra como una tecnología con conceptos positivos para la producción urbana teniendo en cuenta las características como el área a utilizar, eficiencia de los materiales y uso de máquinas durante el proceso. En esta investigación describe la importancia del uso de dispositivos tecnológicos para la producción agrícola en beneficio del productor. Por su parte (Parra Zeballos, 2019) explica que los sistemas de control están conformados por elementos físicos que guardan relación, los mismos trabajan de manera conjunta, realizando la regulación y dirección del funcionamiento en caso de alteraciones que se registren durante el proceso. El funcionamiento del sistema es de manera predeterminada, disminuyendo los niveles de error causados por la variación de factores. El sistema de control debe actuar de manera eficiente en caso de perturbaciones que alteren el comportamiento del mismo. Para finalizar (Bedoya Restrepo , y otros, 2020) mencionan que el desarrollo de la automatización para un sistema hidropónico se utilizó un PLC, la programación realizada para el sistema contó con secciones como: la adquisición de datos, seguido de procesamiento y actuación, también se encuentra las alertas y visualización. Las acciones realizadas por el PLC fueron de acuerdo a las entradas con las que cuenta. El desarrollo del proyecto permitió controlar los parámetros de la solución nutritiva mediante la aplicación del sistema automatizado hidropónico para huertos urbanos. Dado a estos antecedentes, para el diseño de la propuesta se desarrolló un sistema de control de parámetros de la solución nutritiva utilizando un PLC, el cual cuenta con elementos de entrada como sensores analógicos calibrados y escalados de acuerdo a los rangos permitidos, también contó con elementos de salidas como ventilador, calefactor y alarmas los cuales tienen condiciones para su activación. Para la programación se realizó un diagrama de secuencias que permitió identificar la continuidad de funcionamiento del sistema.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determino que para la elección del concepto modular del sistema hidropónico se realizó la aplicación de una matriz de selección, el cual fue elaborado teniendo en cuenta 04 alternativas de proyectos ejecutados y elegidos aleatoriamente para la evaluación, teniendo en cuenta los criterios y rangos de medición. Se llegó a la conclusión de elegir el módulo número 04, el cual obtuvo el puntaje más alto en comparación a las demás alternativas.
2. El diseño de la estructura modular para el sistema hidropónico, se realizó en base al módulo número 04, considerando los parámetros utilizados y realizando modificaciones en la misma, además se realizó el diseño y modelación utilizando programas como el AutoCAD, en el cual se realizaron los planos de las partes que conforman la estructura especificando sus dimensiones.
3. El sistema cuenta con monitoreo de variables como es el caso de Ph, conductividad eléctrica y temperatura mediante el uso sensores con el fin de mantener la solución nutritiva dentro de los parámetros necesarios para la planta; por ello se desarrolló el sistema de control de parámetros de la solución nutritiva utilizando un PLC, el cual cuenta con elementos de entrada como sensores analógicos calibrados de acuerdo a los rangos y elementos de salidas como ventilador, calefactor y alarmas. También se realizó el diagrama de secuencias que permite identificar la continuidad de funcionamiento en el sistema. El sistema de control de parámetros fue simulado utilizando un software el cual cumplió con la programación propuesta
4. El presupuesto del proyecto se realizó de acuerdo a los equipos, dispositivos de control, materiales para la estructura modular y mano de obra técnica, teniendo en cuenta costos referenciales según la propuesta planteada en el proyecto, el importe total para la fabricación asciende a 6,010.12 soles, teniendo en cuenta las características y aplicación del sistema se concluye que la propuesta tiene un costo de producción elevado.

VII. RECOMENDACIONES

Teniendo estudiado los resultados de la investigación, se planteó las siguientes recomendaciones.

Para la estructura modular se recomendó el uso de materiales resistentes al agua o que fueron tratados con insumos para evitar el deterioro por humedad, además el diseño debió ser fabricado para espacios reducidos, los cuales son aprovechados para la producción de hortalizas. Los materiales tuvieron que ser accesibles y fáciles de obtener en el mercado.

Se sugirió diseñar la estructura modular utilizando programas como el AutoCAD, el proyecto debió de cumplir con los criterios de ensamblado, funcionalidad, mantenimiento, capacidad de producción y costo de fabricación. Se propuso también el diseño y fabricación de invernaderos hidropónicos permitiendo un mejor control de los parámetros ambientales.

Se recomendó también la instalación de sensores de humedad relativa y temperatura del ambiente, como también la instalación de una bomba para oxigenar la solución nutritiva y leds para acelerar el crecimiento de las plantas. Para el sistema de control de parámetros se planteó el uso de ARDUINO, ya que este microcontrolador es económico en comparación al PLC.

Se recomienda realizar un análisis previo de costo beneficio del sistema hidropónico considerando los equipos, dispositivos de control, materiales para la estructura modular y mano de obra técnica, ya que se debió tener en cuenta, la eficiencia del sistema automatizado de control y la capacidad de producir en espacios reducidos.

