

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

Automatización del control de estanques para criadero de trucha arcoíris

Autor: Jaime Rodríguez Ramírez

**Tesis presentada para obtener el título de:
Ing. Industrial en Procesos y Servicios**

**Nombre del asesor:
Miguel Agustín Heredia Vázquez**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación "Dr. Silvio Zavala" que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo "Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada", se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UVAQ

M.R.

**UNIVERSIDAD
VASCO DE QUIROGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN
PROCESOS Y SERVICIOS

“Automatización del Control de Estanques para Criadero de
Trucha Arcoíris”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS Y
SERVICIOS

PRESENTA

C. Jaime Rodríguez Ramírez

ASESOR

Ing. Miguel Agustín Heredia Vázquez

CLAVE: 16PSU0050V

ACUERDO: LIC100412

MORELIA, MICHOACÁN

Agosto - 2013

Dedicatoria.

A dios por iluminar mi camino y mi mente para poder lograr esta meta muy importante para mí y mis seres queridos.

A mis padres, hermanas, mi novia y a mis amigos por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en mi educación, como en la vida, por su incondicional apoyo y consejo, mantenido a través del tiempo.

A todas aquellas personas que influyeron en mi educación, que estuvieron siempre presentes para fomentar mis valores y habilidades.

 ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN.....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VI
ANTECEDENTES	VII
OBJETIVO GENERAL	X
ALCANCES Y LIMITACIONES	XI
JUSTIFICACIÓN.....	XII
CAPITULO 1	1
1.0 INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 2	3
2.0 MARCO TEORICO.....	3
2.1 LA ACUICULTURA	3
2.2 CLASIFICACIÓN DE LA ACUICULTURA	3
2.3 LA TRUCHA ARCOÍRIS.	5
2.4 CICLO DE VIDA	7
2.5 HÁBITOS ALIMENTICIOS.....	8
2.6 REQUERIMIENTOS DE LA TRUCHA EN SU MEDIO AMBIENTE.....	8
2.7 VARIABLES FUNDAMENTALES EN EL DESARROLLO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS	8
2.7.1 <i>Oxígeno disuelto</i>	8
2.7.2 <i>Temperatura</i>	9
2.7.3 <i>PH</i>	10
2.8 SANIDAD PISCÍCOLA	11
2.8.1 <i>Causas de enfermedades:</i>	12
2.9 SISTEMAS AUTOMATIZADOS	12
2.10 OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN	13
2.11 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	14
2.12 AHORROS QUE PRODUCE LA AUTOMATIZACIÓN	15
2.12.1 <i>Seguridad</i>	15
2.12.2 <i>Calidad</i>	15
2.12.3 <i>Mercadeo y Productos</i>	16
2.12.4 <i>Logística</i>	16
2.12.5 <i>Desechos</i>	16
2.12.6 <i>Ambiente</i>	16
2.12.7 <i>Laboral</i>	16
2.12.8 <i>Energía</i>	17
2.13 CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD AL IMPLANTAR UN SISTEMA AUTOMATIZADO	17
CAPITULO 3	19
3.0 REVISIÓN TÉCNICA	19

3.1 PLC	19
3.2 SENSORES	20
3.3 ELECTROVÁLVULAS	21
3.4 CONTROL DE TEMPERATURA	24
3.5 TERMOPAR	25
CAPITULO 4	26
4.0 METODOLOGÍA.....	26
4.1 LA CREACIÓN DE LOS ESTANQUES EN LA GRANJA.	27
4.2 GEOMEMBRANA	28
4.2.1 Estructura de los estanque de Geomembrana instalados	29
4.3 LOS ESTANQUES INSTALADOS.....	30
4.4 PREPARACION DEL TERRENO	30
4.5 ELEMENTO REQUERIDOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN ESTANQUE DE GEOMEMBRANA	32
4.6 CONSTRUCCIÓN DEL ESTANQUE.....	33
4.7 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	35
4.8 CREACIÓN DEL PROTOTIPO AUTOMATIZADO.....	37
4.9 AUTOMATIZACIÓN DEL ESTANQUE	42
4.9.1 Temperatura.....	42
4.9.2 Niveles.....	46
4.9.3 Control de oxígeno disuelto	50
4.10 PROGRAMACIÓN DEL PLC	51
4.10.1 Programación de la secuencia del PLC.....	52
4.10.2 Descripción del Programa.....	55
CAPITULO 5	58
5.0 RESULTADOS.....	58
CAPITULO 6	68
6.0 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ÍNDICE DE FIGURAS	72
INDICE DE TABLAS.....	74

RESUMEN

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos y se refiere a todas aquellas acciones que tienen por objeto la producción, el crecimiento y comercialización de estos organismos, en específico la producción de trucha arcoíris se considera como tecnificada ya que mediante diferentes mecanismos se busca controlar las variables fundamentales que intervienen en el proceso de crianza, que son: Oxígeno disuelto en agua, pH, nivel de agua en el estanque y la temperatura, actualmente en la granja de trucha arcoíris “La Guare” en Acuitzio del Canje en Michoacán, donde se realiza el estudio de este trabajo, este control se lleva a cabo de manera manual con los trabajadores del lugar.

