



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo.
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Cando Guanotuña Darwin Ricardo
Tutor/a:
Ing. Wilmer Fabian Albarracin Guarochico.Msc Ing. Paúl Francisco Baldeón Egas.Msc

Quito – Ecuador
2025

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Wilmer Fabian Albarracin Guarocho** con C.I: **1713341152** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo.**

Elaborado por: **Cando Guanotuña Darwin Ricardo**, de C.I: **1805418058**, estudiante de la Maestría: **En Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M 04 de septiembre de 2025



Firma

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Paúl Francisco Baldeón Egas** con C.I: **1002807814** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo.**

Elaborado por: **Cando Guanotuña Darwin Ricardo**, de C.I: **1805418058**, estudiante de la Maestría: **En Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M 05 de septiembre de 2025



Firmado electrónicamente por:
**PAUL FRANCISCO
BALDEON EGAS**

Validar únicamente con FirmaEC

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Cando Guanotuña Darwin Ricardo** con C.I: **1805418058**, autor/a del proyecto de titulación denominado: **“Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo”**. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M 04 de septiembre de 2025

CANDO GUANOTUÑA DARWIN RICARDO

CI:180541805-8

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema.....	1
Problema de investigación.....	3
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:.....	4
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.1. Contextualización general del estado del arte	6
1.2. Proceso investigativo metodológico	8
1.3. Análisis de resultados	9
CAPÍTULO II: PROPUESTA.....	12
2.1 Fundamentos teóricos aplicados.....	12
2.2 Descripción de la propuesta	21
2.3 Validación de la propuesta	26
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	28
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	29
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
Bibliografía	42
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de análisis de parámetros en tres momentos del día.	9
Tabla 2	Resultados de la Encuesta de Validación.	10
Tabla 3	Especificaciones técnicas del router de la serie H de wecon.	15
Tabla 4	Especificaciones del PLC Simatic s7-1200.	18
Tabla 5	Especificaciones técnicas del sensor ultrasónico.	20
Tabla 6	Especificaciones técnicas del medidor de ORP de PH sup-ph 6.0.....	21
Tabla 7	Descripción de perfil de validadores.	26
Tabla 8	Criterios de evaluación.	27
Tabla 9	Escala de evaluación.....	27
Tabla 10	Matriz de articulación.	28
Tabla 11	Mediciones de parámetros fisicoquímicos durante el período de monitoreo.	35
Tabla 12	Lecturas promedio de sensores y rendimiento del operador.....	36
Tabla 13	Evolución de competencias técnicas del operador.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gateway V-BOX	14
Figura 2 Plataforma V-NET	16
Figura 3 Estación profinet	17
Figura 4 Plc Simatic s7-1200.	18
Figura 5 Simatic HMI KTP400	19
Figura 6 Bomba sumergible 1Hp	19
Figura 7 Sensor de nivel ultrasónico de la marca Supmea	20
Figura 8 Medidor de ORP de pH y Oxígeno SUP-PH 6.0	21
Figura 9 Diagrama funcional del sistema	23
Figura 10 Diagrama de flujo del sistema	23
Figura 11 Diagrama de flujo de las condiciones de funcionamiento del sistema	24
Figura 12 Montaje del PLC S71200 HMI KTP400 y el Gateway V-BOX.....	29
Figura 13 Cableado ethernet	30
Figura 14 Ejecución del código en la pantalla HMI KTP400	30
Figura 15 Ingreso a la plataforma V-NET client.....	31
Figura 16 Presentación de la plataforma V.net client.....	31
Figura 17 Se crea un grupo de trabajo	32
Figura 18 Se agrega cada dispositivo para el proyecto	32
Figura 19 Se extrae las variables a la plataforma.....	33
Figura 20 Plantilla del diseño del HMI	33
Figura 21 Desarrollo de la pantalla HMI	34
Figura 22 HMI virtual en la plataforma V-NET	34
Figura 23 Mediciones de parámetros físico-químicos durante el período de monitoreo....	36

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

Desde 2018, el Complejo la Granja del Abuelo es un complejo fundado por un grupo familiar de profesionales con certificación en crianza de truchas. Brinda servicios de pesca deportiva, crianza y venta de trucha a todas las personas naturales de la parroquia San Andrés, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, sin importar su tamaño. Debido al crecimiento del complejo, se construyeron estanques para truchas, pero carecen de poca oxigenación en sus estanques debido a que existe poca presión del agua que brinda a las vertientes por el desnivel del suelo.

El notable aumento en la demanda y el reconocimiento de la calidad del producto que ofrece la granja han impulsado una expansión continua de su infraestructura, lo que incluye la construcción de nuevos estanques para incrementar la capacidad de producción. Sin embargo, este crecimiento ha puesto de manifiesto algunas limitaciones técnicas en el diseño original del sistema hidráulico, especialmente en lo que se refiere a la oxigenación del agua. La ubicación geográfica de la finca, en un terreno con desnivel, influye directamente en la presión con la que el agua de los manantiales de la montaña alimenta los estanques, lo que está generando problemas en la oxigenación natural. Y pueden pasar malas tardes los peces de este vivero, porque la trucha es un pez muy sensible, poco amigo de las variaciones y en especial preocupa la del oxígeno disuelto en el agua. Lograr que estas toneladas de agua, en su mayoría naturales, disuelvan el oxígeno del aire para que los peces puedan respirar es un trabajo constante y de elevada complejidad que ahora se ha convertido en un problema. Por eso, es urgente que se busquen soluciones tecnológicas para asegurar las condiciones óptimas del cultivo de la trucha, no sólo para garantizar la sostenibilidad de la producción, sino también para la rentabilidad del negocio.

El oxígeno del agua es una parte vital en el sistema de acuicultura, ya que afecta directamente la salud, el crecimiento y la vida de la especie procesada. Un caso en el mercado es el del salmón en agua fría, ya que este tiene demanda debido a su sabor y valor nutricional. Similarmente, el grado de oxígeno disuelto debe mantenerse en una serie de rango, generalmente entre 6 y 9 mg/l, para asegurar un estado de desarrollo adecuado. Theo (2020) afirma que: “Razas tales como el salmón necesitan niveles óptimos de oxígeno para cultivarse fitness y excelencia, y una vez que oxígeno disuelto es pobre, el pescado sufre tensión fisiológica lo que parece anulado de apetito, más lento desarrollo, un debilitado sistema inmunitario, y posiblemente muerte”. Encima de eso, oxidación baja ofrece condiciones para anaerobias bacterias y compuestos

tóxicos se acumula en el agua, deteriorando su correo. Por lo tanto, la oxidación no es solo un aspecto técnico de la producción, pero también un elemento estructural para el proyecto de acuicultura. En el hipotético de La Granja del Abuelo, la falta de un sistema de oxidación es un peligro activo, como regresar los esfuerzos para estructurar infraestructura y producción en su lugar, significa que la preservación recurrente y el estado de los entornos subacuáticos deben ser asegurados adecuadamente.

Frente a la situación actual, podemos presentar una solución innovadora: una sugerencia sería presentar un sistema de bomba automática que utiliza IoT : Es un sistema de tecnología de Internet que controla los niveles de oxígeno disuelto en un estanque. Este sistema utiliza sensores inteligentes para tomar lecturas importantes del entorno submarino, como la temperatura, el pH, nublado y los niveles de oxígeno disuelto y enviar estos problemas a través de una placa que se puede leer con cualquier dispositivo móvil o una tableta que envía toda esta información a la nube. La bomba aeróbica diseñada se ajusta a los controladores automáticamente, como PLC S71200 que se encenderá cuando un sensor de plantillas encuentra un lector significativo. La nube puede almacenar estos planes de lectura, por lo que ayuda a hacer el análisis retrospectivo, identificar los intereses de la variación y tomar decisiones importantes. Esto no solo aumenta la variación y la eficacia del proceso de manejo de oxígeno y reduce los errores humanos posibles para el operador, sino que también reduce la generación de energía y el costo de la mano de obra. La aplicación del sistema IoT en la producción moderniza el complejo y responde a la actual tendencia de moda del estrés sobre la agricultura IoT y el acuicultivo.

De los métodos operativos y administrativos, la introducción del sistema de IoT automático en el complejo La Granja del Abuelo se beneficiará de algunas ventajas significativas. Por un lado, se logrará un uso más efectivo de los recursos de agua y energía, ya que el sistema puede lanzar los mecanismos de oxidación nuevamente cuando sea necesario; por lo tanto, la bomba o los aireadores no funcionarían continuamente sin necesidad. Por otro lado, el tiempo y el personal de gestión se pueden optimizar al liberar a los empleados de las tareas de supervisión repetitivas y darles más incentivos para centrarse en actividades más estratégicas como la monitorización de la salud, la mejora genética o el marketing de productos. Desde una perspectiva económica, una mejor oxigenación se traduce directamente en menores tasas de mortalidad, una mayor tasa de conversión alimenticia (FCR) y una mejor calidad del producto final, lo que a su vez incrementa la competitividad y el margen de ganancia del emprendimiento. Además, al incorporar tecnologías limpias y procesos automatizados, el complejo se posiciona como un proyecto acuícola sostenible, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS), especialmente el ODS 12 (producción y consumo responsables) y el ODS 9 (industria, innovación e infraestructura). Según (Torres & Martínez, 2021), “la digitalización en sistemas acuícolas facilita el monitoreo ambiental y mejora la productividad sin comprometer el bienestar de los peces” (p. 45). Así, la adopción de esta tecnología no solo resolverá un problema técnico específico, sino que también transformará de manera integral la gestión de la producción, convirtiéndola en un modelo que puede replicarse en otros emprendimientos acuícolas de la región.

Problema de investigación

El desarrollo eficiente de la acuicultura depende en gran medida del control de las variables ambientales que afectan el crecimiento y bienestar de las especies cultivadas. En el caso del complejo acuícola La Granja del Abuelo, ubicado en la parroquia San Andrés del cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, se ha identificado una deficiencia crítica en el sistema de oxigenación de los estanques destinados a la crianza de truchas (*Oncorhynchus mykiss*). Esta deficiencia se debe a que el sistema actual opera de forma manual, sin automatización ni monitoreo continuo de los niveles de oxígeno disuelto en el agua. La topografía de la zona, caracterizada por un desnivel pronunciado, contribuye a una presión insuficiente del agua que alimenta los estanques, lo que disminuye aún más la capacidad natural de oxigenación del sistema.

La falta de un sistema de control automático es una amenaza continua para la producción, ya que el salmón es un tipo muy sensible a los cambios en la calidad del agua, especialmente a su contenido de oxígeno disuelto. Las bajas concentraciones de oxígeno proponen al salmón al estrés fisiológico y la pérdida de apetito, una mayor predisposición a las enfermedades, la estabilidad, el crecimiento y la muerte retardados, disminuyen la eficiencia del sistema. En esta situación, la cría y el desarrollo del salmón pueden ocasionar pérdidas económicas significativas, disminuir la calidad del producto final y el riesgo de reputación del complejo, ya que hasta la fecha ha permitido mantener una producción estable de artesanos y una demanda local.

Por otro lado, en función de la supervisión manual, esto da como resultado el uso ineficaz de recursos humanos y reduce la capacidad de respuesta a situaciones de emergencia o que cambien rápidamente en los parámetros del agua. Asimismo, el hecho de que no haya elementos automáticos para prevenir al análisis de datos históricos que conduce a las soluciones técnicas que previenen la planificación y mejora continua del proceso de producción.

En el contexto presentado, es imperativo diseñar una solución tecnológica que le permita al actor superar sus impedimentos. A continuación, se presentan ofertas relacionadas con la implementación de un sistema de bomba intelectual integrado con control IoT – Internet de las

cosas, que permite regular y automatizar el oxígeno en las juntas reales. Este sistema consistiría en sensores digitales, una grabadora, controladores y plataformas de conformación remota, lo que permite a los operadores acceder a toda la información respecto del estado del sistema desde cualquier dispositivo que esté conectado a dicho. El sistema, además de administrar el oxígeno, también puede registrar la cantidad de agua, la operación de la bomba y demás estado del equipo, lo que garantizaría óptimas condiciones para la producción de salmones.

En otras palabras, la implementación de este sistema no solo permitirá resolver el problema de oxidación técnica, sino que también cambiará el complejo modelo de gestión de productos, lo que permitirá actuar de acuerdo con estándares efectivos, estables y tecnológicos. Por lo tanto, la granja del abuelo no solo aumentará el potencial de producción y reducirá los costos operativos. Además, puede ser una idea de que se puede hacer referencia al renovar la acuicultura en el campo AGAN de Ecuador.

Objetivo general

Desarrollar un sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo.

Objetivos específicos

- Contextualizar los fundamentos teóricos y técnicos sobre sistemas de bombeo y tecnologías IoT aplicadas a la oxigenación en procesos de acuicultura.
- Diagnosticar la situación real de los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo.
- Diseñar un sistema inteligente de bombeo, controlado mediante IoT, que regule de forma eficiente la oxigenación en estanques destinados al cultivo de truchas.
- Evaluar el desempeño del sistema instalado, considerando su impacto en la calidad del agua, la salud de los peces, el ahorro energético y la facilidad de gestión remota.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

El sistema de bombeo automático apoyará y mejorará la transferencia de nuevos conocimientos tecnológicos y técnicos en el campo de los peces. El escalamiento del sistema de bomba automática utilizando tecnología IoT servirá no solo las necesidades especiales del complejo La Granja del Abuelo, pero también dar impacto positivo a la comunidad local debido al hecho de que el mismo será un modelo para ser replicado por otras compañías de acuicultura en la región andina.

Como parte de esta iniciativa, se planea diseñar y realizar actividades como capacitaciones y consejos técnicos dirigidos a los productores y trabajadores de la industria de los peces. Al final, adquirirían habilidades prácticas en la utilización de sensores, plataformas de monitoreo y herramientas de análisis correspondientes, así como la automatización de procesos. A la vez que los beneficiarios obtendrán un conocimiento realmente adecuado a través de ellos, se crearán varios documentos educativos adicionales, como libros de texto y “Mejores” e “Instalación” basada en “Ya que”, servicios de prevención y recursos audiovisuales, se crean como una herramienta educativa continua.

La contribución a la empresa se ve principalmente en la promoción de la producción de acuicultura sostenible, ya que se vuelve más eficiente con las fuentes de agua y energía. El oxígeno está mejorando con la ayuda del sistema automatizado. Las condiciones óptimas para el cultivo emergen, lo que resulta en salud, crecimiento y mejor supervivencia para el salmón. Ese efecto provoca una mejor calidad del producto final y mayores ganancias para los fabricantes, pero también resulta en un menor impacto negativo para el medio ambiente: disminución de los desechos y la energía.

Los beneficiarios del proyecto son el propietario del complejo “Granja del Abuelo” quien recibirá un complejo sistema de tecnología creativa para controlar su producción. Asimismo, los dos empleados a cargo de la gestión diaria recibirán la formación adecuada de manera que puedan aumentar sus habilidades técnicas, minimizar sus esfuerzos físicos, evitar errores operacionales y hacer el trabajo más eficiente. Por otro lado, los administradores agrícolas dispondrán de acceso a la información precisa y fáctica relativa a los parámetros del estado del agua, los cuales les permitirán tomar de decisión basadas en estrategias y estrategias basadas en datos.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

El presente proyecto de titulación se enmarca en la aplicación de tecnologías emergentes para la automatización de la cría de truchas, específicamente mediante el uso de tecnologías IoT (Internet de las Cosas). En granjas de pequeña escala, como el Complejo La Granja del Abuelo, ubicado en la parroquia San Andrés, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, existen múltiples desafíos relacionados con el monitoreo y control de variables ambientales esenciales para el cultivo de truchas, tales como el oxígeno disuelto, el pH y el nivel del agua. Estas variables son altamente sensibles a cambios del entorno y tienen un impacto directo en la salud, crecimiento y supervivencia de los peces (Instruments, 2020). Sin automatización, el control de estas condiciones se realiza de forma manual, implicando una elevada carga operativa, posible error humano y poca reacción a cambios críticos en los estanques.