REFERENCIAS

- Bazan Cock, Ariana Paola, y otros. 2021. Diseño de sistemas hidropónicos modulares para los hogares de la ciudad de Piura. Piura, Peru : Universidad de Piura, 2021.
- da Silva Cuba Carvalho, Renata, Gaspar Bastos, Reinaldo y Fonseca Souza, Claudinei. 2018. Influence of the use of wastewater on nutrient absorption and production of lettuce grown in a hydroponic system. Sao Paulo - Brazil : Agricultural Water Management, 2018.
- Bedoya Restrepo , Leonardo y Suarez Velasco , Santiago. 2020. Automatización de la técnica de hidroponía NFT en invernadero, con monitoreo web. Colombia : Universidad Tecnológica de Pereira, 2020.
- Bijolin, Edwin, y otros. 2022. Smart agriculture monitoring system for outdoor and hydroponic environments. India : Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 2022.
- Cagri Tolga, A. y Basar , Murat. 2022. The assessment of a smart system in hydroponic vertical farming via fuzzy MCDM methods. Istanbul, Turkey : Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2022.
- Cambra , Carlos, y otros. 2018. Smart system for bicarbonate control in irrigation for hydroponic precision farming. España : Sensors (Switzerland), 2018.
- Chang, C.-L, Hong , G.-F y Fu, W.-L. 2018. Design and implementation of a knowledge-based nutrient solution irrigation system for hydroponic applications. Taiwan : Transactions of the ASABE, 2018.
- Dushyant Kumar Singh y RajeevSobti. 2022. Long-range real-time monitoring strategy for Precision Irrigation in urban and rural farming in society 5.0. India : Computers & Industrial Engineering, 2022.
- Eddy, Quispe Villazante. 2018. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA NFT EN DOS TIEMPOS DE RIEGO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ELECTROBOMBA EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN AMBIENTE CONTROLADO, EN LA CIUDAD DE EL ALTO ZONA BAUTISTA SAAVEDRA. La Paz - Bolivia : UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, 2018.
- Edgar, PARRA ZEVALLOS Aldo. 2019. "Implementación de un sistema controlador de factores climatológicos y cultivos de pitahaya hidropónica". Lima : UNIVERSIDAD

TECNOLOGICA DEL PERU, 2019.

Ezzahoui , Ibtissame, y otros. 2021. Hydroponic and Aquaponic Farming: Comparative Study Based on Internet of things IoT technologies. Sidi Othman Casablanca, Morocco : Procedia Computer Science, 2021.

Gumisiriza, Margaret S., y otros. 2022. Can soilless farming feed urban East Africa? An assessment of the benefits and challenges of hydroponics in Uganda and Tanzania. Tanzania, Uganda : Environmental Challenges, 2022.

Hernández Sampieri, Roberto. 2014. Metodología de la investigación. Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014.

Herrmann, Christoph, y otros. 2020. Urban production: State of the art and future trends for urban factories. Germany : CIRP Annals, 2020.

Hinojosa Pinto, Sara. 2019. Diseño de una arquitectura IoT para el control de sistemas hidropónicos . España : Universidad Politecnica de Valencia, 2019.

Huayanay Villar, Jose Luis, Ore Garcia, Julio y Meneses Hiyo, Sheyla Yassira. 2020. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE BOMBAS DE AGUA EN UN CULTIVO HIDROPONICO EN EL ENTORNO ARDUINO, UNSCH – AYACUCHO. Ayacucho : Revista ECIPeru, 2020.

Ibarra , Manuel J., y otros. 2020. NFT-I technique using IoT to improve hydroponic cultivation of lettuce. Peru : Proceedings - International Conference of the Chilean Computer Science Society, SCCC, 2020.

Kakkanallur Ethirajan, Lakshmi Prabha y Chitnathambi, Govindaraju. 2019. Hydroponic-based smart irrigation system using Internet of Things. Chennai, India : International Journal of Communication Systems, 2019.

Khudoyberdiev, Azimbek, y otros. 2020. An optimization scheme based on fuzzy logic control for efficient energy consumption in hydroponics environment. s.l. : Energies, 2020.

Lakhari, Imran Ali, y otros. 2018. Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: A review on aeroponics. Jiangsu, China : Journal of Plant Interactions, 2018.

Lakhari, Imran Ali, y otros. 2018. Monitoring and control systems in agriculture using intelligent sensor techniques: A review of the aeroponic system. China : Journal of

Sensors, 2018.

Lakhiar, Imran Ali, y otros. 2020. Overview of the aeroponic agriculture - An emerging technology for global food Security. Jiangsu, China : International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2020.

López Elías, Jesús. 2018. La producción hidropónica de cultivos. 2018. págs. 139 - 141.

Lukito, Rony Baskoro y Lukito, Cahya. 2020. Implementing smart monitoring on hydroponic system using raspberry Pi and arduino. Indonesia : ICIC Express Letters, 2020.

Lukito, Rony Baskoro y Lukito, Cahya. 2021. Development of water quality control and monitoring systems for hydroponic plants based on the embedded web. Inndonesia : International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2021.

Martínez , Francisco . 2020. Produccion de hortalizas a pequeña y mediana escala con hidroponia. Santa Fe, Argentina : Universidad Nacionl del Litoral , 2020.

Mashumah, Siti, Rivai, Muhammad y Irfansyah, Astria Nur. 2018. Nutrient Film Tecnique based Hydroponic System Using Fuzzy Logic Control. Indonesia : 3rd International Conference on Applied Science and Technology, iCAST 2020, 2018. págs. 387-390.

Mehra, Manav, y otros. 2018. IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks. Chennai, India : Computers and Electronics in Agriculture, 2018.

Miranda, Jhonattan , y otros. 2019. Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. CDMX, Mexico, Berkeley USA : Computers in Industry, 2019.

Modu, Falmata, y otros. 2020. A survey of smart hydroponic systems. Nigeria : Advances in Science, Technology and Engineering Systems, 2020.