Si bien es cierto, el proceso se considera como tecnificado al controlar las variables mencionadas y no depender en totalidad de las condiciones del medio ambiente, no se tiene registro en Michoacán de la automatización en el control de estas variables, la automatización es, el uso de elementos eléctricos, mecánicos y equipos computarizados, para realizar trabajos en apoyo a las actividades del operador sin depender en su totalidad de este.

El objetivo de automatizar este proceso es eliminar diferentes errores que se tienen actualmente en el proceso, como errores de medición, falta de disciplina en cuanto a horarios de realizar las actividades, esto ocasiona menor productividad, menor y muy lento desarrollo de los peces, y en algunos casos la muerte, por lo cual resulta sumamente importante, rentable y productivo el automatizar las variables que sean factibles de automatizar.

El PLC (Control Lógico Programable) es la parte fundamental en el proceso de automatización, es un elemento considerado como el cerebro del sistema, es un elemento electrónico en el cual se carga un listado de instrucciones que de acuerdo a condiciones programadas compara con las existentes y realiza una acción de acuerdo a esta relación, entrada (información que toma de sensores) y salidas (acciones mediante actuadores).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, México y en específico Michoacán, el sector acuícola carece de equipamiento tecnológico que permita ser más productivos.

En la actividad acuícola es necesaria la medición de algunos niveles cada 3 o 4 horas, otros diariamente, la falta de aptitud, de responsabilidad o la apatía en la toma y registro de lecturas por parte de los operadores, en la medición de estos parámetros, deriva en un crecimiento lento de los peces o en enfermedades y muerte de los organismos, por lo cual el automatizar el proceso de monitoreo, y corrección, resulta atractivo para los empresarios de este sector.

ANTECEDENTES

Si bien se registran antecedentes en materia de Acuicultura desde el siglo pasado, es a partir de la década de los cincuenta, cuando se inicia el desarrollo formal de esta biotecnología, caracterizándose las acciones Institucionales en esta primera etapa, en demostrar el potencial acuícola y el desarrollo de cultivos extensivos o de carácter experimental.

Como resultado del primer Reglamento de Pesca Marítima y Fluvial implantado en 1923, en el que se asienta que la Acuicultura es un acto de pesca y la define como "el aprovechamiento de las aguas y riberas para la cría y la reproducción de animales", en los años posteriores se establece las zonas reservadas al cultivo y se inicia la construcción de los primeros Centros Acuícolas en los Estados de Aguascalientes y Estado de México.

En el transcurso de los años treinta a cincuenta, las acciones acuícolas se reducen a intentos por desarrollar cultivos en aguas salobres y a la práctica de la pesca deportiva, llevando a cabo una diseminación masiva de lobina y trucha principalmente.

En los cincuenta y sesenta se empieza a desarrollar intensamente la piscicultura de repoblación en aguas dulces con una orientación de beneficio social, construyéndose 16 Centros Acuícolas, que se dedican a la reproducción de Carpa Espejo principalmente. En este mismo periodo se crea el Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras, hoy Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA), al cual se le fijan algunas funciones relacionadas con la Acuicultura.

Al inicio de los setenta, se crea la Subsecretaría de Pesca y se promulga la Ley Federal de Pesca, derivado del cual, se emite el acuerdo para constituir el Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática (FIDEFA), este tiene como objetivo administrar los recursos económicos y demás bienes que aporten las Dependencias que en él se agrupan.

Conjuntamente con el FIDEFA se crean la mayor cantidad de Centros Acuícolas que actualmente operan en nuestro país, sin embargo este desarrollo acelerado asociado con el escaso nivel de desarrollo tecnológico y de conocimientos básicos de esta nueva práctica de producción, tuvo un impacto limitado en el crecimiento de la actividad acuícola con resultados por debajo de las expectativas.

El trabajo desarrollado por el Gobierno Federal reafirma la importancia coyuntural de la piscicultura extensiva. A través de sus acciones no sólo se logra un incremento en la cobertura de los servicios de extensionismo, sino que se llevan a la práctica operaciones de organización y capacitación de los productores rurales, lo que se refleja en una explotación racional de importantes pesquerías de aguas interiores, en donde los Centros Acuícola jugaron un papel destacado.