La investigación que pretendemos llevar a cabo será en el campo de automatización industrial y conexiones remotas, en medio de las limitaciones técnicas, económicas y geográficas del entorno rural cuyo alcance de la acuicultura. Con este fin, utilizaremos fuentes actualizadas, como artículos científicos, tesis universitarias, libros especializados y estándares técnicos, prioridad publicada desde el último año de plataformas académicas consideradas IEEE Xplor, Sciencedirect and Hosting. Revisaremos la carpeta centrada en experiencia previa de implementación de sensores, sistemas de recopilación de datos (DAQ), fundaciones visuales y redes de comunicación de baja energía, con el fin de evaluar cómo se los puede emplear directamente en para contextos similares a qué fue el proyecto. Lo mismo se hará en cuanto al desarrollo de plataformas en la nube de IoT que permiten el acceso a la información de la realidad y la integración de advertencia, datos históricos y herramientas de toma de decisiones.

Los estudios anteriores han demostrado la efectividad de la automatización basada en la IoT. Por ejemplo, en China, un estudio de (Zhang, 2021), desarrolló un sistema de monitoreo inteligente de la calidad del agua que emplea sensores solubles y temperatura de oxígeno. Como resultado, los autores han afirmado que redujeron la tasa de mortalidad del pez de 20 p.p. en comparación con el método manual. En otro estudio de (Cedeño & Pincay, 2022), en Ecuador desarrollaron un sistema de monitoreo del camarón que emplea sensores de pH y en Wi-Fi, mientras que ha mejorado la capacidad de gestión de la producción, ya que permite la visualización en tiempo real. En un enfoque diferente, Silva et al. han introducido Lora Wan Network para conectar sensores en áreas rurales de Brasil. Este estudio ha demostrado la utilidad de las tecnologías inalámbricas a larga distancia no solo en los medios de comunicación

con infraestructura limitada, sino también beneficios económicos. Estos ejemplos son una referencia valiosa para crear un sistema híbrido en la Granja del Abuelo, que combine sensores multiparamétricos, controladores programables y conectividad remota.

A nivel nacional, hay ofertas atractivas de la academia también. Mendoza (2021), en una tesis en Ecuador Flacso, ha creado un sistema de automatización S7-1200 PLC, hasta 15% de los costos operativos debido al control de oxígeno y agua. Por otro lado (Cañizares, 2022), en su estudio menciona que el sistema IoT es más optimizado para elevar los peces a las zonas rurales, teniendo en cuenta que enviar datos en la plataforma de Internet, puede acceder a dispositivos móviles. A nivel internacional (Jiménez & Torres, 2023), desde la Universidad de Antioquia en Colombia, un sistema se ha desarrollado como se implementa con grandes conjuntos de datos con parámetros de acuicultura para analizar los pronósticos de enfermedades en tilapia mediante capacitación automática. Aunque su enfoque fue un poco complicado, señalo el enorme potencial de aumentar la inteligencia de acuicultura estable a través del análisis de datos históricos.

En general, la tendencia de desarrollo en la industria de la acuicultura de la actualidad se dirige al uso de sistemas cibernéticos inteligentes que emplean sensores, unidades de medición, plataformas intuitivas y sistema de toma de decisiones. Esto no solo maximiza la producción, sino que también garantiza la calidad del producto y minimiza el daño al medio ambiente. Para los proyectos, las tecnologías más utilizadas son controladores de PLC Siemens S7-1200, interfaz Simatic HMI, GSM o módulos de comunicación LORA y sensores multi parámetros con protocolo Modbus RTU. Según Patibh y Srivatsa (2021), los sistemas de acuicultura automáticamente pueden reducir errores humanos y ahorrar energía en un 20-30%, y así obtener los datos objetivos. El propósito de esta tesis es integrar estas soluciones tecnológicas a nivel local y adaptarse a la realidad técnica y económica de la granja.

Finalmente, entonces, este proyecto tiene el potencial real no solo para modernizar los procesos internos de agricultura, sino que también tiene la capacidad de transferir la tecnología y repetirse. La granja de mi abuelo es solo un ejemplo de introducción del sistema IoT que bien puede convertirse en un piloto para otras unidades de producción de peces de la región, ayudando así a hacer que las áreas rurales sean más sostenibles y ayudando a utilizar los recursos, como el agua y la energía, más llevaderos. además, el sistema mejorará la salud, así como el monitoreo alrededor de la producción en el salmón, asegurando que el consumidor reciba productos de mejor calidad. Por eso, el uso regular de tecnologías intelectuales, de

conectividad, automatización en general se instala como una herramienta básica para convertir la agricultura manual en un nivel de actividad más técnico, rentable y equilibrado.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Para este estudio, adoptaremos una estrategia combinada, fusionando técnicas tanto cuantitativas como cualitativas. De esta forma, podremos obtener una perspectiva integral del engranaje técnico del sistema que planteamos, así como de las opiniones de los usuarios participantes.

Para la adquisición de los datos se aplicará métodos como la observación directa se realizarán mediante encuestas cerradas. Las herramientas utilizadas contendrán una tabla de observación técnica para registrar variables ambientales, una evaluación de cierre dirigida a técnicas y operadores del sistema para recopilar datos cuantitativos sobre la eficiencia de los sistemas de oxidación automática. Este enfoque metodológico nos ayudará a diseñar un sistema IoT más preciso y eficiente (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Para juntar toda la información sobre las características físicas y químicas del agua, usaremos una ficha técnica avalada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Esta ficha sigue las normas NTE INEN 1106 y las recomendaciones de la FAO (mira el Anexo 1). Este documento está hecho a medida para apuntar datos clave en la cría del salmón (*Oncorhynchus mykiss*), como la cantidad de oxígeno disuelto, el nivel de pH, la temperatura, y cuánta saturación de cloro y oxígeno queda en el agua.

Las evaluaciones se realizarán en tres fases del día: al empezar la jornada, al mediodía y al concluir la tarde. Se empleará un sensor de parámetros múltiples de Supmea, conectado a un autómatas programable Siemens S7-1200. Esta configuración nos facilita la supervisión constante de factores como el pH, la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura del agua. Paralelamente, verificaremos estos datos con las mediciones obtenidas manualmente con dispositivos para pH y cloro libre residual, buscando asegurar que no existan divergencias significativas, identificar posibles problemas y evaluar la conveniencia de activar un sistema de bombeo automático para mejorar la oxigenación del agua.

Cada aparato se ajustará con precisión antes de empezar, y la hoja de datos se examinará a fondo, buscando la opinión de profesionales y haciendo una prueba inicial sobre el terreno. Esto asegurará que sean fiables, que funcionen bien y que sirvan para vigilar de cerca el sistema acuícola automatizado.

Para poder hacernos una idea clara de cómo andaba el sistema acuícola y ver si de verdad hacía falta meterle mano con un sistema automatizado de esos que vigilan y controlan todo, nos pusimos a tomar datos en tres momentos clave del día: por la mañana, a eso del mediodía y ya por la tarde. Para estas mediciones, utilizamos sensores que miden varias cosas a la vez, enchufados a un PLC, aparte de usar también aparatos manuales de toda la vida, y apuntamos todo todito en unas fichas técnicas preparadas justo para esto. Ahora, les mostraremos los resultados que sacamos, que vienen a reflejar cómo se portan variables importantes como el oxígeno disuelto, el pH y la saturación de oxígeno en el agua donde criamos a nuestras truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

1.3. Análisis de resultados

Las tres mediciones realizadas a lo largo del día (ver Anexo 2). evidencian niveles constantes de oxígeno disuelto en 5,9 mg/L, por debajo del umbral crítico de 6,0 mg/L, lo que representa un riesgo sostenido para la salud y el desarrollo óptimo de la trucha arcoíris. El nivel de pH, que se mantiene estable en 6,2, sugiere un entorno algo ácido, casi en el borde inferior de lo que se considera óptimo para estos seres vivos (entre 6,5 y 8,5). Por otro lado, notamos que el oxígeno disuelto fue bajando poco a poco hasta llegar al 74 % al final del día, un porcentaje menor al 80 % que sería lo más aconsejable. Cabe destacar que estos resultados han sido recolectados y validados utilizando una ficha técnica aprobada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, siguiendo los lineamientos de la NTE INEN 1106 y las recomendaciones de la FAO, lo que otorga mayor confiabilidad a los datos. En este contexto, la implementación de un sistema automatizado IoT se justifica plenamente, ya que permitirá el monitoreo continuo en tiempo real, la activación automática de sistemas de oxigenación, y la prevención de eventos críticos que puedan comprometer la producción acuícola.

Tabla 1

Tabla de análisis de parámetros en tres momentos del día

Momento del Día	Oxígeno Disuelto (mg/L)		pH	Saturación O ₂ (%)	
	Cumplimiento (%)	Cumplimiento (%)		Cumplimiento (%)	Cumplimiento (%)
Mañana	5.9	98.3 %	6.2	74	100 %

Momento del Día	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Cumplimiento (%)	pH	Cumplimiento (%)	Saturación O ₂ (%)	Cumplimiento (%)
Mediodía	5.9	98.3 %	6.2	95.4 %	77	96.3 %
Tarde	5.9	98.3 %	6.2	95.4 %	74	92.5 %

Nota: Los valores de referencia se fundamentan en las normas NTE INEN 1106 y en las recomendaciones de la FAO.

Los datos indican que, aunque los niveles de oxígeno disuelto y pH están un poco por debajo de lo ideal, todavía se mantienen en un rango aceptable, superando el 95% de cumplimiento. Sin embargo, la saturación de oxígeno tiende a disminuir a lo largo del día, cayendo a un 92.5% por la tarde, lo que podría impactar la eficiencia metabólica de los peces. Estos porcentajes muestran una tendencia que, si no se aborda, podría llevar a condiciones no óptimas para la cría de trucha. Por eso, es necesario implementar un sistema IoT automatizado que ayude a mantener los niveles dentro de los rangos óptimos de forma continua y sin necesidad de intervención manual constante.

Para entender cómo ven los usuarios clave del sistema acuícola la necesidad de automatizar el monitoreo de los parámetros críticos del agua, se diseñó y aplicó una encuesta digital (ver Anexo 3). a través de Google Forms. Esta encuesta fue enviada a cinco personas que están directamente involucradas en la operación y gestión del sistema: 2 operarios, 1 administrador, 1 técnico y 1 responsable de ventas. La encuesta incluía 5 preguntas cerradas con respuestas de “Sí/No”, centradas en evaluar la experiencia previa, la percepción del riesgo, la frecuencia del monitoreo manual, la disposición para adoptar tecnologías IoT y el impacto que se espera del sistema propuesto.

Tabla 2

Resultados de la Encuesta de Validación

Pregunta	Sí (n=5)	No	% Aceptación
1. ¿Cree que el monitoreo manual es suficiente para garantizar la salud de los peces?	5	0	100 %

Pregunta	Sí (n=5)	No	% Aceptación
2. ¿Ha tenido pérdidas en la producción por fallas en la oxigenación del agua?	5	0	100 %
3. ¿Realiza mediciones de oxígeno disuelto y pH con frecuencia actualmente?	5	0	100 %
4. ¿Estaría dispuesto a implementar un sistema automatizado de notificaciones en tiempo real?	5	0	100 %
5. ¿Considera que este sistema mejoraría la eficiencia del cultivo de truchas?	5	0	100 %

Nota: Los valores de referencia se fundamentan en las normas NTE INEN 1106 y en las recomendaciones de la FAO.

Los resultados del formulario indican que el sistema propuesto ha recibido una aprobación total. Gracias a Google Forms, se pudo recopilar y organizar la información de forma rápida y precisa, lo que proporciona un sólido respaldo técnico y social para la implementación del proyecto. Esta validación refuerza la aceptación de la tecnología IoT como una solución efectiva para el monitoreo en tiempo real en el ámbito acuícola.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El presente trabajo investigativo, está enfocado en el uso de la tecnología IoT, así como el monitoreo constante del sistema de bombeo que brinda la oxigenación a los estanques de las truchas del complejo La Granja Del Abuelo.

Investigación oficial y criterios normativos para la crianza de truchas.

Según el Plan Nacional de Control de la Calidad e Inocuidad del Viceministerio de Acuicultura y Pesca (Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Ganadería, 2022), es obligatorio implementar sistemas de monitoreo continuo de los parámetros físico-químicos del agua como parte de la normativa técnica obligatoria para piscicultura. Estos estándares se alinean con los valores recomendados en manuales técnicos avalados por MAGAP y entidades internacionales. El (Ministerio de Agricultura, Acuicultura, Ganadería, 2022), los cuales fijan rangos óptimos para el cultivo de trucha: pH entre 6,1 y 9,0, oxígeno disuelto ≥ 5 mg/L (y 6–7 mg/L para alevinos), temperatura entre 7,2 °C y 17 °C para buena sobrevivencia, y niveles adecuados de caudal y profundidad (flujo $> 0,1$ m³/s, profundidad mínima ~ 30 cm) para asegurar recambio y oxigenación constante.

Datos empíricos desde el Ecuador de alta montaña

En el estudio realizado por (Crespo Daza, 2019) en la microcuenca del río Matadero del Parque Nacional El Cajas (Azuay, Ecuador), se registraron datos empíricos durante seis muestreos distribuidos en diversas estaciones entre 3 650 y 4 200 m s.n.m.: pH variando de 6,1 a 8,4 (media $\approx 7,6 \pm 0,54$), oxígeno disuelto entre 6,1 y 8,4 mg/L, temperaturas de 4,4 °C a 16,9 °C (media $\approx 11,7 \pm 3,6$ °C) y caudales de 0,1 a 3,1 m³/s

El análisis estadístico mostró que mayores temperaturas y concentraciones de oxígeno se correlacionaron positivamente con la abundancia de truchas capturadas, mientras que valores muy altos de pH y caudal tendieron a reducir su presencia. Estos rangos coinciden con los límites técnicos normativos y confirman la necesidad de mantener niveles de recambio hidráulico, oxigenación y pH dentro del rango regulado para maximizar la productividad acuícola en microclimas de altura amazónica.

Los sistemas de oxigenación que existen en la actualidad para en el complejo son muy comunes y no permiten el monitoreo en tiempo real y con respecto a las funciones no se verifica fácilmente los datos existentes por ello surge la necesidad de dotar al sistema de oxigenación

una comunicación profinet y vincular a la nube para que sea accesible todos los parámetros y se pueda verificar desde cualquier lugar donde se encuentre.

Por ello se detalla a continuación todos los conceptos que serán de utilidad en este proceso de implementación.

Pasarela IoT

También denominado Gateway, este tipo de dispositivo funciona como un enlace entre los dispositivos de frontera y la nube, permitiendo la recopilación, el procesamiento y la estandarización de datos antes de su envío. Además, facilita la conexión de dispositivos Modbus a redes Ethernet y el acceso a Internet a través de LAN o Wifi para aplicaciones de servicio remoto. Estas soluciones ofrecen diversas funcionalidades que mejoran la eficiencia en entornos de producción, incluyendo conectividad, recopilación de datos, comunicación, procesamiento en tiempo real, toma de decisiones y supervisión de procesos, contribuyendo a una mayor optimización (Macas & Ramirez, 2023).