Murcia Vélez, Juan David y Chacón Segura , Luis Felipe. 2018. Diseño de un sistema automático de cultivo hidropónico para forraje verde. Bogota : Universidad de La Salle , 2018.

Ortiz Vásquez, Ana Carolina, Aguilar Mejía, Francisco Javier y Perez Diaz, Leidy Yulieth. 2018. DESARROLLO DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGAS AUTOMATIZADO TIPO FLUJO Y REFLUJO, CON SOLUCIÓN NUTRITIVA Y UTILIZANDO UN SUSTRATO VEGETAL, EN LA FUNDACIÓN CULTIVOS DE AMOR

UBICADO EN BELÉN SAN BERNARDO MUNICIPIO DE MEDELLÍN. Medellín : INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO, 2018.

Palande , Vaibhav, Zaheer, Adam y George, Kiran. 2018. Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth. United States : Procedia Computer Science, 2018.

Pérez Rondón, Félix Antonio . 2021. Conceptos generales en la gestion del mantenimiento industrial . Bucaramanga - Colombia : Ediciones USTA - Universidad Santo Tomás, 2021.

Rodriguez Diaz, Nancy Janeth. 2020. SIMULACIÓN SISTEMA DE IRRIGACIÓN EN CULTIVO HIDROPÓNICO . Bogotá : Universidad distrital Francisco Jose de Caldas, 2020.

Rufí-Salís, Martí, y otros. 2020. Recirculating water and nutrients in urban agriculture: An opportunity towards environmental sustainability and water use efficiency? Barcelona : Journal of Cleaner Production, 2020.

Soto Bravo, Freddy. 2018. Producción de lechuga con la técnica de lámina de nutrientes modificada (NFT). Alajuela - Costa Rica : Universidad de Costa Rica, 2018.

Torres Tigreiro, Carlos Marcelo. 2018. "ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE INVERSION DE SISTEMAS HIDROPONICOS. La libertad, Ecuador : Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2018.

Xydis, George A., Liaros, Stelios y Despoina Avgoustaki, Dafni. 2020. Small scale Plant Factories with Artificial Lighting and wind energy microgeneration: A multiple revenue stream approach. s.l. : Journal of Cleaner Production, 2020.

Zamora-Izquierdo, Miguel A., y otros. 2019. Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. Murcia - España : Biosystems Engineering, 2019.

Zhang, Shan hong, y otros. 2022. Investigation on environment monitoring system for a combination of hydroponics and aquaculture in greenhouse. Beijing, China : Information Processing in Agriculture, 2022.

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de Variables

Tabla 7.

Matriz de operacionalización de variables

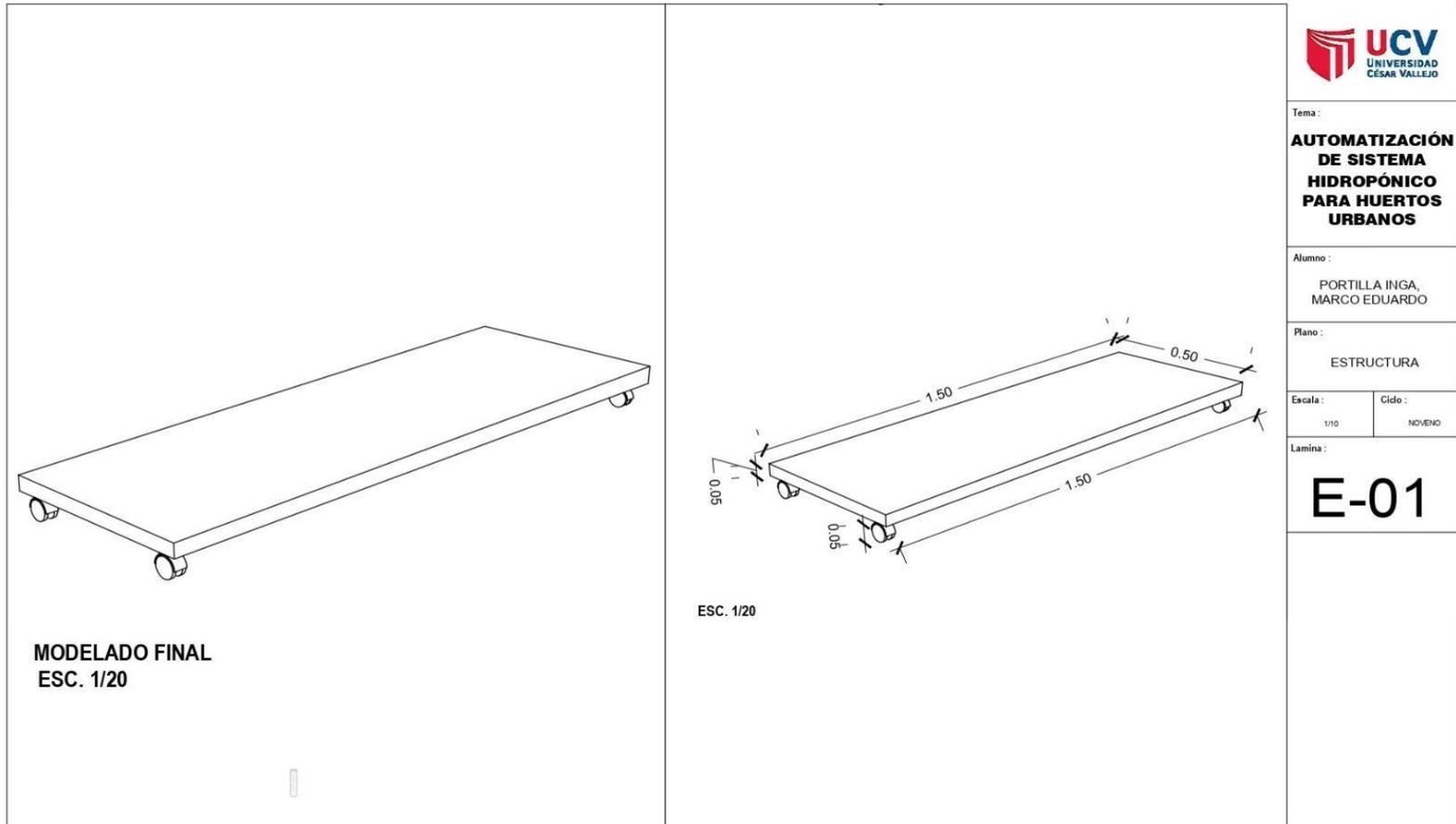
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de mediciones
<p>Independiente</p> <p>Sistema hidropónico automatizado</p>	<p>La automatización mejora el proceso de los sistemas, analizando los parámetros de las variables en tiempo real, también reduce los costos de mantenimiento y operación, beneficiando al agricultor en la producción de los cultivos. La automatización del sistema garantizó una solución nutritiva de calidad, controlando los parámetros como pH del agua, conductividad eléctrica. (Cambra , y otros, 2018)</p>	<p>El sistema de control automatizado hidropónico cuenta con indicadores como: precisión, tecnología de uso y capacidad de respuesta del sistema</p>	<p>Monitorear los valores.</p> <p>Evaluar los parámetros.</p>	<p>Precisión</p> <p>Tecnología de uso</p> <p>Tiempo de respuesta</p>	<p>Razón</p> <p>Nominal</p> <p>Razón</p>