Es hasta la década de los ochenta, en que inicia el desarrollo de sistemas controlados que permiten una explotación intensiva con un enfoque comercial. Como consecuencia de este proceso, se requiere ahora garantizar un desarrollo sostenible a través de un replanteamiento de metas y objetivos, fundamentados en necesidades reales y acordes con las nuevas exigencias para los sectores productivos en el marco la globalización mundial de las economías. Surge entonces la necesidad de replantear la visión y misión de los Centros Acuícolas, entrando en una etapa en la que la improvisación y la atención reactiva a las demandas son sustituidas por la planeación a mediano y largo plazo.

Actualmente la trucha arcoíris se ha posicionado en los primeros lugares de producción de este tipo de técnica, ya que si se tienen las condiciones climáticas adecuadas el rendimiento de este pez es excelente, su mercado, tasa de crecimiento y adaptación hacen a la trucha una excelente posibilidad de negocio.

Si bien es cierto que la cría de peces controlada ha tenido un desarrollo y apoyo a través del tiempo y este proceso es considerado como biotecnología, es decir que está implícita la tecnología en el proceso, es el nivel tecnológico básico que se limita al uso de elementos eléctricos como bombas para agua o instrumentos de medición

de variables fundamentales, pero en ningún caso el controlar el proceso automáticamente. [5]

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema prototipo de automatización electromecánico a un estanque de producción acuícola de trucha arcoíris , para controlar las variables fundamentales para el buen desarrollo de la trucha como son: nivel de agua en el estanque, temperatura del agua, y Oxígeno disuelto en agua, que después de ser monitoreadas, si éstas no se encuentran dentro del rango adecuado, realizar una acción correctiva en las variables que por su naturaleza sean posibles corregir mediante un proceso automatizado.

Objetivos específicos:

- a) Diseñar un sistema automatizado capaz de controlar y monitorear 3 de las 4 variables fundamentales en la acuicultura.
 - Oxígeno disuelto
 - Nivel del agua en el estanque
 - Temperatura del agua

- b) Realizar un estudio costo-beneficio que brinde toda la información sobre el costo del sistema.

- c) Analizar los resultados obtenidos en el prototipo para prospectar su posible aplicación en la granja para su posible implementación en otras.

ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

El alcance de este proyecto es construir y automatizar un estanque prototipo para cría de trucha arcoíris con elementos electromecánicos, mediante la medición y el control de las siguientes variables:

- Oxígeno disuelto en agua
- Temperatura
- Nivel de agua en el estanque

LIMITACIONES

La limitación de este proyecto es la medición y control de una de las cuatro variables fundamentales en el proceso acuícola, el PH, ya que no se cuenta con un elemento de medición que cumpla con las características técnicas para ser conectado e instalado con el resto de los elementos.

Otro factor determinante para omitir la medición y control de la variable es, que de acuerdo a mediciones realizadas en la granja tomada como estudio, se ha observado que el PH en el agua se ha mantenido constante durante meses, además que resultaría poco factible para la granja el automatizar el proceso de corrección en caso que la variable se encontrara fuera de rango, ya que la acción correctiva es hacer una limpieza profunda del estanque, es un proceso sumamente manual y requiere del factor humano.

JUSTIFICACIÓN.

El diseñar un sistema automatizado en la medición y control de las variables fundamentales para el cultivo de trucha arcoíris (nivel de agua, Oxígeno disuelto, y temperatura), garantiza un correcto desarrollo del pez, teniendo así mayor productividad en el proceso.

El ambiente adecuado en el desarrollo del pez favorece su crecimiento aprovechando mejor el alimento, evita enfermedades, teniendo producto en menor tiempo y evitando perdida de crías a causa de la inestabilidad de las variables a controlar.

La acuicultura tecnificada resulta mucho más productiva que la tradicional, la inversión en este tipo de sistemas, favorece el incremento en la productividad del negocio, sin embargo esta inversión debe de ser accesible al sector, el objetivo en este trabajo, es buscar la tecnificación a un costo competitivo que resulte factible para los productores.

El tecnificar esta actividad facilita la documentación del proceso, ya que al automatizar, el operador encargado tendrá oportunidad de realizar nuevas actividades que generen valor, como es la obtención de datos estadísticos que se conviertan en factor para la toma de decisiones.

CAPITULO 1

1.0 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se explica el proceso a seguir para la automatización modular de una granja acuícola de trucha arcoíris, la cual se desarrolla más eficientemente al generarle un hábitad adecuado como es; la temperatura ideal del agua, cantidad adecuada del oxígeno disuelto en el agua, nivel del estanque mínimo requerido, y que el sistema sea capaz de medir dichas variables, las compare con rangos establecidos y sea capaz de realizar una acción correctiva si la variable está fuera del rango.

En México el sector agropecuario y pesquero ha tenido un avance en cuanto a productividad del 13 % según datos reportados en el marco de la inauguración del XII Foro Expectativas del Sector Agroalimentario y Pesquero SAGARPA-SIAP realizado a finales del 2012.