V-BOX de Wecon

El router V-Box de Wecon está diseñado para construir un sistema de IoT industrial seguro y fiable, empleando las más recientes tecnologías de la nube para lograr la conectividad entre los dispositivos, los datos y los beneficiarios. IoT, internet de las cosas en el sector, facilita el análisis de datos en tiempo exacto, la gestión de dispositivos y la obtención de información remota por medio de un teléfono móvil o un ordenador convencional.

El dispositivo antes mencionado cuenta con una antena tipo industrial que permite la conexión mediante la red wifi, tiene la entrada de alimentación de 24 voltios de corriente continua, cuenta con puertos seriales y ethernet como son dos puertos de LAN, y un puerto WAN, esta facilita crear una VPN que permitirá la comunicación con el controlador lógico programable de la versión S7-1200 y además de ello diseñar su propia pantalla HMI virtual para la visualización de datos.

Figura 1

Gateway V-BOX



Nota: Tomado de (Wecon, 2025).

El dispositivo antes mencionado cuenta con una antena tipo industrial que permite la conexión mediante la red wifi, tiene la entrada de alimentación de 24 voltios de corriente continua, cuenta con puertos seriales y ethernet como son dos puertos de LAN, y un puerto WAN, esta facilita crear una VPN que permitirá la comunicación con el controlador lógico programable de la versión S7-1200 y además de ello diseñar su propia pantalla HMI virtual para la visualización de datos (Wecon, 2025).

Serie H

El router Serie H de Wecon es un dispositivo para uso en control remoto, SCADA web, interfaz API o monitoreo de aplicaciones. Sus principales características son:

1. Opción de módulo 4G y módulo WIFI.
2. Puertos Ethernet (estándar).
3. Admite el pasó en serie y paso a través de WVPN.
4. El máximo de puntos de monitoreo en tiempo real es 600.
5. El máximo de puntos de monitoreo de datos de alarma es 300.
6. El máximo de puntos de monitoreo de datos históricos es 100.
7. El máximo de días para guardar datos históricos es de 180 días.
8. El máximo de datos históricos guardados es de 1 millón.

Como se menciona anteriormente maneja puertos seriales para comunicación RS232, RS422, RS485, además el puerto ethernet para la comunicación Modbus, también se le puede agregar un chip de datos y realizar la comunicación a través de la red móvil como el 3Gy el 4G.

La comunicación puede ser para diferentes plantas o procesos desde un PLC, analizadores de red, variadores de velocidad o cualquier otro componente, para ello deben estar conectados todos los dispositivos al Gateway V-BOX, para posteriormente vincularlo a la plataforma V-NET.

Plataforma VNET

Esta plataforma es muy amigable para el usuario y permite construir un vínculo con diferentes aplicaciones y objetos conectados esta puede llegar a enviar y recibir mensajes dependiendo el tipo de aplicación y uso que lo diseñe el usuario puede también verifica diferentes parámetros y los cuales pueden transformarse en texto para ser enviados a sistema del cual está en ejecución (Espinoza & Orellana, 2021).

Tabla 3

Especificaciones técnicas del router de la serie H de weicon

Items	H-00	H-WF	H-4G	H-AG
Ethernet port		3		
Almacenamiento				180
Histórico		90 días		días
Monitoreo de alarmas		200		300
Monitoreo histórico		50		100
Monitoreo en tiempo/real		300	500	600
Pass-through		WVPN/Serial		
Interfaz API		Si		
WIFI/4G	No/No	Si/No	No/si	No/Si
				Global
Puertos COM		4 en 3		
E/S		2 entradas / 2salidas a rele		
Alimentación		24 Vdc		

Nota: Tomado de (Wecon, 2025).

Plataforma V-NET

La red virtual de Azure (V-NET) facilita la comunicación segura entre diversos recursos de Azure, como las máquinas virtuales (VM), permitiendo la interacción entre ellos y el Internet y las redes locales. Además, proporciona una conexión optimizada a los recursos de Azure mediante la infraestructura troncal de la nube. Los recursos pueden desplegarse directamente dentro de la plataforma V-NET o vincularse a ella mediante puntos de conexión privados o de servicio (Data-integration, 2025).

Permite agregar, configurar y desarrollar la pantalla HMI virtual para visualizar el accionamiento de distintos dispositivos como también los parámetros de funcionamiento de todo el sistema de bombeo que permite la oxigenación de los estanques de las truchas del complejo obteniendo los datos del pH entre 6,5 y 8,0 (ideal ~7,0) y una concentración mínima de oxígeno disuelto de 6 mg/L, siendo óptimos 7-8 mg/L en alevinos y adultos Según la normativa técnica del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (basada en estándares nacionales como la TULSMA).

Facilita crear alarmas e historial de forma remota de distintos procesos industriales determinando ser un sistema IoT confiable en su monitorización.

Figura 2

Plataforma V-NET



Nota: Obtenido de (V-NET, 2025).

V-NET Client

Es un software que permite descargar desde un sitio web y crear una cuenta con su respectivo correo, usuario y la contraseña, se instalará en una PC que sea destinada para el control y monitoreo.

Dentro de las opciones que tenemos en este hardware se puede mencionar lo siguiente:

Data monitor es aquí donde permite agregar los dispositivos y monitorear en tiempo real, así como también las entradas digitales y el estado en el que se encuentran (ON/OFF).

Pestaña de alarmas aquí se puede crear y registrar los acontecimientos ocurridos durante la operación de la planta, cada una de ellas con su hora y fecha.

Dentro del historial se puede seleccionar el grupo que desee saber o tomar datos de un determinado dispositivo, y exportar los datos a una hoja de cálculo.

Adicionalmente se tiene un cloud SCADA en la nube donde permite diseñar una pantalla HMI virtual de forma que el usuario pueda familiarizarse fácilmente.

Profinet

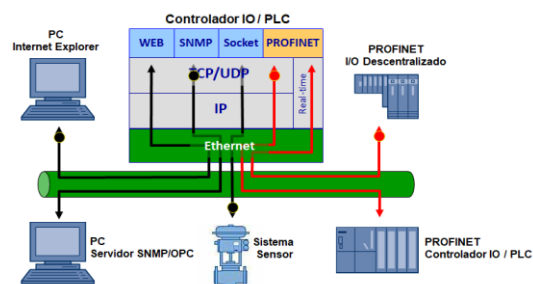
Profinet es una red estándar de ethernet abierto la misma que tiene una especificación IEC 61158 la misma que se emplea dentro de la automatización industrial, está basado en el protocolo Ethernet CDP, TCP, e IP.

Profinet entradas y salidas. – Es aquella donde se integra dispositivos simples de campo distribuido y aplicaciones críticas.

Profinet CBA. - Se trata de una automatización distribuida.

Figura 3

Estación profinet



Nota: Tomado de (Naranjo, 2020).

Profinet contiene tres dispositivos dentro del desarrollo de cualquier proceso entre ellos se menciona a los dispositivos, sensores, supervisores.

Los controladores son los encargados del intercambio de datos con los dispositivos que se ha programado en la automatización.

Los dispositivos son aquellos que se encuentran conectados al controlador mediante Ethernet en este caso se menciona a los sensores y actuadores.

Los supervisores son los HMI o algún controlador lógico programable donde puedan leer y escribir datos de diagnóstico para finalmente esta información pueda ser revisada por el usuario.

Controlador Plc Simatic s7-1200

SIMATIC S7-1200 permitirá una regulación y control precisos para el proceso del agua potable. El controlador de temperatura integrado en SIMATIC S7-1200 permite medir y controlar con precisión los valores de nivel de agua y y la apertura de la oxigenación a través de los sensores Supmea.

Figura 4

Plc Simatic s7-1200.



Nota: Tomado de (Siemens, 2024).

Tabla 4

Especificaciones del PLC Simatic s7-1200

Parámetro	Valor
Tipo de CPU	Compacta 1212C DC/DC/RELÉS
Interfaz	Ethernet RJ45
Comunicación	Puerto PROFINET
Entradas y salidas digitales	8 entradas digitales 24 VDC y 6 Salidas digitales tipo relé
Entradas analógicas	2 entradas analógicas 0 – 10 V
Alimentación	Entrada AC 120/230 Salida 20,4-28,8 V DC
Guardado de datos	75 KB
Resolución	10 bits

Nota: Tomado de (Siemens, 2024).

Simatic HMI KTP400

Proporcionan el máximo nivel de transparencia entre humanos y máquinas. Está disponible una amplia gama de dispositivos para controlar y visualizar funciones de funcionamiento de una máquina, cubriendo casi todas las categorías: desde teclados y paneles de control básicos hasta paneles de confort y paneles de control móviles de esta manera nos permitirá visualizar todo el proceso.

Figura 5

Simatic HMI KTP400



Nota: Tomado de (Siemens, 2024).

Bomba sumergible 1 Hp

Para nuestro proyecto se ha usado este elemento el cual se encarga de aumentar la fuerza o el par a velocidades del agua y aumentando la fuerza y la presión para posteriormente realizar el bombeo del agua permitiendo oxigenar cada uno de los estanques de las truchas.

Figura 6

Bomba sumergible 1Hp



Nota: Autoría Propia.

Sensor de nivel ultrasónico

El transmisor de nivel ultrasónico de la serie SUP-MP proporciona un indicador de nivel, transmisión de datos e interacción hombre-máquina. Fuerte característica anti interferencia, para el ajuste libremente los niveles altos y niveles bajos, el ajuste de capacidad en línea, y ubicación en el sitio. Figura 7.

Figura 7

Sensor de nivel ultrasónico de la marca Supmea



Nota: Obtenido de (Supmea, 2024).

Por otro lado, las características técnicas del módulo se detallan a continuación.

Tabla 5

Especificaciones técnicas del sensor ultrasónico

Parámetro	Valor
Rango de medición	0 ~ 30 m
Punto muerto	< 0.4-1.8m
Condición	0.3% F.S
Voltaje de entrada	12-24 V CC

Nota: Obtenido de (Supmea, 2024).

Medidor de ORP de pH y Oxígeno SUP-PH 6.0

El analizador de PH y oxígeno en línea SUP-PH 6.0 es un dispositivo que se emplea para registrar/monitorear el PH, O₂ Y el ORP en distintas temperaturas. Las funciones pueden ser modificadas en el propio dispositivo. En nuestro caso en el proyecto se utilizará para la detención de PH y el nivel de oxigenación de los estanques de truchas del complejo de La Granja del Abuelo.

Figura 8

Medidor de ORP de pH y Oxígeno SUP-PH 6.0



Nota: Obtenido de (Supmea, 2024).

Por otro lado, las características técnicas del módulo se detallan a continuación.

Tabla 6

Especificaciones técnicas del medidor de ORP de PH sup-ph 6.0

Parámetro	Valor
Rango de medición	pH: 0-14 pH, $\pm 0.02\text{pH}$; ORP: -1000 ~ 1000 mV, $\pm 1 \text{ Mv}$
Resistencia de umbral	. $\geq 10 \sim 12\Omega$
Salida	4-20 mA, RS485, Modbus-RTU, relé
Voltaje de alimentación	110 V $\pm 10\%$, 50 Hz / 60 Hz

Nota: Obtenido de (Supmea, 2024).

2.2 Descripción de la propuesta

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de bombeo inteligente basado en tecnologías IoT, destinado al control y monitoreo remoto de los parámetros esenciales del sistema de oxigenación en los estanques de truchas del complejo Granja del Abuelo, situado en la parroquia San Andrés, provincia de Tungurahua.

La solución tecnológica incorpora un Controlador Lógico Programable (PLC S7-1200), sensores analógicos de nivel, pH y oxígeno disuelto de la marca Supmea, junto con un entorno de visualización habilitado mediante una pantalla HMI Simatic. Estos dispositivos permiten la recopilación continua de datos del ecosistema acuícola, que son enviados al Gateway V-Box serie H. Este equipo funciona como un puente de comunicación, encargándose de reunir las variables captadas por el PLC y transmitir las a la nube a través de la plataforma V-NET, donde se procesan y visualizan en tiempo real.

Con esta arquitectura, el sistema ofrece a los operadores y técnicos la posibilidad de acceder remotamente desde cualquier ubicación con conexión a internet a la información sobre el estado de los estanques. Con esto, se agiliza y optimiza la toma de decisiones, se automatiza el manejo de las bombas de agua y se asegura que las truchas tengan el entorno perfecto. Usar esta solución es un gran paso adelante para operar de forma eficiente, impulsar un cultivo sostenible y lograr un producto de la mejor calidad.

a. Estructura general

Aquí se detalla la gestión y el seguimiento del sistema de oxigenación en los criaderos de truchas, junto con la creación e instauración de la comunicación con una interfaz hombre-máquina virtual, que facilita su control continuo desde donde sea. Esto tiene como finalidad conocer en tiempo real los acontecimientos que ocurren durante el funcionamiento del sistema y asegurar condiciones óptimas para el cultivo de truchas.

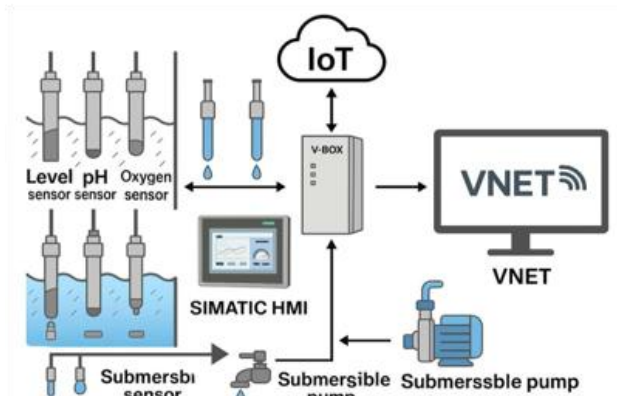
Esto es posible gracias a la implementación de dispositivos que se comunican dentro del proceso, como sensores de nivel, pH y oxígeno disuelto, conectados a un PLC que recopila la información. Se transmite a un espacio en línea a través de un Enlace, permitiendo al técnico examinar la información y llevar a cabo diversas acciones, tal como encender o apagar bombas que se sumergen, dependiendo de lo que requiera el método de cultivo acuático.

Diagrama de funcional

En la figura 9, indica el diagrama funcional del sistema de control y monitoreo.

Figura 9

Diagrama funcional del sistema



Nota: Autoría Propia.

Diagrama de flujo

En la figura 10, indica el diagrama de flujo del sistema de control y monitoreo.