<p>Dependiente</p> <p>Parámetros de la solución nutritiva</p>	<p>La importancia de realizar un monitoreo cotidiano de los parámetros de pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva, que permitió determinar los valores de las sustancias limitadas. A partir de esto poder suministrar los nutrientes necesarios para estabilizar los valores de pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.(da Silva Cuba Carvalho, y otros, 2018)</p>	<p>El control de parámetros de solución nutritiva tiene como objetivo mantener la dosis necesaria de soluciones concentradas durante el desarrollo del cultivo, esta práctica se realizó periódicamente utilizando dispositivos de control.</p>		<p>Conductividad eléctrica (CE)</p> <p>Potencial de hidrogeno (pH)</p> <p>Temperatura</p>	<p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Intervalo</p>
--	--	---	--	---	--

Anexo 2: Planos de estructura modular

Plano 1

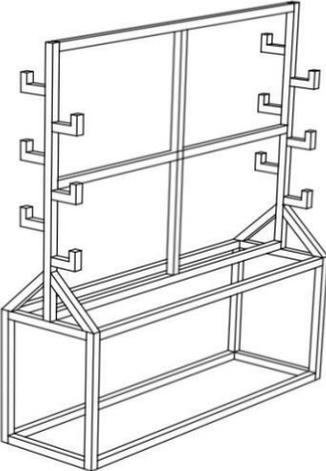
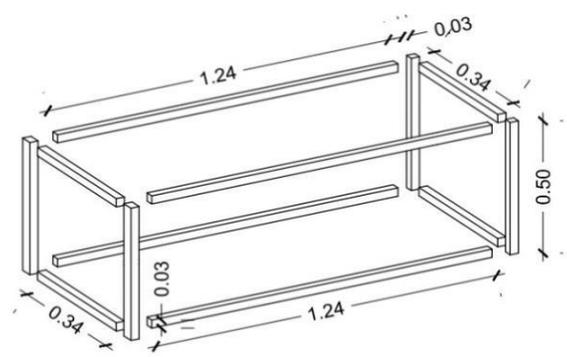
Base de la estructura