Cabe mencionar que este aumento de la producción reportado, según especialistas obedece a un incremento en la tecnificación del sector, aseguran que las actividades agropecuarias se alejan gradualmente de la dependencia del clima y un ejemplo es la agricultura protegida, siendo el sector agrícola el más beneficiado en cuestión de apoyo para dicha tecnificación.

La tecnificación agropecuaria se refiere a un plan integral de desarrollo, donde se abarcan diferentes temas de productividad, manejo y logística del proceso, además de la tecnificación de las instalaciones, implementando diferentes equipos que funcionan como herramientas para aumentar la productividad del negocio.

En la actualidad en México, la pesca sigue un proceso igual o muy semejante al de décadas pasadas y es el sector menos productivo de la industria agropecuaria, dentro de la pesca el sector de la acuicultura que se refiere a la técnica de cultivo de especies acuáticas en instalaciones con condiciones totalmente controladas.

En México la acuicultura con sistemas de cultivo controlado representan una minoría con apenas 15000 hectáreas dedicadas a este tipo de cultivo, a diferencia de la superficie ocupada estimada de un millón de hectáreas para las pesquerías derivadas de la acuicultura de embalses. [7]

Sin duda la acuicultura de sistemas de cultivo controlados son los más productivos, este tipo de sistemas de producción se denominan como tecnificados, por las características de logística, infraestructura y medición que ya hemos mencionado, el manejo de este ambiente controlado actualmente se realiza haciendo mediciones constantes de las variables fundamentales que son: temperatura, nivel de agua , PH y Oxígeno disuelto en agua, todas estas mediciones son realizadas con diferentes instrumentos de medición, para después tomar una acción correctiva de ser necesario, esta actividad la llevan a cabo los operadores de la granja.

En entrevista con un asesor de CESAMICH Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Michoacán A.C, comentó que son muy pocas las granjas que han implementado ese tipo de tecnología en México y que en Michoacán no existe alguna, por lo cual el desarrollar esta aplicación tecnológica podría convertirse en un negocio interesante al demostrar su efectividad y su análisis costo / beneficio al automatizar este proceso.

La automatización electromecánica aplicada al sector agropecuario usando controladores electrónicos es una tecnología nueva poco implementada, y por lo tanto se requiere de una investigación profunda para conseguir los instrumentos que serán necesarios para la automatización y que además cumplan con una característica necesaria para el sector, que su costo sea viable para su implantación.

En Acuitzio del Canje, donde se encuentra instalada la granja, se cumplen las características necesarias del medio ambiente para el desarrollo de la trucha, manipulando las variables mencionadas de manera manual mediante la labor de 2 operadores.

CAPITULO 2

2.0 MARCO TEORICO

En este capítulo se mencionan el conjunto de procedimientos y teorías requeridas para la formulación y sustento del proyecto en las diferentes áreas.

2.1 La acuicultura

Se define acuicultura como: Cultivo de organismos acuáticos en áreas continentales o costeras, que implica por un lado la intervención en el proceso de crianza para mejorar la producción y por el otro la propiedad individual o empresarial del stock cultivado.

En forma global el término acuicultura reúne a todas aquellas acciones que tienen por objeto la producción, el crecimiento y comercialización de organismos acuáticos animales o vegetales de aguas dulces, salobres o saladas. Implica el control de las diferentes etapas de desarrollo hasta la cosecha, proporcionando a los organismos los medios adecuados para su crecimiento y engorda. [9]

2.2 Clasificación de la acuicultura

Según el medio en donde se instalen los cultivos:

- Aguas interiores o continentales.

Se desarrolla en cuerpos de agua interiores (ríos, lagos, embalses) y en cuerpos de agua artificiales (estanques, tajamares, piletas, etc.).

- Marina (maricultura).

Se refiere a los cultivos realizados en agua marina o salobre, en estructuras costeras, ultramar o en ambientes artificiales en tierra.

Según la Escala Productiva:

- Acuicultura comercial.

Puede diferenciarse en, pequeña, mediana empresa o industrial. Es aquella que realiza un manejo productivo del cultivo partiendo de una inversión inicial. De la magnitud de esta última, dependerá la escala productiva del emprendimiento.

- Acuicultura de recursos limitados.

Hace referencia a la práctica de la acuicultura definida en la actualidad como la unidad de producción en pequeña escala auto gestionada, con el fin de comercialización propia o en sociedad con otras unidades de índole similar.

La escala de producción es baja y el manejo es simple.

Según el manejo del Proceso Productivo:

- Acuicultura extensiva.