Figura 10

Diagrama de flujo del sistema

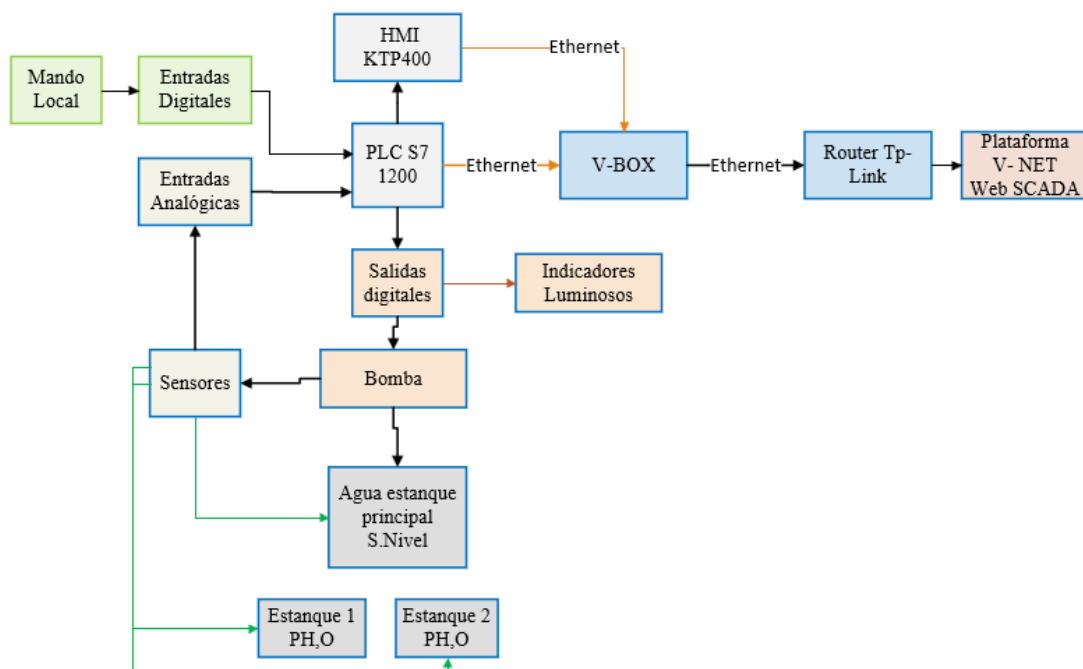
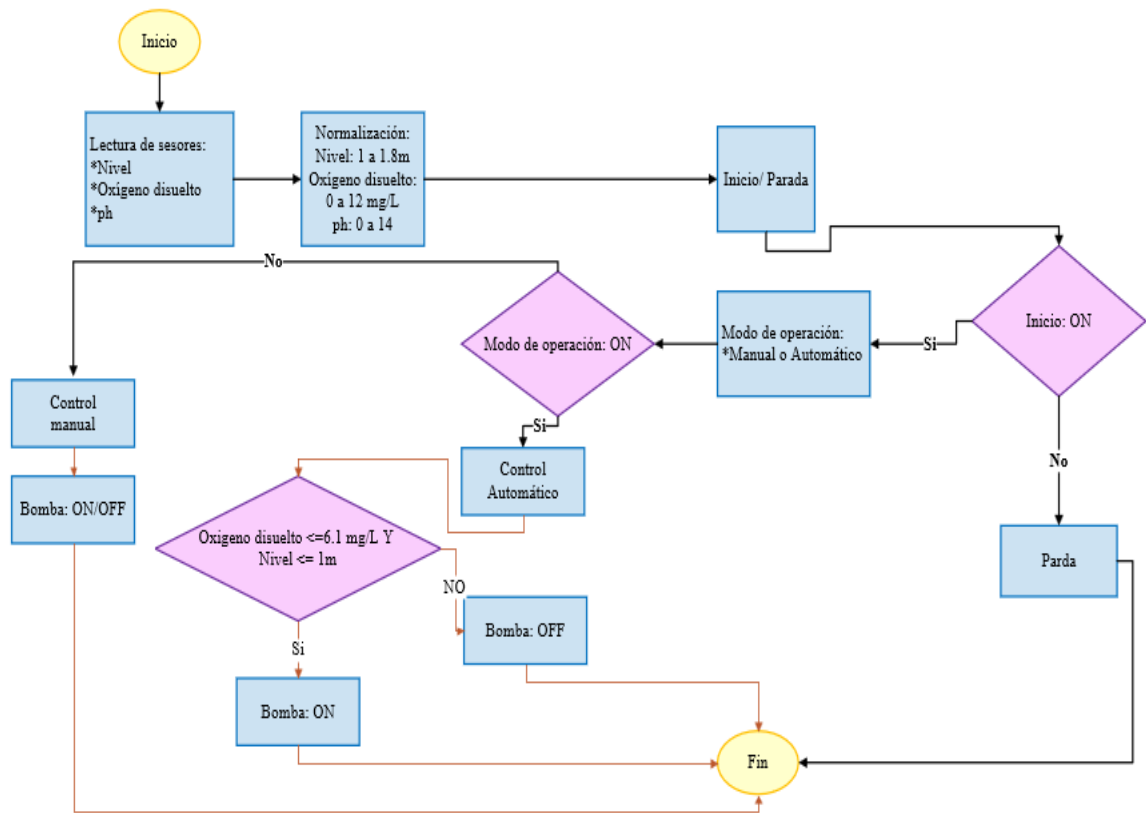


Figura 11

Diagrama de flujo de las condiciones de funcionamiento del sistema



En la figura 11, indica el diagrama de flujo sobre las condiciones de funcionamiento del sistema a través del controlador lógico programable S71200 de la marca SIEMENS.

b. Explicación del aporte

La estructura que planteamos busca que haya una conexión seguida entre la persona que maneja el sistema y el medio donde se cultivan especies acuáticas. Para ello, se emplean pantallas, sensores y mandos que funcionan solos. Esta capacidad de interactuar es vital porque hace posible que se actúe rápido y se tomen decisiones con buena base cuando las cosas cambian. Aparte, anima a que se aprenda haciendo y en el contexto real, metiendo a los técnicos en el estudio y manejo de información verdadera. Así, entienden mejor cómo va el cultivo y las nuevas tecnologías que van saliendo.

Cada elemento de esta propuesta cumple una función específica, respaldando el aprendizaje que abarca lo técnico y lo práctico. El autómata S7-1200 simplifica la programación y la automatización de tareas, contribuyendo a perfeccionar la destreza en la lógica de control. Los sensores de nivel, pH y oxígeno disuelto recaban información fidedigna, haciendo más sencillo

el control del entorno. La pantalla HMI Simatic funciona como una interfaz para que el usuario vea las variables en el sitio, en tanto que el Gateway V-Box serie H juega un rol clave al enlazar el sistema con la plataforma V-NET, dando vía libre al acceso remoto a los datos. Esta estructura muestra cómo se integran varias tecnologías para encarar problemas reales dentro del campo de la automatización y el internet de las cosas.

Para tantear cómo se ha puesto en marcha el sistema y si se pilla bien su onda, planteamos unas pruebas que incluyen: recrear fallos a posta para ver cómo reacciona el personal, estudiar datos de antes para atinar al decidir, y chequear que el sistema rule fino en plan laboratorio. Con estas movidas, podemos ver si dominan la parte técnica y si se espabilan resolviendo problemas y pensando con chispa.

Para concluir, las labores pensadas para generar entendimiento abarcan la programación del autómatas siguiendo las necesidades particulares de la pileta, la puesta a punto y el montaje de los dispositivos de medición, el ajuste del enlace para el traspaso de la información y la creación de reportes de seguimiento. Cada una de estas labores se centra en potenciar tanto capacidades manuales como intelectuales, volcando saberes teóricos en contextos auténticos. Esto garantiza un aprendizaje valioso, basado en la vivencia palpable con herramientas industriales de vanguardia.

c. Estrategias y/o técnicas

Para levantar el sistema de bombeo inteligente, junto con su espacio de vigilancia, echamos mano de unas tácticas metódicas que tienen su base en el aprendizaje dinámico y en proyectos reales. Esta manera de hacer las cosas consiguió que los que participaron se metieran de lleno en el meollo del diseño, desarrollo y puesta en marcha del sistema. Esto, a su vez, reforzó sus destrezas prácticas gracias a la resolución de movidas que surgieron en el mundo real. Se le dio cancha al curro en equipo, a pensar las cosas con ojo crítico y a tomar decisiones bien pensadas. Todo esto contribuyó a pillar mejor cómo rulea el sistema y los fundamentos de la automatización, la sonorización y el IoT aplicados al rollo de la acuicultura.

Para el apartado de tecnología, se implementaron equipos y recursos industriales pensados para ser confiables, exactos y adaptables al crecimiento. Se optó por el autómatas Siemens S7-1200, dada su flexibilidad y su buen entendimiento con diversos métodos de comunicación. Los sensores Supmea para medir nivel, pH y oxígeno disuelto fueron los elegidos por su exactitud y porque se acoplan bien con el autómatas. La pantalla HMI Simatic KTP400, por su lado, da la oportunidad de interactuar de forma directa con el sistema en el sitio, mientras que el Gateway V-Box serie H, junto con la plataforma V-NET en la nube, ayuda a supervisar todo a distancia.

Estas herramientas fueron cruciales no solo para armar el sistema, sino que también generaron un espacio perfecto para aprender sobre las últimas tecnologías en automatización e IoT, dejando que los participantes se empapen con equipos que se ven en contextos industriales reales.

2.3 Validación de la propuesta

El siguiente trabajo de titulación está validado por los profesionales en el área de automatización con amplia experiencia técnica, quienes certifican el funcionamiento del sistema

Tabla 7

Descripción de perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Carlos Ramiro Corrales Tapia Álvaro Santiago Mullo Quevedo	10	Magister en Electricidad mención en Sistemas Eléctricos de Potencia	Coordinador de la carrera de electricidad del instituto superior Tungurahua.
Edison David Mañay Chochos Álvaro Santiago Mullo Quevedo	7	Magister en electrónica y automatización	Consultor de proyectos mecatrónicos e investigación independiente
Álvaro Santiago Mullo Quevedo	10	Ingeniero Electromecánico – Magister en Gestión de Energías	Docente Investigador del Instituto Universitario Rumiñahui

Tabla 8 *Criterios de valuación*

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Tabla 9*Escala de evaluación*

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

Es aquí donde se describen los elementos y equipos utilizados para el proyecto, así como también la metodología y los conceptos de cada elemento usado para la operatividad del sistema.

Tabla 10

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1 Descripción: de los accesorios de control electrónico y la programación, de relación, variables de entrada a vigilar, variables de salida a detectar, etc.	1.1. Tablas de los equipos usados. 1.2. Comprobación mediante funcionalidades y condiciones descritas en el programa.	Internet de las Cosas Comunicaciones con elementos instalados en el sitio y en el entorno virtual.	Herramientas manuales. Computador personal. Gateway de la marca Wecon. PLC S7-1200 de la marca Siemens.
2 Diseño: Del HMI en la nube para el control, programación, cálculos, simulaciones, etc.	2.1. Gateway de la marca Wecon de la serie H. 2.2. Circuito de control electrónico. 2.3. PLC S7-1200 de Siemens.	Programación del PLC. Software Tía Portal para el diseño del circuito. Configuración del sensor ultrasónico.	Atornillador inalámbrico. Pantalla HMI. Selector.
3 Implementación: Cableado, montaje de elementos, sistemas de control, comunicación con aplicaciones IoT, programación.	3.2. Gateway receptores de comunicaciones. 3.3. Aplicaciones de programación 3.4 Funcionamiento de los actuadores. 3.5. Conexiones eléctricas de control o comunicaciones.	Conexiones estructuradas. Instalaciones eléctricas industriales. Sistemas de control. Desarrollo de representación de la pantalla HMI. Protocolos de comunicación.	Taladro, sierra circular, destornilladores, pinzas terminales para diferentes calibres de cables, multímetro, pinza amperimétrica.

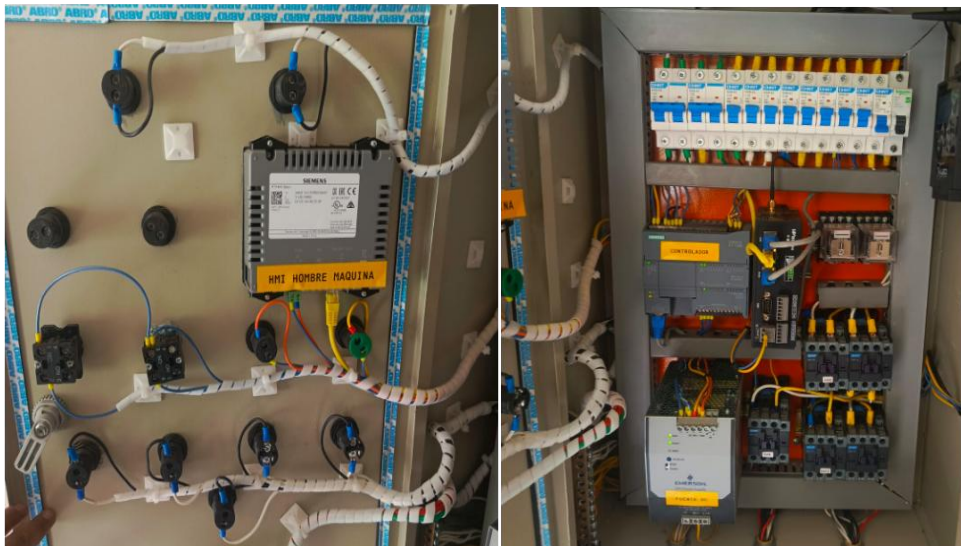
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Este proyecto tiene como objetivo verificar cómo funcionan los equipos, lo que nos ayuda a anticipar posibles fallas en el proceso. También permite monitorear el nivel de llenado del estanque principal y la información que proporcionan los dispositivos instalados. Todos estos datos se envían a la nube, lo que permite al usuario realizar un seguimiento desde cualquier dispositivo.

Además, se lleva a cabo el montaje de los componentes, como el PLC S71200 Conjuntamente con la pantalla HMI KTP400 de la marca SIEMENS, además el Gateway V-BOX, en el tablero principal, donde se conecta el dispositivo a una fuente de alimentación de 24 voltios.

Figura 12

Montaje del PLC S71200 HMI KTP 400 y el Gateway V-BOX



Se procede a instalar y a cargar el código en el controlador lógico programable conjuntamente con la pantalla HMI KTP 400 Y a realizar las conexiones Ethernet con el cable UTP categoría 6 E hacia el Gateway V-BOX y hacia la pantalla HMI.

Figura 13

Cableado ethernet



Figura 14

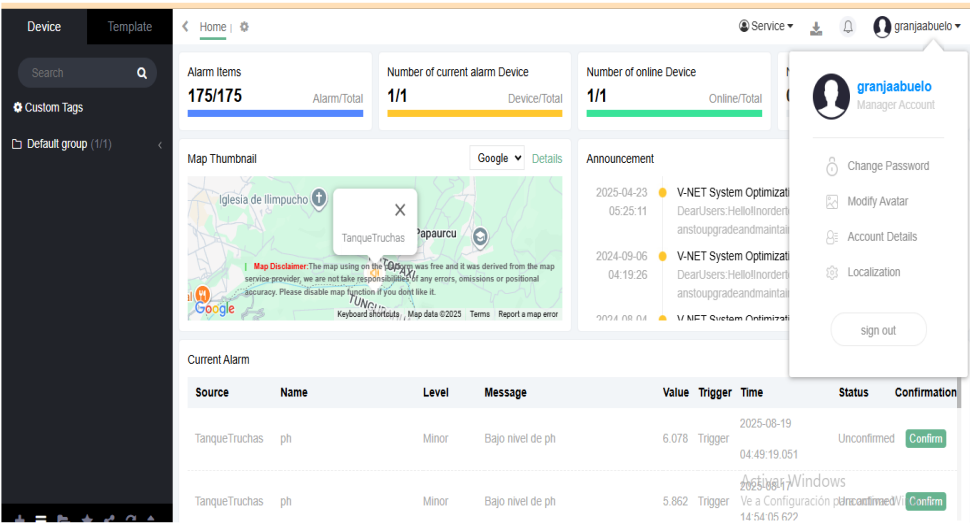
Ejecución del código en la pantalla HMI KTP 400



Una vez concluida la instalación se procede a descargar el software V-BOX, y se procede a instalar en la PC, y al abrir se debe crear una cuenta y registrar los datos con el usuario y la contraseña.