Anexo 3: Planos de estructura modular

Plano 2

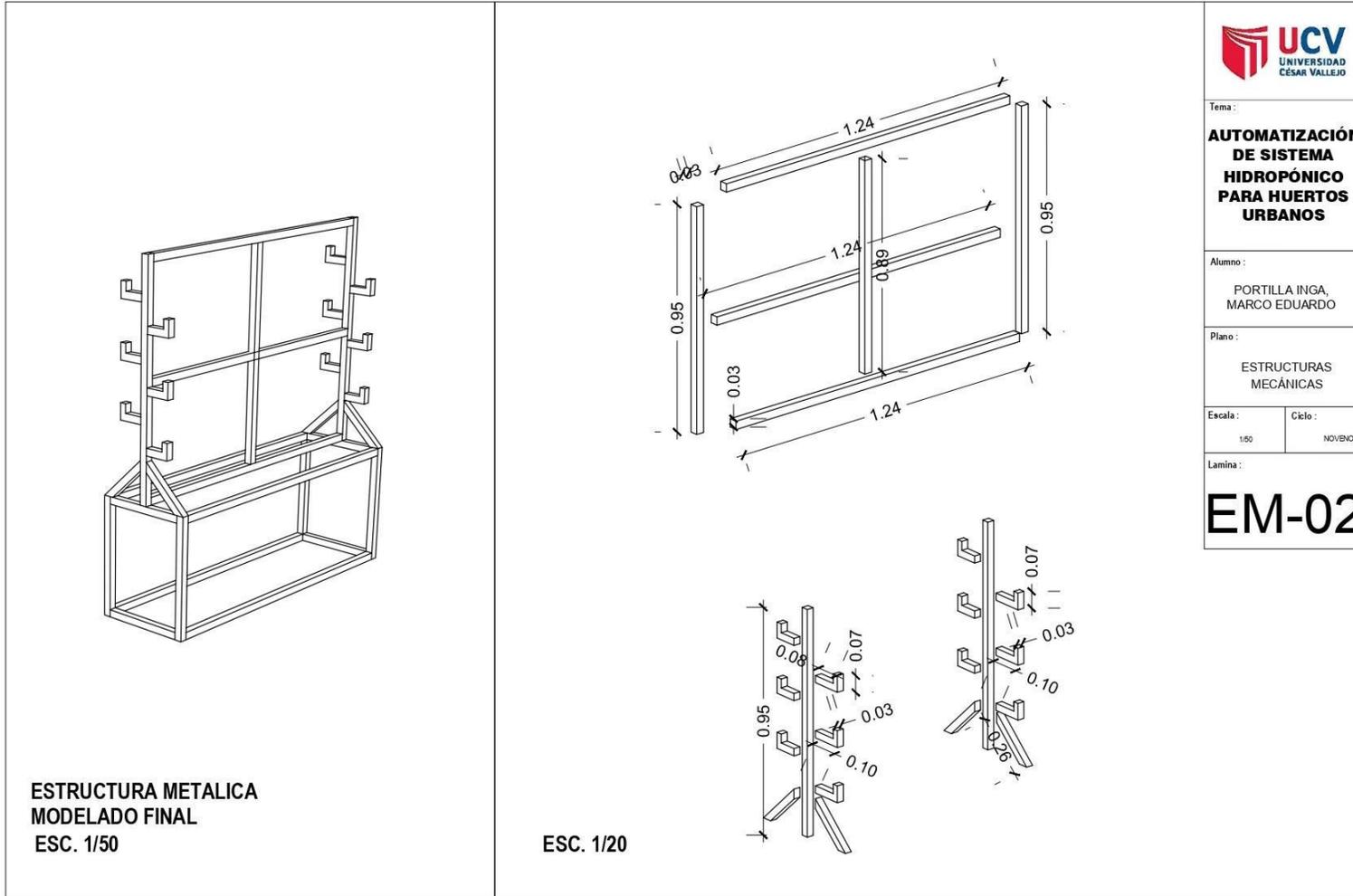
Estructura inferior de metal

 <p>ESTRUCTURA METALICA MODELADO FINAL ESC. 1/50</p>	 <p>ESC. 1/20</p>	 <p>Tema : AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA HIDROPÓNICO PARA HUERTOS URBANOS</p> <p>Alumno : PORTILLA INGA, MARCO EDUARDO</p> <p>Plano : ESTRUCTURAS MECÁNICAS</p> <p>Escala : 1/50 Ciclo : NOVENO</p> <p>Lamina : EM-01</p>
---	---	---