Este tipo de cultivo se basa en alcanzar una producción donde el manejo del medio acuático y de los peces sea mínimo. Su característica más relevante es el no aporte de alimento suplementario, por lo que los animales para su crecimiento dependen en un 100 % de la productividad que alcance el medio. Esta modalidad requiere trabajar a muy bajas densidades de siembra. La producción puede alcanzar hasta los 500 kg/año.

- Acuicultura semi-intensiva.

Esta modalidad, si bien permite alcanzar un rendimiento mayor que en el caso anterior, requiere desde su inicio más inversión tanto para el manejo de los peces como del medio acuático. Se trata de incrementar la productividad del medio enriqueciendo la calidad del agua a partir de la utilización de fertilizantes orgánicos o inorgánicos, y aportando alimento balanceado a los peces. En este caso la densidad de siembra puede ser más alta, permitiendo un aumento de la producción, la que puede alcanzar hasta 20 ton/año. Cabe destacar que esta escala de cultivo requiere

La longitud de la cabeza es el 20% de la longitud total, esto es sobre todo en machos, dependiendo del grado de madurez sexual; ojos de tamaño moderado, boca terminal ligeramente oblicua, algunas veces grande, premaxilar protráctil, maxilar largo pasando ordinariamente el ojo, dientes bien desarrollados sobre las dos mandíbulas (premaxilar, maxilar y dentario).

Presenta de dieciséis a veintidós Branquiespinas, ordinariamente de seis a nueve en la rama superior, once a trece en la rama inferior, radios branquiostegos de nueve a trece, el número varía de un lado a otro.

Presenta dos aletas dorsales, la primera aleta a mitad del cuerpo, mediana, con radios blancos de diez a doce principales, y la segunda aleta es un repliegue dérmico, sin radios, conocida como aleta adiposa.

Aleta caudal mediana, moderadamente furcada en los individuos grandes, aleta anal corta y baja, borde derecho con ocho a doce radios, aletas abdominales pequeñas, aleta pectoral no larga, más bien puntiaguda con once a diecisiete radios, escamas cicloides pequeñas pero en número variable según las poblaciones, línea lateral completa, ligeramente encorvada; de cien a ciento cincuenta escamas perforadas en la línea lateral. La columna vertebral con sesenta a setenta y seis vertebras.

El aparato digestivo consta de un estómago con un número de ciegos pilóricos de veintisiete a ochenta y cortos intestinos. Los órganos de los sentidos incluyen la vista, el oído muy rudimentario en la cabeza y que sirve principalmente para el equilibrio, el tacto desarrollado en todo el cuerpo y principalmente en la línea y el olfato altamente desarrollado.

La posición taxonómica de la trucha arcoíris es la siguiente:

Taxón	Nombres científico
Reino:	Animalia
Phylum:	Chordata
Superclase:	Pisces
Clase:	Osteichthyes
Subclase:	Actinopterygii
Superorden:	Teleostei
Orden:	Salmoniformes
Suborden:	Salmondei
Familia:	Salmonidae
Género:	Oncorhynchus
Especie:	O. mykiss
Nombre común:	Trucha arcoíris

2.4 Ciclo de vida

El ciclo de vida de la trucha arcoíris se lleva a cabo en corrientes de agua dulce y en embalses naturales, de tal manera que no ocurre una migración hacia el mar. Se describen cinco etapas de desarrollo durante el ciclo de vida son huevo, desarrollo embrionario y eclosión, alevín, cría, juvenil y adulto o edad reproductiva. En cautiverio está en función del manejo que se le aplique a los reproductores.

La hembra madura por primera vez a los 18 meses, el tamaño de los huevos depende del peso y de la edad de las hembras, por lo que se recomienda usar hembras reproductoras de tres años o más.

2.5 Hábitos alimenticios

La trucha arcoíris es una especie carnívora entomófaga, ligeramente ictiófaga, las crías de trucha son zooplanctófagas, consumen cladóceros y copépodos al pasar a la etapa juvenil o de adulto complementan su alimentación con crustáceos, moluscos, lombrices, ajolotes, etc. La trucha arcoíris al estar sujeta a un sistema de cultivo intensivo depende su alimentación completamente de alimentos balanceados ricos en proteínas.

El proceso de engorda de la trucha se calcula entre los ocho y diez meses, tiempo en el cual alcanza su talla comercial y es necesario en este tiempo mantener el estanque en buen estado sanitario, esto quiere decir que hay que lavarlo con una frecuencia mínima de 20 días [1].

2.6 Requerimientos de la trucha en su medio ambiente

El agua es el principal factor de producción en la acuicultura intensiva y particularmente en el cultivo de la trucha que demanda grandes volúmenes del líquido. El agua aporta el oxígeno, elimina los desechos del metabolismo y, por su composición y variabilidad físico-química, condiciona los rendimientos de reproducción. Las exigencias de los salmónidos son cuantitativas (caudal y velocidad del agua) y cualitativas como composición y temperatura, esta última no debe de exceder los 20°C para la trucha arcoíris, lo que limita los lugares de implantación posibles.