Figura 15

Ingreso a la plataforma V-NET client



Se extrae las IP de los dispositivos los cuales se detalla a continuación.

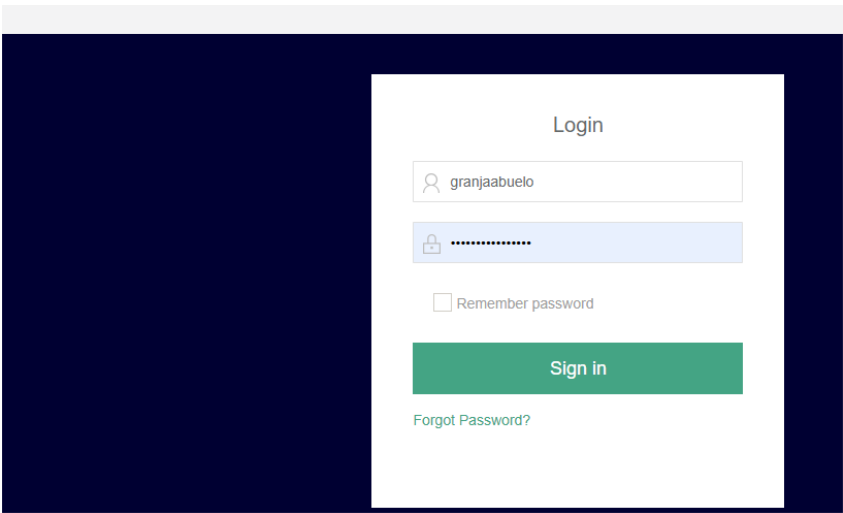
P V-BOX: 192.168.1.52

IP HMI: 192.168.1.51

IP PLC: 192.168.1.50

Figura 16

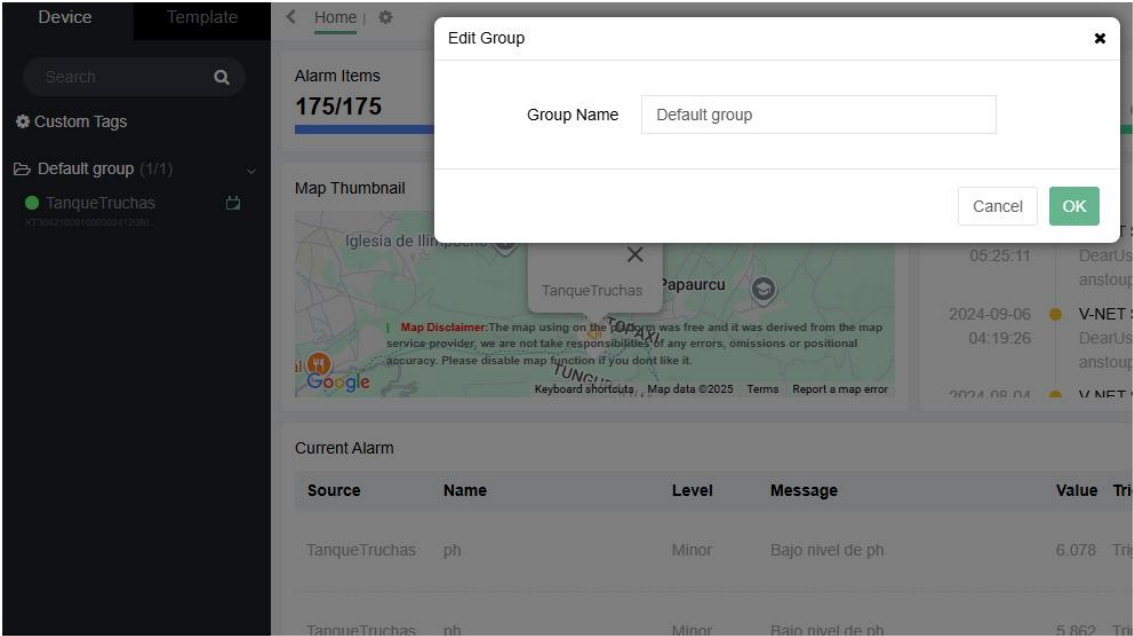
Presentación de la plataforma V.net client



Se crea un grupo de trabajo en la cual lo nombraremos como tanque de truchas y agregamos el dispositivo tanque.

Figura 17

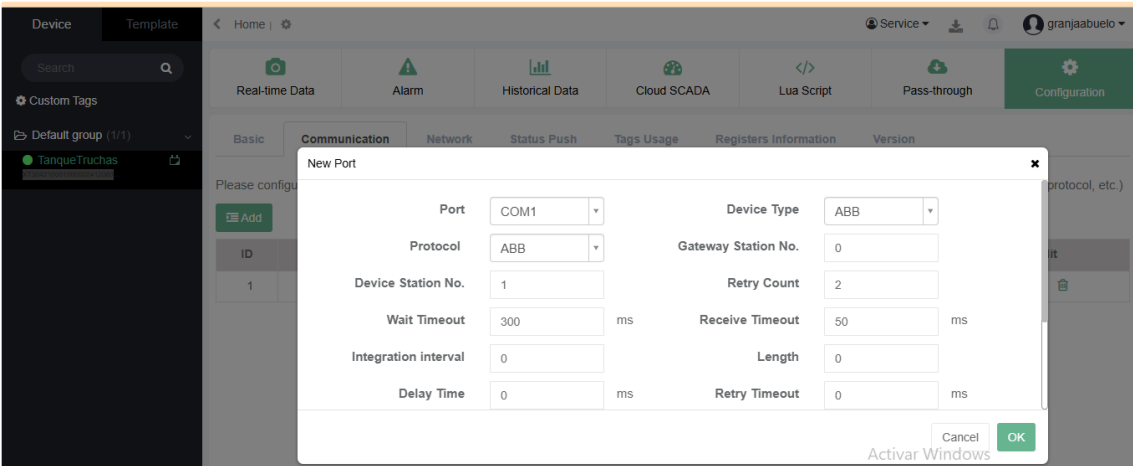
Se crea un grupo de trabajo



Aquí se agrega cada dispositivo para ello se debe conocer la dirección IP, de configuración del mismo agregó un PLC S7-1200: IP: 192.168.1.50.

Figura 18

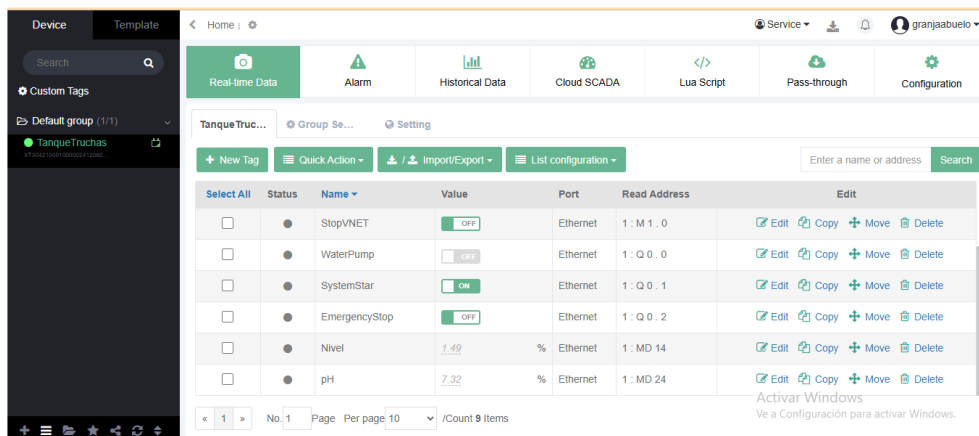
Se agrega cada dispositivo para el proyecto



Se agregaron los TAGS, para leer y escribir las variables. Tomando en cuenta las direcciones con las que está configurada cada una y se verifica en la plataforma el respectivo reconocimiento y permita la lectura y escritura durante el proceso de oxigenación de los estanques de las truchas.

Figura 19

Se extrae las variables a la plataforma

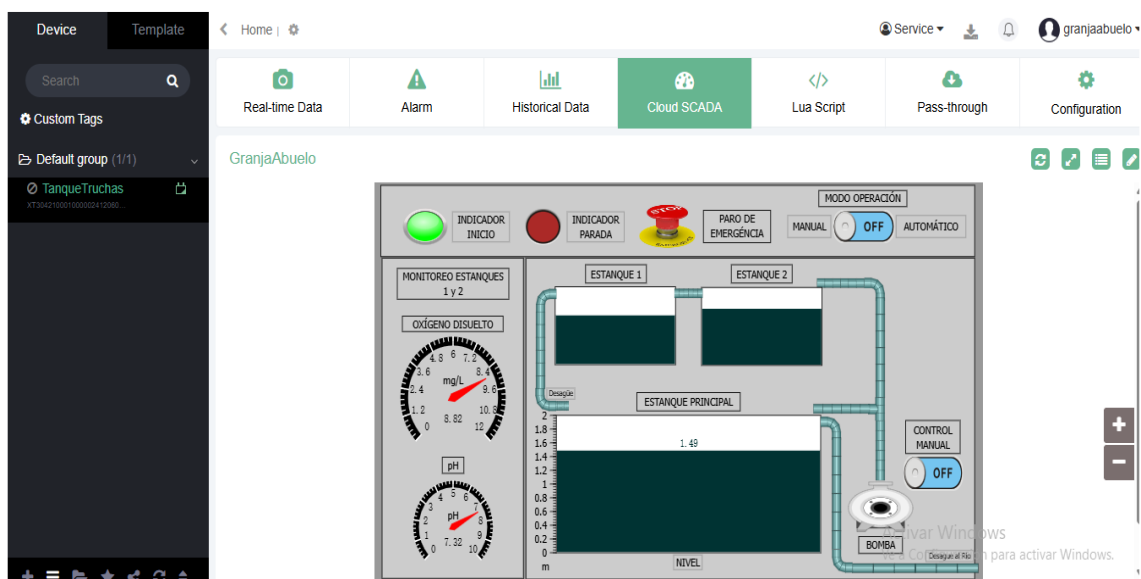


Select All	Status	Name	Value	Port	Read Address	Edit
☐	●	StopVNET	OFF	Ethernet	1 : M 1 . 0	Edit Copy Move Delete
☐	●	WaterPump	OFF	Ethernet	1 : Q 0 . 0	Edit Copy Move Delete
☐	●	SystemStar	ON	Ethernet	1 : Q 0 . 1	Edit Copy Move Delete
☐	●	EmergencyStop	OFF	Ethernet	1 : Q 0 . 2	Edit Copy Move Delete
☐	●	Nivel	1.49	%	Ethernet 1 : MD 14	Edit Copy Move Delete
☐	●	pH	7.32	%	Ethernet 1 : MD 24	Edit Copy Move Delete

Una vez que se tiene la comunicación con todos los dispositivos se procede a crear el HMI virtual para el monitoreo remoto, esto lo realizamos en la opción cloud SCADA de la misma plataforma.

Figura 20

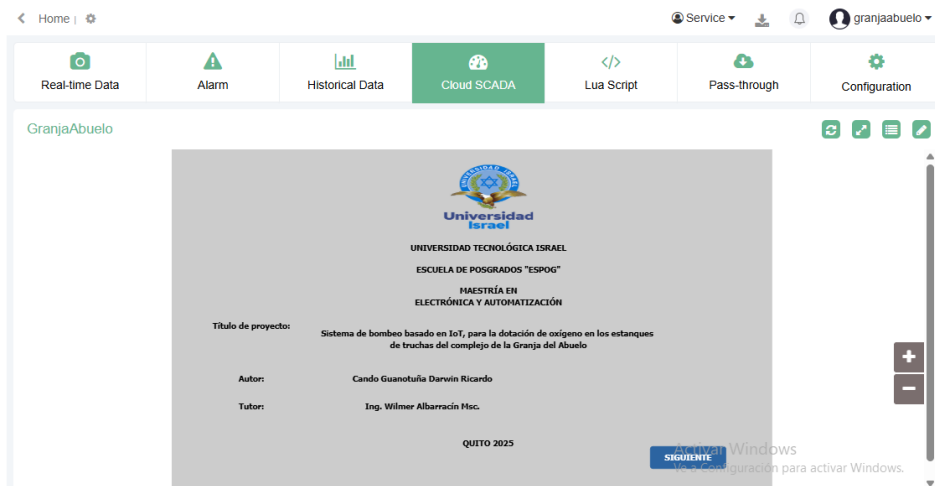
Plantilla del diseño del HMI



En el espacio de trabajo presentado en la figura 19 anteriormente se agrega indicadores de inicio parada del sistema, switch para el control ya sea manual o automático, botón de paro de emergencia, indicador de nivel del estanque principal y los dos estanques pequeños de las truchas, etc estos se encuentran en la opción Web Cloud Config.

Figura 21

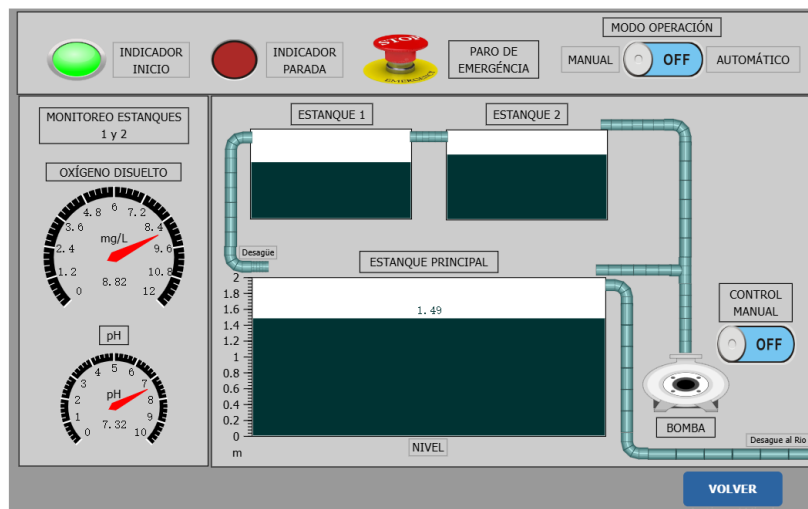
Desarrollo de la pantalla HMI



Una vez terminado el diseño se procede a guardar los cambios realizados para posteriormente ejecutar las pruebas de funcionamiento, y la visualizar los datos en la pantalla virtual.

Figura 22

HMI virtual en la plataforma V-NET



Análisis de resultados

Los resultados figurados tras la implementación del sistema automatizado en el medio acuícola quedaron definidos mediante mediciones de las variables físicas (pH, oxígeno disuelto, nivel de agua), mediante pruebas funcionales del sistema, además de las evaluaciones del desempeño técnico de los operadores. La Tabla 10 expone los resultados de las mediciones medias tomadas por los sensores dentro de los rangos esperados (pH 7.4, oxígeno disuelto 6.1 a 9 mg/L, nivel de agua 1m a 1,80 m) y con unos márgenes de error superiores al 3%. En las simulaciones de fallos del sistema una vez entrenados en el sistema, los operadores también mostraron una mejora media en el tiempo de respuesta, el cual pasó de un umbral medio de 23.5 segundos a 18.0 segundos. Este aspecto se aprecia en la Tabla 11, donde se observa el incremento en las competencias técnicas antes y después de la intervención, donde se destacan las mejoras en la programación de PLC, interpretación de datos y la resolución de problemas. La conectividad remota a través del Gateway V-Box y la plataforma V-NET se mantuvo sin interrupciones (99.1% de disponibilidad), confirmando la factibilidad de la solución en el contexto de un escenario de monitoreo.