Anexo 4: Planos de estructura modular

Plano 3

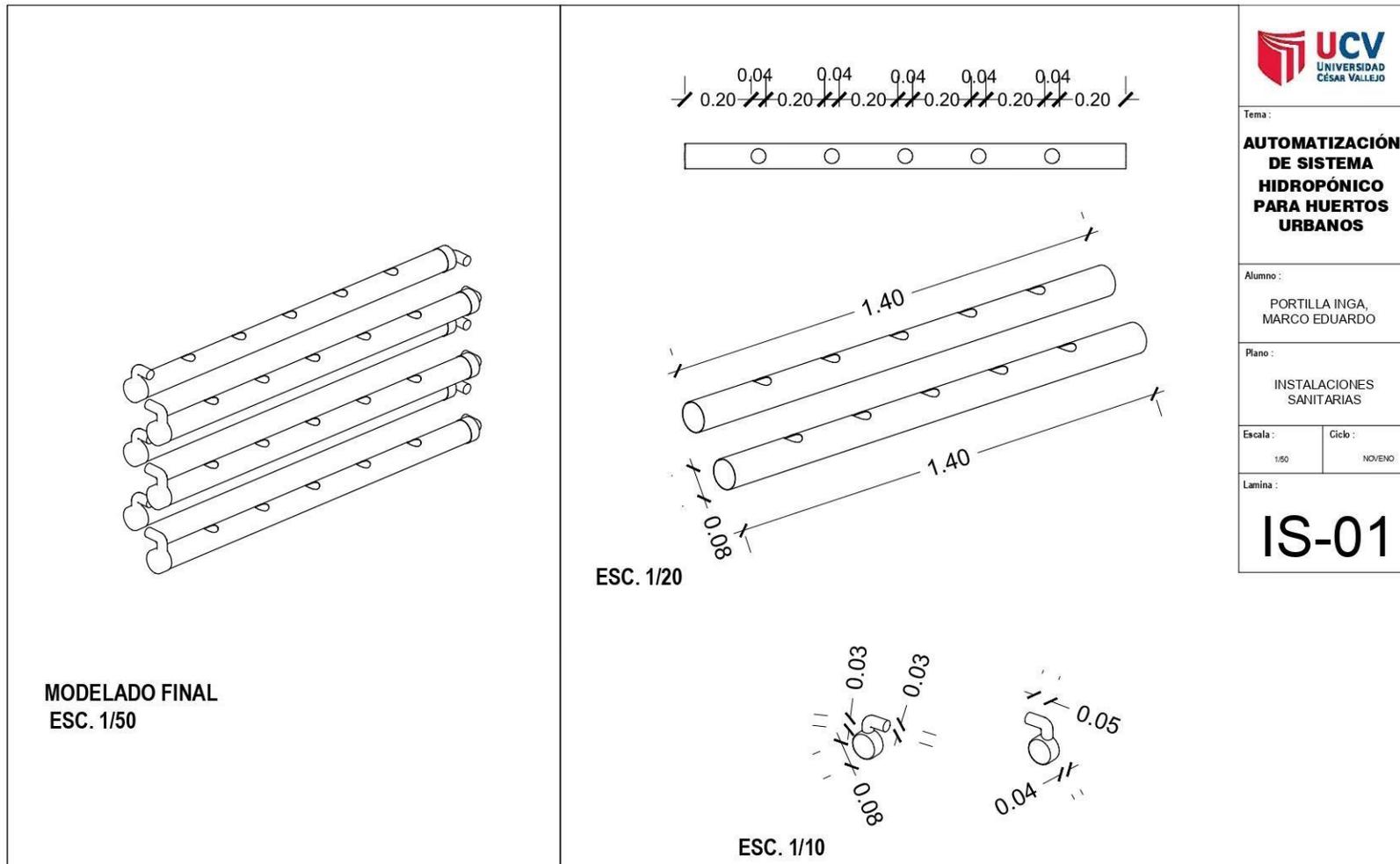
Estructura superior de metal



Anexo 5: Planos de estructura modular

Plano 4

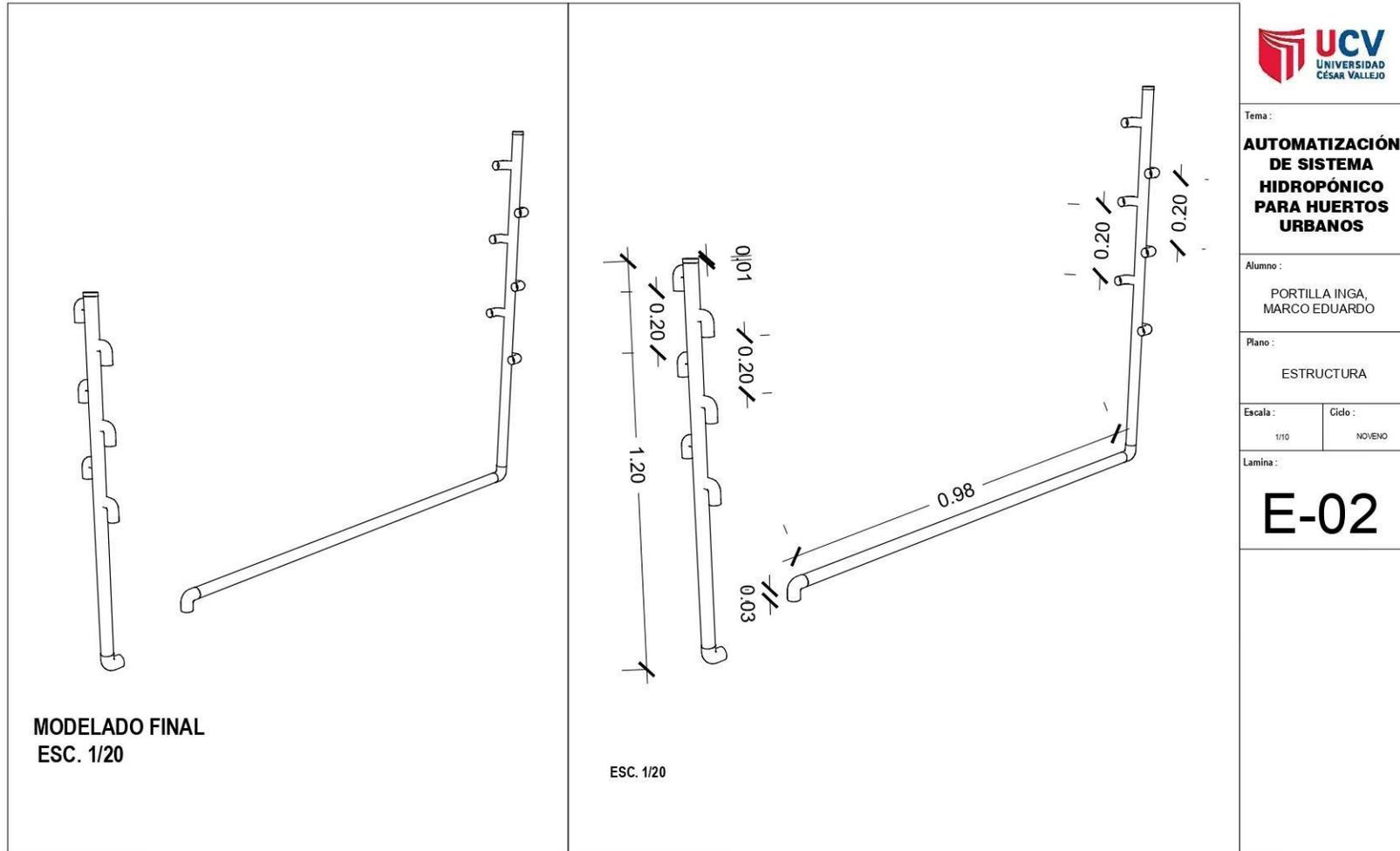
Canales de cultivo



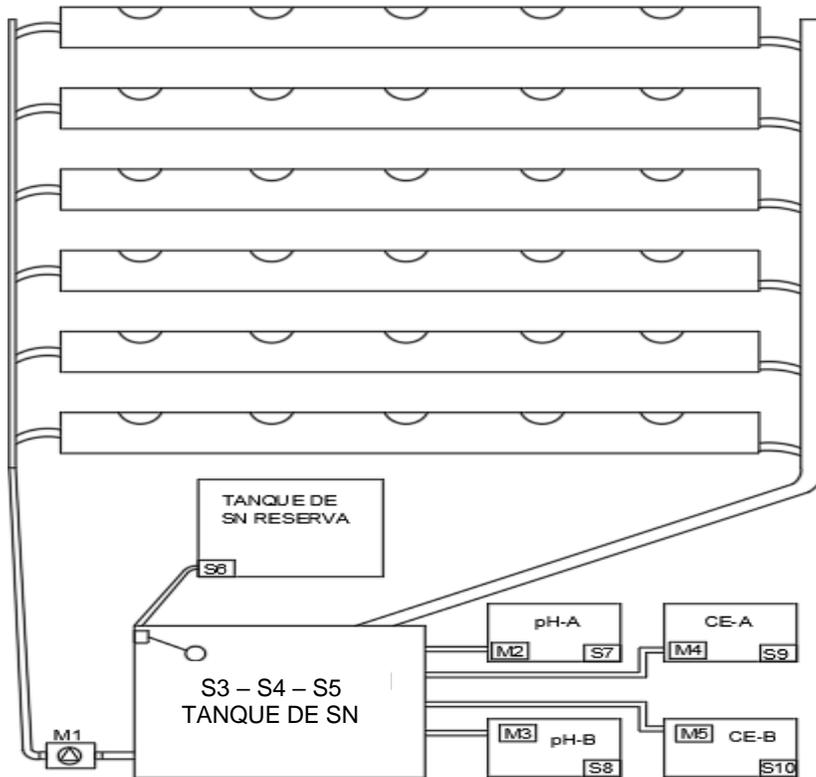
Anexo 6: Planos de estructura modular

Plano 5

Tuberías de distribución y drenaje



Anexo 7. Esquema y simulación del sistema hidropónico automatizado para control de parámetros de solución nutritiva en huertos urbanos



Funcionamiento

RIEGO: La solución nutritiva será impulsada por una electrobomba hacia los canales de cultivos a través de tuberías. El sistema de riego se realizará cada 7200 seg (2 horas), se enciende la electrobomba que impulsa la Solución nutritiva (M1) durante 600 seg (10 min), en caso el tanque de Solución nutritiva disminuya su nivel de solución, será abastecido por el tanque de reserva.

Cuando el Sistema Hidropónico comienza a funcionar se enciende led indicador L1 (Naranja) y el TIMER 1 por un tiempo de 120 seg (2 min). Al desactivarse el TIMER 1 se prende M1, led indicador L2 y se enciende el TIMER 2 por un tiempo de 10 min. Cuando el TIMER 2 se apaga, se enciende el led indicador L3 y se apaga M1, L2.

El sistema comienza a funcionar cuando se presiona el pulsador de marcha (P1) el cual activará los sensores (S3), (S4) y (S5). En caso de encontrar parámetros fuera

del rango permitido. No se encenderá la electrobomba (M1), hasta que los sensores (S3), (S4) y (S5) registren los niveles óptimos. En el caso de tener los parámetros dentro del rango establecido se encenderá el motor (M1) por un tiempo de 10 min, esta función se repetirá cada dos horas.