2.7 Variables fundamentales en el desarrollo de la trucha arcoíris

2.7.1 Oxígeno disuelto

El agua que se destina al cultivo de la trucha, deberá estar saturada de oxígeno disuelto, ya que esta no tolera concentraciones bajas de oxígeno. A mayor temperatura y altitud los niveles de saturación de Oxígeno son más bajos, razones por las cuales, en el caso de México esta recomendación adquiere mayor relevancia.

Los niveles mínimos de concentración de oxígeno tolerados por la trucha arcoíris son de aproximadamente 5.5 mg/L, y de 7.0 mg/L para los huevos. En condiciones de cultivo, al elevarse la temperatura los peces ingieren mayor cantidad de alimento y su consumo de oxígeno también se incrementa.

El oxígeno es el factor principal para el cultivo de esta especie, ya que de él dependen varios factores que van desde la sobrevivencia del organismo hasta la alimentación, el crecimiento y dentro del sistema de cultivo nos va a indicar la distribución de los organismos en los estanques, ya que muchas veces el tamaño de los estanques no es lo que determina la cantidad de organismo que podemos tener si no las concentraciones de oxígeno, además si se tiene una buena oxigenación el aprovechamiento del alimento va a ser el mejor y la asimilación de este será buena, con esto tendremos organismos de buen tamaño.

Para estar dentro de los límites de oxígeno disuelto aceptado para la mayoría de los salmónidos, el contenido que entra en las granjas deberá estar arriba del 95% de saturación del oxígeno disuelto en el agua, a la salida de la unidad de producción de oxígeno de 90 mm Hg. Esto va en contra de lo tradicionalmente aceptado que es un límite de 5.5 mg/L de este gas. [4]

2.7.2 Temperatura

Las fluctuaciones de temperatura en el agua son importantes para el piscicultor, la temperatura más favorable para el crecimiento de las truchas común y arcoíris oscila alrededor de los 15°C. Aunque las truchas arcoíris soportan temperaturas de 25 °C durante cortos periodos de tiempo, esto no es beneficioso, y 20 °C es la máxima temperatura en que podrán vivir durante tiempo prolongado. La temperatura óptima para los criaderos es menor que para los adultos: de 10°-12°C es la mejor para los huevos y alevines hasta la etapa nadadora.

2.7.3 PH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias.

La sigla significa 'potencial hidrógeno', 'potencial de hidrógeno' o 'potencial de hidrogeniones' (pondus Hydrogenii o potentia Hydrogenii; del latín pondus, n. = peso; potentia, f. = potencia; hydrogenium, n. = hidrógeno). Este término fue acuñado por el químico danés S. P. L. Sorensen (1868-1939), quien lo definió como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno.

Desde entonces, el término "pH" se ha utilizado universalmente por lo práctico que resulta para evitar el manejo de cifras largas y complejas. En disoluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno.

Por ejemplo, una concentración de $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ (0,0000001) es simplemente un pH de 7 ya que: $\text{pH} = -\log [10^{-7}] = 7$

La escala de pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución) y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (cuando el disolvente es agua).

Es importante considerar tanto el valor absoluto del pH como de sus variaciones o fluctuaciones. Para el cultivo de la trucha, es necesario que el pH sea lo más estable dentro del rango 6.5 a 8.0 ya que las variaciones de pH lesionan o estresan a la trucha. Cuando la alcalinidad del agua es moderada, el pH tiende a mantenerse estable. Las aguas no son apropiadas precisamente por esta razón, son frecuentes en regiones carentes de calcio o cuando reciben aportes de ácidos minerales, o cuando tienen contacto con rocas ígneas en tales casos conviene añadir cal viva

(CaCO₃) al agua, para aumentar su alcalinidad en un rango de 20 a 200 mg/L como CaCO₃.

Las aguas neutras o ligeramente alcalinas son las mejores para la crianza de truchas siendo el rango para el desarrollo satisfactorio de 6.5 a 8.6 y el óptimo de 7.0 a 8.5. Cuando el pH del agua es menor de 5 y mayor a 9.0 se debe descartar.

Para la cría de la trucha arcoíris los valores deseables del pH deben estar en un rango de 6.5 a 8,6, estos son los más apropiados para la producción. Con valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5 la reproducción disminuye. Con un pH por debajo de 4 se presenta la muerte ácida de los peces, y por arriba de 11 la muerte alcalina.