Tabla 11

Mediciones de parámetros físico-químicos durante el período de monitoreo

Fecha y hora	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Nivel de agua (m)
2025-08-04 00:00:00	6.61	7.4	1.52
2025-08-04 06:00:00	7.21	7.1	1.47
2025-08-04 12:00:00	7.89	7.8	1.60
2025-08-04 18:00:00	7.54	7.5	1.74
2025-08-05 00:00:00	6.73	6.9	1.65
2025-08-06 06:00:00	6.09	6.5	1.44
2025-08-07 12:00:00	5.91	6.7	1.35
2025-08-07 18:00:00	6.22	7.0	1.78
2025-08-08 00:00:00	6.51	7.2	1.69
2025-08-08 06:00:00	7.10	7.3	1.55

Al revisar los datos, notamos ocasiones donde el pH y el oxígeno disuelto bajaron de 6.1, un punto preocupante para la vida acuática. Enseguida, el sistema automático encendió una bomba para inyectar oxígeno al agua y recuperar los niveles correctos. Esta solución se puso en marcha sin demora, gracias a la vigilancia constante y a las instrucciones metidas en el PLC. Los informes

confirman que el sistema funciona bien para evitar problemas, manteniendo estables los parámetros del agua y cuidando el cultivo.

Figura 23

Mediciones de parámetros físico-químicos durante el período de monitoreo

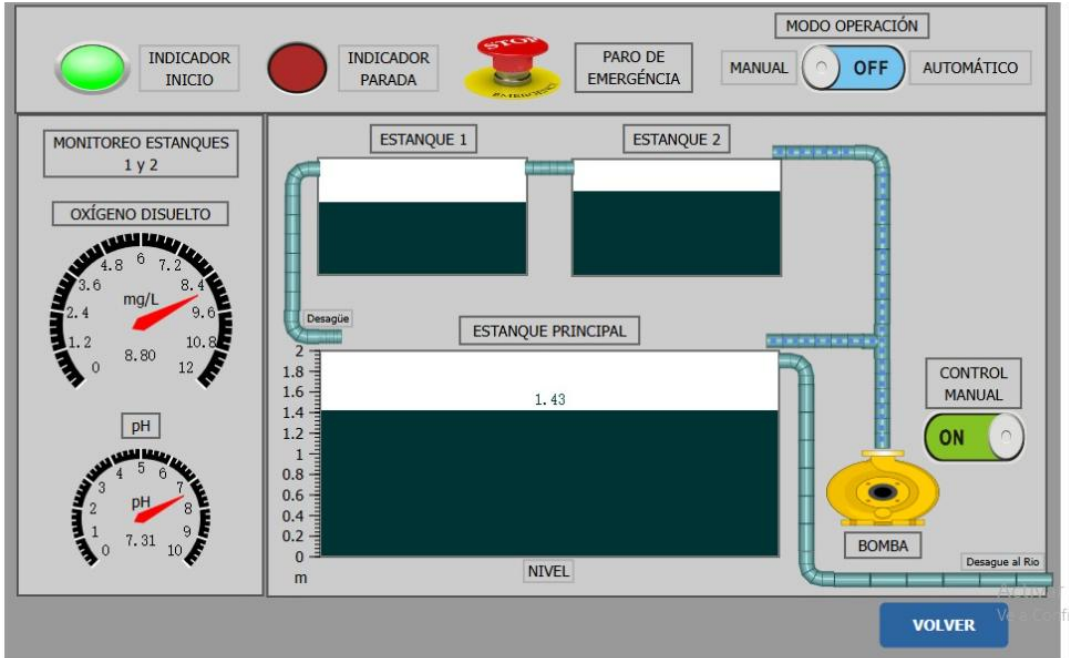


Tabla 12

Lecturas promedio de sensores y rendimiento del operador

Parámetro	Valor Promedio	Rango Esperado	Desviación Estándar	Error (%)
pH	7.4	6.5 – 8.5	0.25	2.1%
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.8	5.0 – 8.0	0.35	1.8%
Nivel de agua (cm)	1.50	1– 1.80	1.1	1.9%
Tiempo de respuesta inicial (s)	23.5	—	2.4	—
Tiempo de respuesta final (s)	18.0	—	1.8	—

Parámetro	Valor Promedio	Rango Esperado	Desviación Estándar	Error (%)
Disponibilidad del sistema (%)	99.1	≥ 98.0	—	—

Tabla 13

Evolución de competencias técnicas del operador

Competencia	Antes del sistema	Después del sistema
Interpretación de datos	5.5	8.5
Manejo del HMI	4.0	8.0
Programación del PLC	3.5	7.5
Resolución de fallos	4.5	8.2

Los datos recopilados muestran que el sistema es bastante bueno para vigilar al instante y regular por sí solo los elementos esenciales del entorno de cultivo acuático. El modo en que se comportan estos elementos coincide con lo que se ha visto en investigaciones previas de él (Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Ganadería, 2022), donde se subraya lo crucial que es tener más de 6.1 mg/L de oxígeno disuelto para que los seres que viven en el agua no sufran. Al usar un modelo que se basa en la lógica de control con un PLC, se pudo reaccionar con rapidez ante las pruebas de error, lo que confirmó que funciona bien tanto en situaciones comunes como cuando las cosas se ponen difíciles.

Si consideramos la teoría, los hallazgos refuerzan las ideas del constructivismo aplicado al aprendizaje, pues los técnicos participantes mostraron una notable mejora en sus habilidades al interactuar directamente con el sistema. Adicionalmente, se hace patente la utilidad de incorporar tecnología en programas de capacitación técnica, tal como sugiere el (Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Ganadería, 2022), de la dentro de las corrientes del aprendizaje experiencial y el conectivismo.

Ahora bien, no todo fue perfecto y encontramos ciertos puntos débiles. Para poner un ejemplo, la fuerza de la señal al enviar datos en zonas de poca cobertura a veces interrumpía la

vigilancia a distancia. También vimos que vendría bien dar más formación sobre cómo entender bien las alertas que saltaban en el sistema. De cara al futuro, pensamos en añadir partes de inteligencia artificial que nos ayuden a predecir cómo van a cambiar las cosas, y también crear una app para móviles que facilite a los técnicos acceder a los datos cuando estén trabajando fuera.

CONCLUSIONES

Se logró contextualizar los fundamentos teóricos y técnicos que permiten comprender cómo funcionan los sistemas de bombeo y las tecnologías IoT en acuicultura. Gracias a la revisión de literatura y el análisis de casos práctico se pudieron encontrar herramientas y estrategias innovadoras para el monitoreo y control de parámetros críticos como oxígeno disuelto, pH y nivel de agua. Se concluyó que la introducción de sensores inteligentes, controladores programables (PLC), interfaces HMI y plataformas remotas permite optimizar el proceso productivo mediante la automatización de tareas que anteriormente requerían la intervención manual de manera constante. Este conocimiento fue fundamental para determinar las tecnologías que se adaptarían al entorno específico de la Granja del Abuelo y para establecer los cimientos del diseño del sistema inteligente de bombeo y se validó que la aplicación de IoT en sistemas acuícolas es una solución moderna, adaptativa, que permite mejorar la toma de decisiones y la eficiencia de las operaciones.

El diagnóstico técnico de los estanques en la Granja del Abuelo permitió determinar mediante fichas técnicas, mediciones en campo y observaciones directas algunas insuficiencias en la gestión de la calidad del agua, pero sobre todo en los niveles de oxígeno disuelto y en el pH. Además, en este diagnóstico se consideró también llevar a cabo una encuesta interna al personal operativo, cuyo objetivo fue conocer cómo era percibido por cada operario el estado actual del sistema y el uso de las tecnologías para la resolución del problema. Los resultados de esta encuesta fueron reveladores porque indicaron la necesidad de mejorar la monitorización y llevar a cabo una automatización en la oxigenación. Esta información fue necesaria para validar el problema, justificar técnicamente la propia intervención y conseguir el cambio de compromiso necesario para llevarla a cabo. Por lo tanto, el diagnóstico participativo y técnico, si bien consiste fundamentalmente en conocer cuál es el real estado del sistema, también implica en cambio, implicar al usuario en la búsqueda de soluciones sostenibles e innovadoras.

Se desarrolló e hizo funcional un sistema automatizado de bombeo inteligente; dicho sistema fue implantado en el área donde se dan las condiciones óptimas para la oxigenación en los estanques de la Granja del Abuelo para truchas. Este sistema cumple con los estándares establecidos por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) en cuanto a la calidad del agua en acuicultura. Utiliza sensores SUPMEA para monitorear el oxígeno disuelto, el pH y el nivel de agua, que envían datos a un Controlador Lógico Programable Siemens S7-1200. Este controlador se conecta a una HMI KTP400 para el control local y a un módulo V.BOX que se enlaza mediante el protocolo ethernet a través de la plataforma V.NET para el monitoreo y

gestión remota. La lógica del sistema está programada para activar el bombeo automáticamente cuando el nivel del agua se encuentre entre 1,00 y 1,80 metros, el pH esté entre 6,1 y 9, y los niveles de oxígeno sean menores al rango recomendado se activará el sistema de oxigenación. Esto garantiza que se reaccione rápidamente ante condiciones poco óptimas, se optimice la oxigenación, se minimice el estrés en los peces y se favorezca el establecimiento de un medio ambiente adecuado, eficiente y que cumpla con la normativa técnica que regula el desarrollo del conocimiento actual.

La evaluación del sistema inteligente de bombeo significó una mejora significativa en la calidad del agua, la salud de los peces, el ahorro energético y la gestión operacional. Tras la implementación de este sistema, el oxígeno disuelto, el pH y la altura del agua se mantuvieron en el interior de las condiciones fijadas por las recomendaciones del MGAP. Este ministerio establece que el pH debe situarse entre 6,1 y 9; la altura del nivel del agua entre 1,00 y 1,80 metros; y el oxígeno en sus concentraciones adecuadas entre 6,1 y 9 mg/L para permitir el bienestar de las truchas. El sistema se programó para activarse automáticamente si alguna de las condiciones se situaba por debajo de sus condiciones mínimas normativas, lo que garantiza una respuesta rápida frente a situaciones críticas. Esta lógica de funcionamiento ayudó a reducir la mortalidad de las truchas, aumentar el rendimiento del cultivo, y hacer un uso más eficiente de la energía. La validación mediante encuestas constató la buena aceptación del sistema por parte del personal operativo elogiando su funcionalidad, capacidad de ahorro, y la facilidad de monitorización en la distancia.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que el personal continúe recibiendo formación técnica en el uso y mantenimiento de tecnologías IoT aplicadas a la acuicultura, especialmente en la utilización de sensores, controladores lógicos programables (PLC) y plataformas para monitorización remota, asegurando así que el conocimiento desarrollado en el transcurso del proyecto sea actual, y que en el futuro el sistema pueda ser operado, modificado y ampliado de manera adecuada.

Se propone la creación de un plan de seguimiento regular que incluya el seguimiento de registros de los parámetros del agua, el oxígeno disuelto, el pH y los niveles, así como seguir las condiciones del entorno, aun habiéndose automatizado el proceso; con ello se conseguiría poder actuar ante las desviaciones significativas, adoptar decisiones de mejor timing en la gestión y obtener algunos datos históricos que apoyen la efectividad del sistema que se ha implementado.

Es aconsejable hacer modificaciones de forma periódica en los límites de activación del sistema, considerando la época del año, la fase de desarrollo de las truchas y posibles modificaciones normativas que puedan ir apareciendo. También se sugiere registrar cada variación efectuada en el sistema, de forma tal que aseguremos la trazabilidad y facilite futuras integraciones tecnológicas, siempre dentro de los condicionamientos que podrían exigir las normas del MGAP.

Se sugiere implementar este sistema en otros estanques del complejo y considerar su expansión a otras unidades acuícolas que presenten condiciones similares. Además, es recomendable mantener activa la plataforma de control remoto y evaluar el rendimiento del sistema al menos una vez por ciclo productivo para garantizar su sostenibilidad y eficacia a largo plazo

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Cañizares, J. (2022). *Diseño de sistema IoT para piscicultura en zonas rurales [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio UESMA.*
- Cedeño, G., & Pincay, M. (2022). *Sistema de monitoreo IoT para camaronerías en la costa ecuatoriana. Revista Tecnológica ESPOL, 35(2), 45–53.*
- Crespo Daza, A. (2019). *Diagnóstico de la población de trucha (Oncorhynchus mykiss) en la microcuenca del río Matadero, Parque Nacional El Cajas, Azuay – Ecuador (Trabajo de graduación, Bióloga con mención en Ecología y Gestión). Universidad del Azuay.*
- Data-integration. (02 de 02 de 2025). *learn.microsoft.com*. Obtenido de <https://learn.microsoft.com/es-es/data-integration/vnet/what-is>
- Instruments. (2020). *Importancia de la oxigenación en cultivos de peces*. Obtenido de <https://www.instruments.com/oxigenacion-cultivos-peces>
- Jiménez, A., & Torres, M. (2023). *Aplicación de Big Data en la detección predictiva de enfermedades en tilapia. Universidad de Antioquia.*
- Macas, K., & Ramirez, M. (15 de 11 de 2023). *dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21626/1/108T0513.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Ganadería. (2022). *Plan Nacional de Control de la Calidad e Inocuidad del Agua en Sistemas de Producción Acuícola. Viceministerio de Acuicultura y Pesca.*
- Prathibha, S., & Srivatsa, S. (2021). *A Smart Aquaculture Monitoring System using IoT. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(6), 352–359.*
- Silva, R., Silva, F., & Lopes, M. (2023). *Uso de LoRaWAN en acuicultura artesanal rural: Estudio de caso en Brasil. Sustainability, 15(3), 2078.* Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su15032078>
- Teixeira, R., Oliveira, V., & Santos, P. (2021). *High-Performance IoT Framework for Precision Aquaculture in Rural Areas. Sensors, 21(5), 1753.* Obtenido de <https://doi.org/10.3390/s21051753>
- Torres, J., & Martínez, L. (2021). *Tecnologías digitales aplicadas a la acuicultura sostenible. Editorial AgroTech.*
- V-NET. (13 de 07 de 2025). *we-con.com.cn*.
- Wecon. (1 de 08 de 2025). *wecon-iiot.com*.
- Zhang, Y. (2021). *IoT-Based Real-Time Monitoring System for Aquaculture Environment. Sensors, 21(9), 3052.* Obtenido de <https://doi.org/10.3390/s21093052>

ANEXOS

Anexo 1

Modelo de ficha técnica

MODELO DE FICHA TÉCNICA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

Ficha Técnica de Adquisición de Datos – Monitoreo Automatizado en Sistema Acuícola

Nombre del criadero:

Ubicación:

Fecha:

Hora de medición: ☐ Mañana ☐ Mediodía ☐ Tarde

Responsable de la medición:

Condiciones climáticas:

Parámetro	Valor medido	Unidad	Instrumento utilizado	Observaciones
Oxígeno disuelto (OD)		mg/L		
pH		-		
Temperatura		°C		
Cloro libre residual		mg/L		
Saturación de oxígeno		%		
Nivel de agua				

Nota: Los valores de referencia se fundamentan en las normas NTE INEN 1106 y en las recomendaciones de la FAO.