EL sensor de pH (S3), detectara el nivel del parámetro en la solución nutritiva, si el sensor (S3) registra parámetros por debajo del rango, se enciende el motor (M3) que impulsara la solución "A" al tanque (T1), el motor (M3) se apagara cuando el sensor (S3) registre la estabilización del parámetro. Si el sensor (S3) registra parámetros por encima del rango, se encenderá el motor (M4) que impulsara la solución "B" al tanque (T1), el motor (M4) se detendrá cuando el (S3) registre la estabilización del parámetro. El proceso se repetirá cada vez que el Sistema hidropónico tenga desbalance de parámetros.

EL sensor de Conductividad Eléctrica (S4), detectara el nivel del parámetro en la solución nutritiva, si el sensor (S4) registra parámetros por debajo del rango, se enciende el motor (M5) que impulsara la solución "C" al Tanque (T1), el motor (M5) se apagara cuando el (S4) registre la estabilización del parámetro. Si el sensor (S4) registra parámetros por encima del rango, se encenderá el motor (M6) que impulsara la solución "D" al tanque (T1), el motor (M6) se detendrá cuando el (S4) registre la estabilización del parámetro. El proceso se repetirá cada vez que el Sistema hidropónico tenga desbalance de parámetros.

El sensor de temperatura (S5) de la solución, permitirá monitorear el rango de la variable a pesar de encontrarse siempre dentro de rango esperado, sin embargo, cuando el sensor(S5) registre temperaturas mayor o menor se activará una alerta.

Cualquier avería en el sistema se activa una alarma de luz. Así mismo el sistema se detiene pulsando el pulsador Stop(P2).