Tabla 2.1 Parámetros de la actividad acuícola para la trucha arcoíris

Temperatura	de 7.2°C a 17 °C para crecimiento de 7.2°C a 12 .8 °C para reproducción y incubación
Oxígeno disuelto	>5 mg/L
pH	6.7-9.0
Alcalinidad	20-200 mg/ L (como CaCO ₃)
Dióxido de Carbono	<2 mg/ L
Amonio	<0.012 mg/ L como NH ₃
Nitrito	<0.55 mg/ L
Nitrógeno	<110% de saturación total
Turbidez	aguas cristalinas libres de sedimentos ó materia orgánica

2.8 Sanidad piscícola

Dentro de la tecnología de cultivo, la sanidad ocupa un lugar de interés por la necesidad que existe de conocer los procedimientos para prevenir y controlar las enfermedades que potencialmente limitan la producción.

La prevención de las enfermedades es el mejor elemento de control y juega un papel importante en los cultivos de peces, teniendo en cuenta los cuidados de higiene de los estanques, el manejo de una densidad de carga adecuada, etc.

El piscicultor debe ser capaz de detectar algunos de los problemas de carencia nutricional o de enfermedades infecciosas más comunes y debe aprovechar las operaciones de clasificación para examinar, medir y pesar a todos los peces, o cuando menos, a una muestra significativa.

Entre los aspectos a vigilar está la revisión de las branquias, las mismas que deben presentarse sanas, ya que su eficacia en la captación de oxígeno influye en su tasa de crecimiento.

Las branquias son una de las partes más sensibles del organismo del pez, por lo que resultan buenos indicadores de su estado general. Asimismo se debe revisar ojos, piel y aletas a fin de detectar a tiempo problemas sanitarios, antes de que se produzcan perjuicios relevantes para la población de truchas.

2.8.1 Causas de enfermedades:

Entre las principales causas de las enfermedades se encuentran las siguientes:

Físicas: Temperatura, contenido de materiales en suspensión, turbidez.

Químicas: Cambios de pH., presencia de contaminantes orgánicos o inorgánicos [8]

2.9 Sistemas automatizados

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- ✓ Parte de Mando
- ✓ Parte Operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La Parte de Mando suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema.

Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

2.10 Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

2.11 Automatización industrial

Automatización Industrial (automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

La automatización como una disciplina de la ingeniería que es más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar, controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Las primeras máquinas simples sustituían una forma de esfuerzo en otra forma que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un peso pesado con sistema de poleas o con una palanca. Posteriormente las máquinas fueron capaces de sustituir formas naturales de energía renovable, tales como el viento, mareas, o un flujo de agua por energía humana.

La automatización Industrial también se puede definir como un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, económicos ,financieros, etc.

La automatización de una empresa dependiendo del proyecto puede ser parcial o total, y se puede ajustar a procesos manuales o semi-automáticos.

La automatización de las plantas industriales es un aspecto muy importante en el crecimiento de las empresas ya que se ven en la necesidad de:

- Incrementar la demanda del producto
- Ofrecer productos de mejor calidad
- Optimizar el consumo de energía

La principal razón de automatizar es el incremento de la productividad, ello se logra racionalizando las materias primas e insumos, reduciendo los costos operativos, reduciendo el consumo energético, incrementando la seguridad de los procesos, optimizando el recurso humano de la empresa y mejorando el diagnóstico, supervisión y control de calidad de la producción.

2.12 Ahorros que produce la automatización

A continuación se suministra una lista de algunos ahorros que se pueden producir teóricamente al ejecutar un proyecto de automatización de acuerdo al nivel de automatización y el tipo de proceso:

2.12.1 Seguridad

Ahorros estimados en: compra de implementos de seguridad para trabajos en zonas peligrosas (cascos, botas, guantes, iluminación, trajes especiales, arneses, etc.), seguros de vida, hospitalización y accidentes, indemnizaciones a familiares, costos de representación legal, multas provenientes de organismos reguladores de la actividad laboral, tiempo fuera de servicio de los equipos al producirse un accidente, reemplazo o reparación de equipos afectados.

2.12.2 Calidad

Ahorros estimados en: "Retrabajo" o reparación de piezas, reducción de la frecuencia de los servicios de mantenimiento, reparación y garantías ofrecidas al cliente, aumento de la demanda debido a la mejora esperada de la calidad del producto, disminución de la devolución de artículos por parte del consumidor, aumento de la demanda por parte de clientes nacionales y/o internacionales debido a la continuidad en el cumplimiento de las especificaciones, ingreso a nuevos mercados y aumento de la demanda al obtener una certificación por parte de un organismo supervisor de calidad, aumento de la demanda debido a la capacidad de ofrecer tiempo de garantía mayores.

2.12.3 Mercadeo y Productos

Ahorros estimados en: disminución del tiempo de respuesta de la producción a la variación de la demanda (almacenaje, materias primas empleadas, etc.), disminución del tiempo de respuesta a los cambios en el gusto del consumidor, demanda estimada de una nueva línea de productos, aumento de ingresos debido al aumento de la capacidad de producción.