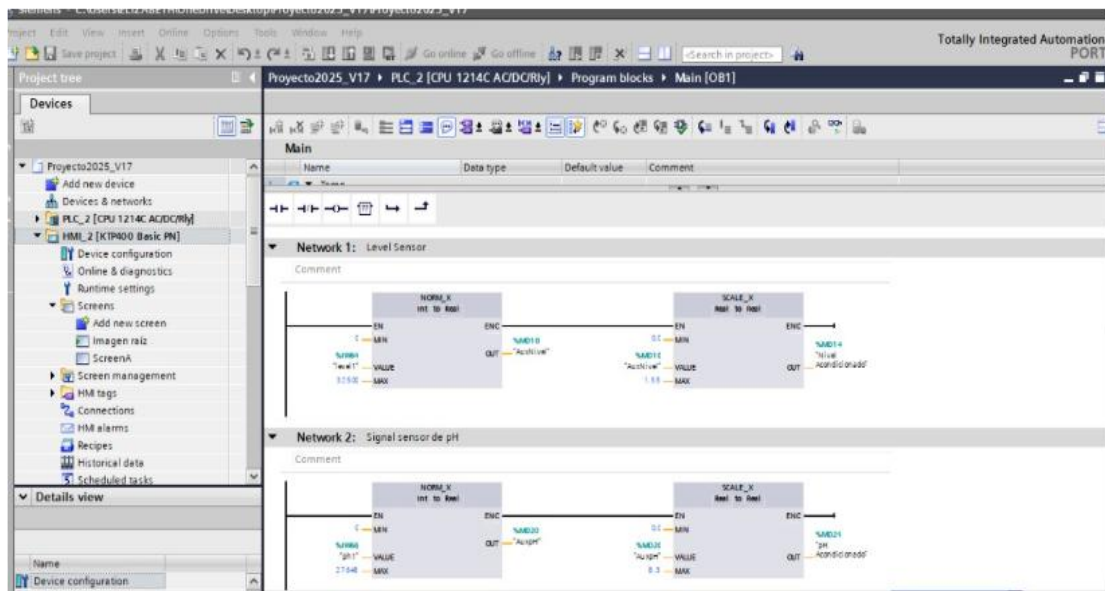
Anexo 2

Toma de datos iniciales base con medidor manual de cloro libre y pH



Anexo 3

Adquisición de datos mediante el sensor de pH y oxigenación



Anexo 3

Toma de datos iniciales base en la mañana



Ficha Técnica de Adquisición de Datos – Monitoreo Automatizado en Sistema Acuicola

Nombre del criadero: La Granja del Abuelo

Ubicación: Provincia de Tungurahua, Ecuador

Fecha: 08/07/2025

Hora de medición: ☒ Mañana ☐ Mediodía ☐ Tarde

Responsable de la medición: Ing. Darwin Cando

Condiciones climáticas: Nublado, sin precipitaciones

Parámetro	Valor medido	Unidad	Instrumento utilizado	Observaciones
Oxígeno disuelto (OD)	5,9	mg/L	Sensor multiparamétrico (Supmea)	Valor bajo; riesgo de estrés para truchas
pH	6,2	-	Sensor multiparamétrico (Supmea)	Levemente ácido; dentro del rango tolerable
Temperatura	26,4	°C	Sensor multiparamétrico	Temperatura adecuada para trucha
Cloro libre residual	0,02	mg/L	Kit manual	Dentro del rango seguro
Saturación de oxígeno	76	%	Sensor multiparamétrico	Ligera sub-saturación
Nivel de agua	1,5	metros	Sensor ultrasónico	Nivel estable

Nota: Los valores de referencia se fundamentan en las normas NTE INEN 1106 y en las recomendaciones de la FAO.

Firma del responsable: _____

Fecha y hora de cierre del registro: 08/07/2025 – 07:35 AM

Anexo 4

Toma de datos iniciales base al medio día



Ficha Técnica de Adquisición de Datos – Monitoreo Automatizado en Sistema Acuícola

Nombre del criadero: La Granja del Abuelo

Ubicación: Provincia de Tungurahua, Ecuador

Fecha: 08/07/2025

Hora de medición: ☐ Mañana ☒ Mediodía ☐ Tarde

Responsable de la medición: Ing. Darwin Cando

Condiciones climáticas: Nublado, sin precipitaciones

Parámetro	Valor medido	Unidad	Instrumento utilizado	Observaciones
Oxígeno disuelto (OD)	5,9	mg/L	Sensor multiparamétrico (Supmea)	Valor bajo; posible estrés en peces
pH	6,2	-	Sensor multiparamétrico (Supmea)	Levemente ácido; requiere seguimiento
Temperatura	14,1	°C	Sensor multiparamétrico	Aumento leve por radiación solar
Cloro libre residual	0,02	mg/L	Kit manual	Dentro de límites seguros
Saturación de oxígeno	76	%	Sensor multiparamétrico	Ligeramente por debajo del ideal
Nivel de agua	1,5	metros	Sensor ultrasónico	Nivel estable

Nota: Los valores de referencia se fundamentan en las normas NTE INEN 1106 y en las recomendaciones de la FAO.

Firma del responsable: _____

Fecha y hora de cierre del registro: 08/07/2025 – 12:15 AM

Anexo 5

Toma de datos iniciales base en la tarde



Ficha Técnica de Adquisición de Datos – Monitoreo Automatizado en Sistema Acuícola

Nombre del criadero: La Granja del Abuelo

Ubicación: Provincia de Tungurahua, Ecuador

Fecha: 08/07/2025

Hora de medición: ☐ Mañana ☐ Mediodía ☒ Tarde

Responsable de la medición: Ing. Darwin Cando

Condiciones climáticas: Nublado, sin precipitaciones

Parámetro	Valor medido	Unidad	Instrumento utilizado	Observaciones
Oxígeno disuelto (OD)	5,9	mg/L	Sensor multiparamétrico (Supmea)	Valor aún bajo; sin cambios desde mediodía
pH	6,2	-	Sensor multiparamétrico (Supmea)	Estable, levemente ácido
Temperatura	12,7	°C	Sensor multiparamétrico	Ligero descenso por nubosidad
Cloro libre residual	0,01	mg/L	Kit manual	Valor dentro del rango permitido
Saturación de oxígeno	74	%	Sensor multiparamétrico	Leve disminución
Nivel de agua	1,5	metros	Sensor ultrasónico	Sin variación

Nota: Los valores de referencia se fundamentan en las normas NTE INEN 1106 y en las recomendaciones de la FAO.

Firma del responsable: _____

Fecha y hora de cierre del registro: 08/07/2025 – 17:55 AM

Anexo 6

Encuesta realizada a los propietarios del complejo

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE PROYECTO

Encuesta estructurada diseñada para evaluar la viabilidad y aceptación de un sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo "Granja del Abuelo"

Instrucciones: Marque **SÍ** o **NO** según corresponda.

PREGUNTAS:

1.- ¿Cree usted que el monitoreo manual es suficiente para garantizar la salud de los peces en su cultivo?

☐

Sí

☐

No

2.- ¿Ha experimentado pérdidas en la producción debido a fallas en la oxigenación del agua?

☐

Sí

☐

No

3.- ¿Realiza actualmente mediciones frecuentes de oxígeno disuelto y pH en sus estanques?

☐

Sí

☐

No

4.- ¿Estaría dispuesto a implementar un sistema automatizado que le envíe notificaciones en tiempo real sobre parámetros críticos del agua?

☐

Sí

☐

No

5.- ¿Considera que este tipo de sistema podría mejorar la eficiencia y productividad de su cultivo de truchas?