Los parámetros de pH, Conductividad eléctrica y temperatura de solución son:

Sensor	Vmin	Vmax
pH	1.5 dS/m	2.2 dS/m
Conductividad Eléctrica (CE)	5.5	6.5
Temperatura de solución	16 °C	30 °C

Entradas y salidas del sistema

HIDROPONIA.zm2 - v0.0



HIDROPONIA

Entradas físicas

Entrada	N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Comentario
I1	B000		Conmutador	---	No hay parámetros	ON
I2	B036		Botón pulsador	---	No hay parámetros	STOP
I3	B037		Contacto	---	No hay parámetros	F1- MOTORES
I4	B038		Botón pulsador luminoso	---	No hay parámetros	START
I6	B044		Entrada DIG	---	No hay parámetros	S6.NIVELT. RESERVA
I7	B043		Entrada DIG	---	No hay parámetros	S7.NIVELT. pH-A
I8	B042		Entrada DIG	---	No hay parámetros	S8.NIVELT. pH-B
I9	B041		Entrada DIG	---	No hay parámetros	S9.NIVELT. CE-A
IA	B039		Entrada DIG	---	No hay parámetros	S10.NIVELT. CE-B
IB	B002		Entrada analógica 0...V ALIM	---	Conexión eléctrica en la entrada : 0 - 10 V	S3.SENSOR DE pH
IC	B003		Entrada analógica 0...10V	---	Conexión eléctrica en la entrada : 0 - 10 V	S4.COND- ELECT.
ID	B004		Entrada analógica 0...10V	---	Conexión eléctrica en la entrada : 0 - 10 V	S5.TEMPERATURA

Salidas físicas

Salida	N.º	Símbolo	Función	Comentario
Q1	B016		Motor	MOTOR SOLUCION
Q2	B021		Motor	MOTOR pH-A
Q3	B022		Motor	MOTOR pH-B
Q4	B023		Motor	MOTOR CE-A
Q5	B024		Motor	MOTOR CE-B
Q6	B025		Resistencia	CALENTADOR
Q7	B026		Ventilador	VENTILADOR
Q8	B027		Indicador naranja	SIST, ON
Q9	B030		Indicador verde	MOTOR SOLUCION



Salida	N.º	Símbolo	Función	Comentario
QA	B031		Indicador rojo	MOTOR SOLUCION APAGADO
QB XT2	B032		Indicador verde	MOTOR pH-A
QC XT2	B033		Indicador verde	MOTOR pH-B
QD XT2	B034		Indicador verde	MOTOR CE-A
QE XT2	B035		Indicador verde	MOTOR CE-B
QF XT2	B005		Válvula	NIVEL MINIMOT. RESERVA
QG XT2	B089		Lámpara	ALARMA

Funciones configurables

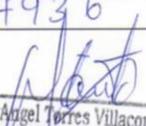
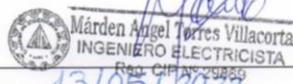
N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Comentario
B007	NUM	Constante numérica	No	—	Valor de la constante : 16	16°C
B009	NUM	Constante numérica	No	—	Valor de la constante : 30	30°C
B012	NUM	Constante numérica	No	—	Valor de la constante : 55	5.5
B013	NUM	Constante numérica	No	—	Valor de la constante : 65	6.5
B014	NUM	Constante numérica	No	—	Valor de la constante : 15	1.5
B015	NUM	Constante numérica	No	—	Valor de la constante : 22	2.2
B061		Y lógica	---	—	No hay parámetros	SOL. NUT
B062		Comparación de 2 valores	---	—	VALEUR 1 > VALEUR 2	pH-A
B063		Comparación de 2 valores	---	—	VALEUR 1 > VALEUR 2	CE-A
B064		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 0M 12S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	TIMER 1= 120S
B067		Báscula RS	---	—	Prioridad : RESET prioritario	
B069		Temporizador A/C	No	Sí	Tiempo de marcha : 0H 0M 59S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	TIMER 2= 600S
B070		Temporizador A/C	No	Sí	Tiempo de marcha : 0H 2M 0S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	TIMER 3= 7200S
B074		Comparación de 2 valores	---	—	VALEUR 1 > VALEUR 2	pH-B

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	FICHA DE REGISTRO DE DATOS
Objetivo del instrumento	MEDICION DE INDICADORES
Nombres y apellidos del experto	HUGO RAUL MUCHA TINOCO
Documento de identidad	DNI 01148840, REGISTRO CP 83538
Años de experiencia en el área	30 AÑOS
Máximo Grado Académico	INGENIERO ELECTRICISTA
Nacionalidad	PERUANA
Institución	ALFA CORPORACION DE CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.
Cargo	GERENTE
Número telefónico	901 203 951
Firma	
Fecha	12/05/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	FICHA DE REGISTRO DE DATOS
Objetivo del instrumento	MEDICION DE INDICADORES
Nombres y apellidos del experto	MARDEN ANGEL TORRES VILLACORTA
Documento de identidad	01106502
Años de experiencia en el área	
Máximo Grado Académico	INGENIERO ELECTRICISTA
Nacionalidad	PERUANO
Institución	CONSULTOR PRIVADO
Cargo	
Número telefónico	942934936
Firma	 
Fecha	13/05/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	FICHA DE REGISTRO DE DATOS
Objetivo del instrumento	MEDICION DE INDICADORES
Nombres y apellidos del experto	HORACIO RAMÍREZ GARCÍA
Documento de identidad	01124879
Años de experiencia en el área	10 AÑOS
Máximo Grado Académico	DOCTOR
Nacionalidad	PERUANO
Institución	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN MARTÍN
Cargo	DOCENTE
Número telefónico	
Firma	
Fecha	16-06-2022