☐

Sí

☐

No

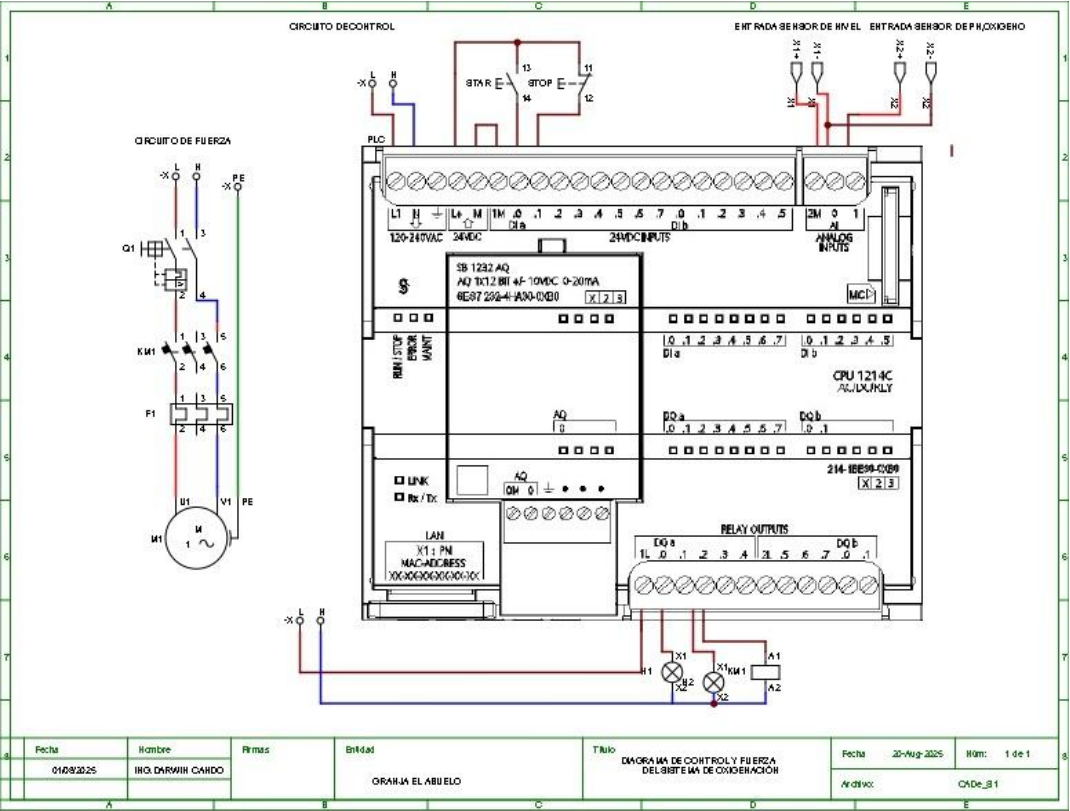
Anexo 7

Toma de muestras de los encuestados



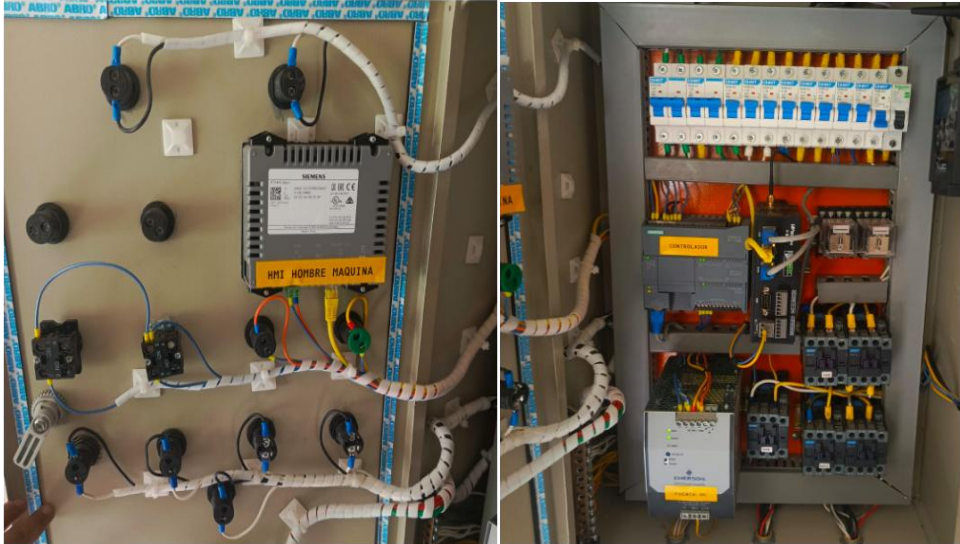
Anexo 8

Diagrama de control y fuerza del sistema de oxigenación



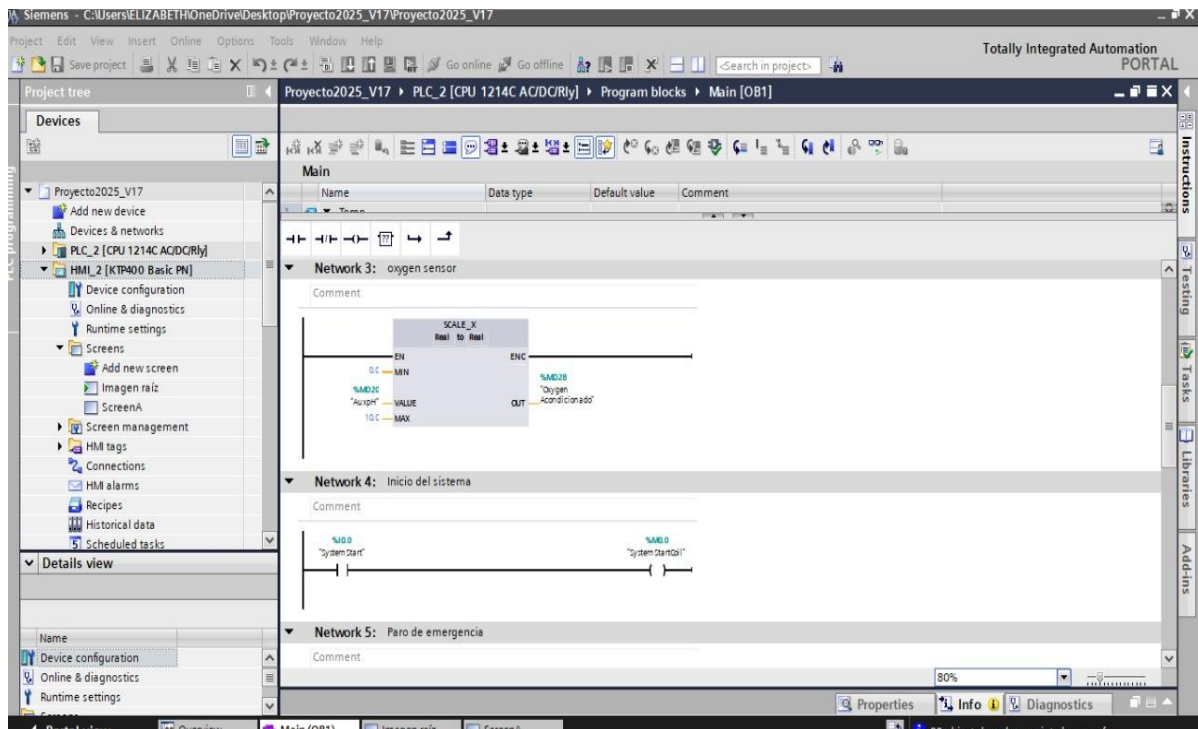
Anexo 9

Acondicionamiento del cableado en el tablero principal



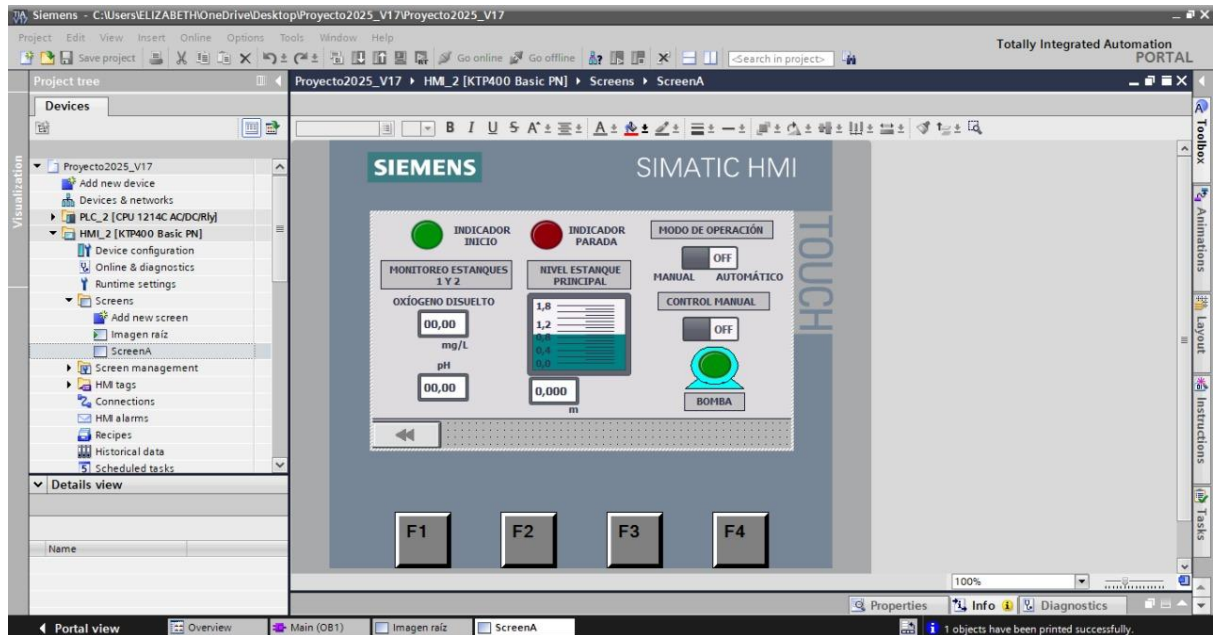
Anexo 10

Envío de la programación desde el tia portal v17 hasta el plc s7-1200



Anexo 11

Interfase hmi del sistema



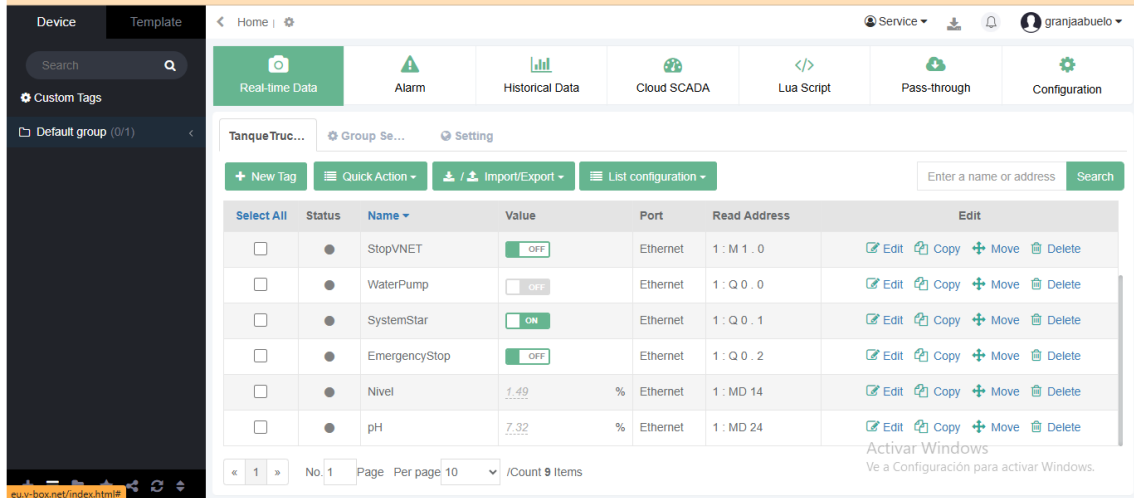
Anexo 12

Interfase hmi del sistema local



Anexo 13

Comunicación de los dispositivos en la plataforma v-net



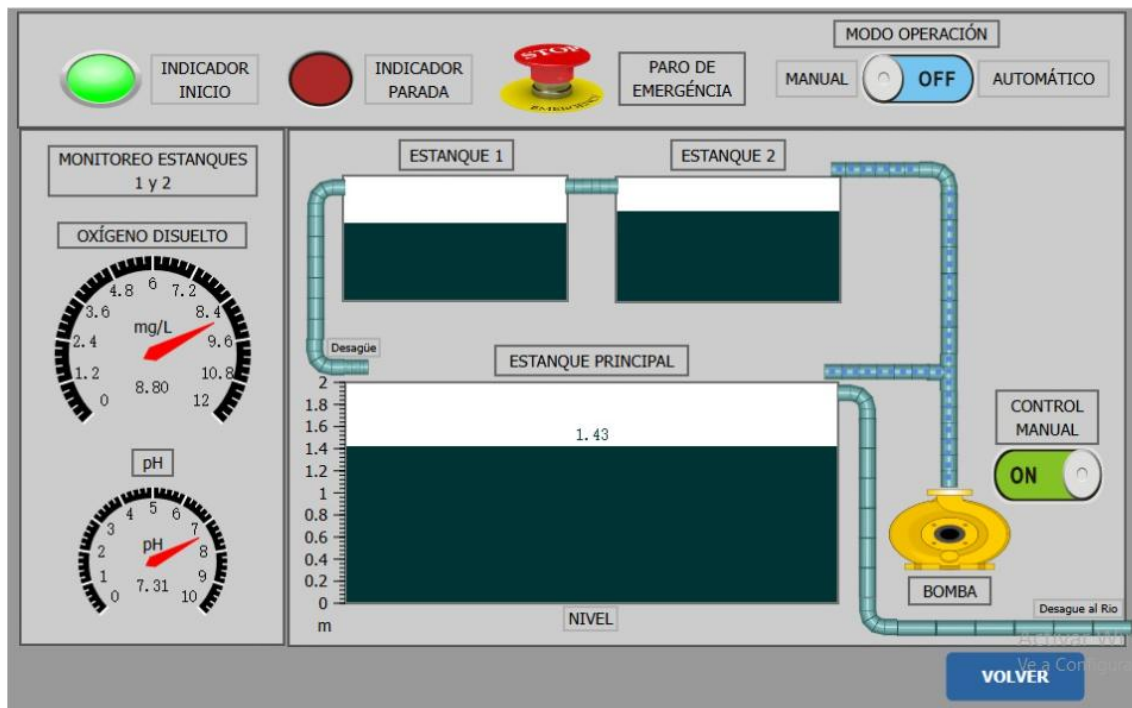
The screenshot shows the v-net platform configuration interface. The left sidebar contains navigation options: Device, Template, Custom Tags, and Default group (0/1). The main area displays a table of devices with columns: Select All, Status, Name, Value, Port, Read Address, and Edit. The table lists six devices: StopVNET, WaterPump, SystemStar, EmergencyStop, Nivel, and pH. Each device has a status indicator (ON/OFF) and a value field. The bottom of the table shows pagination: No. 1, Page, Per page 10, and /Count 9 Items.

Select All	Status	Name	Value	Port	Read Address	Edit
☐	●	StopVNET	OFF	Ethernet	1 : M 1 . 0	Edit Copy Move Delete
☐	●	WaterPump	OFF	Ethernet	1 : Q 0 . 0	Edit Copy Move Delete
☐	●	SystemStar	ON	Ethernet	1 : Q 0 . 1	Edit Copy Move Delete
☐	●	EmergencyStop	OFF	Ethernet	1 : Q 0 . 2	Edit Copy Move Delete
☐	●	Nivel	1.49	%	1 : MD 14	Edit Copy Move Delete
☐	●	pH	7.32	%	1 : MD 24	Edit Copy Move Delete

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Anexo 15

Pantalla hmi virtual para el monitoreo remoto



Anexo 16

Certificado 1 de validación del proyecto



Yo, **Carlos Ramiro Corrales Tapia**, con C.I **0503349102**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **“Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo”**.

Elaborado por el **Ing. Darwin Ricardo Cando Guanotuña**, con C.I **1805418058**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 10 de agosto de 2025



Ing. Carlos Ramiro Corrales Tapia, Mg

C.I 0503349102

Registro SENESCYT

Anexo 17

Certificado 1.1 de validación del proyecto

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN



**Universidad
Israel**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la siguiente propuesta del proyecto de titulación: **"Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo."**

Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: **Ing. Carlos Ramiro Corrales Tapia, Mg**

Título obtenido
MAGISTER EN ELECTRICIDAD MENCIÓN EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA
Cédula de Identidad
0503349102
E- mail
ccorrales.istt@gmail.com
Institución de Trabajo
Instituto Superior Tecnológico Tungurahua
Cargo
Coordinador de Carrera
Años de experiencia en el área
6 años

Instructivo:

- Responda cada criterio con la máxima sincera del caso;
- Revisar, observar y analizar la propuesta del proyecto de titulación; y,
- Coloque **una X** en cada indicador, tomando en cuenta que Muy adecuado equivale a 5, Bastante Adecuado equivale a 4, Adecuado equivale a 3, Poco Adecuado equivale a 2 e Inadecuado equivale a 1.

Tema:

Indicador	Descripción	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Impacto	El alcance que tendrá la propuesta y su representatividad en la generación de valor	X				
Aplicabilidad	La capacidad de implementación de la propuesta considerando que los contenidos sean aplicables	X				
Conceptualización	La base de conceptos y teorías propias de la propuesta de manera sistémica y articulada	X				
Actualidad	Los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos considerados en la propuesta	X				
Calidad Técnica	Los atributos cualitativos del contenido de la propuesta para satisfacer las expectativas de sus beneficiarios	X				
Factibilidad	El nivel de utilización de la propuesta por parte de la organización acorde a los recursos disponibles	X				
Pertinencia	La contundencia y conveniencia de la propuesta para solucionar el problema planteado.	X				
Total		35				

Observaciones:

Ninguna

Recomendaciones

Publicar los resultados en una revista de alto impacto.

Lugar, fecha de validación: Píllaro, 10 de agosto del 2025.



Firma del especialista

Anexo 18

Certificado 2 de validación del proyecto



Yo, **Edison David Mañay Chochos**, con C.I **0503610784**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **“Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo”**.

Elaborado por el **Ing. Darwin Ricardo Cando Guanotuña**, con C.I **1805418058**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 10 de agosto de 2025



Ing. Edison David Mañay Chochos, Mgtr.

C.I.: 0503610784

Registro SENESCYT: 1079-2021-2396313, 1079-2017-1817169

Anexo 19

Certificado 2.1 de validación del proyecto

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la siguiente propuesta del proyecto de titulación: **"Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo."**

Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: **Ing. Édison David Mañay Chochos, Mgtr.**

Título obtenido
Ingeniero en Mecatrónica Magister en Electrónica y Automatización mención Redes Industriales
Cédula de Identidad
0503610784
E- mail
edmanay@outlook.com
Institución de Trabajo
Alfa Soluciones Ingeniería SDMecatronic S.A.S
Cargo
Ingeniero de proyectos en automatización Especialista en investigación científica aplicada
Años de experiencia en el área
7 años

Instructivo:

- Responda cada criterio con la máxima sincera del caso;
- Revisar, observar y analizar la propuesta del proyecto de titulación; y,
- Coloque **una X** en cada indicador, tomando en cuenta que Muy adecuado equivale a 5, Bastante Adecuado equivale a 4, Adecuado equivale a 3, Poco Adecuado equivale a 2 e Inadecuado equivale a 1.

Tema:

Indicador	Descripción	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Impacto	El alcance que tendrá la propuesta y su representatividad en la generación de valor	X				
Aplicabilidad	La capacidad de implementación de la propuesta considerando que los contenidos sean aplicables	X				
Conceptualización	La base de conceptos y teorías propias de la propuesta de manera sistémica y articulada		X			
Actualidad	Los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos considerados en la propuesta	X				
Calidad Técnica	Los atributos cualitativos del contenido de la propuesta para satisfacer las expectativas de sus beneficiarios	X				
Factibilidad	El nivel de utilización de la propuesta por parte de la organización acorde a los recursos disponibles	X				
Pertinencia	La contundencia y conveniencia de la propuesta para solucionar el problema planteado.	X				
Total		34				

Observaciones:

La propuesta es novedosa y aplicable al área de piscicultura, un sector con alto potencial de crecimiento productivo y de emprendimiento, que requiere del impulso tecnológico proporcionado por el IIoT y la automatización.

Recomendaciones

Se sugiere fortalecer la propuesta incorporando un plan de implementación progresiva que contemple la capacitación de los productores en el uso de tecnologías IIoT y de automatización, así como la evaluación de impacto en la productividad y sostenibilidad de la piscicultura. Esto garantizará una adopción efectiva y un aprovechamiento máximo de los beneficios tecnológicos.

Lugar, fecha de validación: Píllaro, 10 de agosto del 2025.



Firma del especialista

Ing. Edison David Mañay Chochos, Mgtr.

C.C: 0503610784

Anexo 20

Certificado 3 de validación del proyecto



Yo, Álvaro Santiago Mullo Quevedo, con C.I. **0502768542**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **“Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo”**.

Elaborado por el **Ing. Darwin Ricardo Cando Guanotuña**, con C.I. **1805418058**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 10 de agosto de 2025



Ing. Alvaro Santiago Mullo Quevedo, Mg

C. 0502768542

**Registro SENESCYT
1004-07-771683**

Anexo 21

Certificado 3.1 de validación del proyecto

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN



**Universidad
Israel**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la siguiente propuesta del proyecto de titulación: **"Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo."**

Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: **Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo, Mg**

Título obtenido
Ingeniero Electromecánico – Magister en Gestión de Energías
Cédula de Identidad
0502768542
E- mail
alsamulloq@gmail.com
Institución de Trabajo
Instituto Universitario Rumiñahui
Cargo
Docente Investigador
Años de experiencia en el área
15 años

Instructivo:

- Responda cada criterio con la máxima sincera del caso;
- Revisar, observar y analizar la propuesta del proyecto de titulación; y,
- Coloque **una X** en cada indicador, tomando en cuenta que Muy adecuado equivale a 5, Bastante Adecuado equivale a 4, Adecuado equivale a 3, Poco Adecuado equivale a 2 e Inadecuado equivale a 1.

Tema:

Indicador	Descripción	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Impacto	El alcance que tendrá la propuesta y su representatividad en la generación de valor	X				
Aplicabilidad	La capacidad de implementación de la propuesta considerando que los contenidos sean aplicables	X				
Conceptualización	La base de conceptos y teorías propias de la propuesta de manera sistémica y articulada	X				
Actualidad	Los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos considerados en la propuesta	X				
Calidad Técnica	Los atributos cualitativos del contenido de la propuesta para satisfacer las expectativas de sus beneficiarios	X				
Factibilidad	El nivel de utilización de la propuesta por parte de la organización acorde a los recursos disponibles	X				
Pertinencia	La contundencia y conveniencia de la propuesta para solucionar el problema planteado.	X				
Total		35				

Observaciones: El proyecto representa una propuesta innovadora y pertinente, ya que integra la automatización y el control inteligente en un área productiva de gran importancia como es la piscicultura. Se destaca la aplicación de tecnologías de IoT que permiten optimizar el suministro de oxígeno, mejorar el bienestar de las especies y garantizar la eficiencia en el uso de los recursos con valioso aporte académico y práctico.

Recomendaciones

Se recomienda en un proyecto futuro complementarse con sensores de oxígeno disuelto y temperatura de alta precisión, conectados a una plataforma de monitoreo, de esta manera, se garantiza que el suministro de oxígeno sea automático y regulado según las condiciones del agua.

Lugar, fecha de validación: Píllaro, 10 de agosto del 2025.

Firmado electrónicamente por:
ALVARO SANTIAGO
MULLO QUEVEDO
Validar electrónicamente con FORMAC

Firma del especialista