2.12.4 Logística

Ahorros estimados en: disminución de los costos de almacenamiento e inventarios, disminución de los costos operacionales y el tiempo de procesamiento de órdenes de compra, originados por el "papeleo", demanda estimada a causa de la reducción de los tiempos de entrega.

2.12.5 Desechos

Ahorros estimados en: disminución del almacenamiento de productos de desecho, utilización más eficiente de la materia prima y de la energía, disminución en los costos involucrados en la eliminación o transporte de los desperdicios.

2.12.6 Ambiente

Ahorros estimados en: disminución de la generación de desechos tóxicos, con la correspondiente disminución de los gastos de: tratamiento, eliminación, transporte, almacenaje, efectos sobre el personal, efectos sobre la comunidad, etc., disminución o eliminación de multas por contaminación del ambiente, disminución de gastos de representación legal en el caso de violación de regulaciones ambientales, disminución de gastos médicos e indemnizaciones a las personas (internas o externas a la empresa) afectadas por la contaminación generada por la industria.

2.12.7 Laboral

Ahorros estimados en: sueldos y salarios del personal asociado al proceso a automatizar, promociones, seguro social, prestaciones, pensiones, bonos,

sobretiempos y otros ingresos del personal, paro de la producción, producción fuera de especificaciones, daño de equipos, tiempo de respuesta, y otros originadas por errores humanos.

2.12.8 Energía

Ahorros estimados en: disminución o uso más eficiente de la energía (eléctrica o provenientes de combustibles), disminución de los costos al utilizar una fuente alterna de energía.

2.13 Calidad y productividad al implantar un sistema automatizado

Las exigencias de la competencia en el mercado internacional hacen decisiva el considerar la automatización.

Los incrementos en los salarios y prestaciones han sido una causa de que los costos de producción, de materiales y de mano de obra crezcan hasta el punto de que los precios de los productos y servicios no puedan competir con los que vienen del exterior.

Con la Automatización podemos reducir costos unitarios y aumentar la calidad, por eso en la actualidad se pretende automatizar o dar por perdida la batalla por los mercados internacionales.

Al Automatizar la producción, el ingeniero encargado del producto, busca con frecuencia combinar operaciones que antes estaban separadas, ya que haciéndolo de esta manera, las necesidades de material en proceso son menores lo que reduce el capital inmovilizado en stock de una manera apreciable, al igual que el tiempo que va desde la recepción de la orden de trabajo hasta que la producción queda completada. Esta reducción a veces hace el producto más atractivo a los servicios de compra, pues elimina la necesidad de tener grandes stocks de artículos acabados.

La automatización tiende a mejorar la productividad y promueve un mejoramiento del nivel de vida, pudiendo decir que la productividad se basa en la producción hora-hombre, justificando los incrementos salariales si se mejora esa producción.

Una de las más indiscutibles razones para automatizar los procesos de producción es la mejora de la calidad. El rendimiento humano es variable a consecuencia de la naturaleza humana, este rendimiento está gobernado por la motivación, el vigor, la emoción, el cansancio, aburrimiento, el grado de dificultad, entre muchos más. El resultado será una variación en la calidad del producto terminado. [3]

Agroindustria

Es la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agrarios pecuarios, forestales y biológicos. Esta rama de industrias se divide en dos categorías, alimentaria y no alimentaria, la primera se encarga de la transformación de, los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos de elaboración para el consumo alimenticio, en esta transformación se incluye los procesos de selección de calidad, clasificación (por tamaño), embalaje-empaque y almacenamiento de la producción agrícola, a pesar que no haya transformación en sí y también las transformaciones posteriores de los productos y subproductos obtenidos de la primera transformación de la materia prima agrícola. La rama no-alimentaria es la encargada de la parte de transformación de estos productos que sirven como materias primas, utilizando sus recursos naturales para realizar diferentes productos industriales. [10]

CAPITULO 3

3.0 REVISIÓN TÉCNICA

En este capítulo se describirá el funcionamiento y características de los elementos necesarios que se requerirán para la automatización del estanque prototipo.

3.1 PLC

El término PLC proviene de las siglas en inglés para Programmable Logic Controller, que traducido al español se entiende como “Controlador Lógico Programable”. Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por sensores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los actuadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte (imagen 3.1), son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin

embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.



Imagen 3.1 Control Lógico Programable Allen-Bradley.

3.2 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación, con lo que puede decirse también, que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o

contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.



Imagen 3.2 Sensor electro magnético de nivel.

Los sensores magnéticos para medición de líquidos, como el que se muestra en la figura 3.2 basan su funcionamiento en la flotación de una parte del sensor que contiene un material magnético, en forma de dona, el cual cuando flota, genera un campo magnético con la barra central que cuenta con un material metálico, este campo magnético conforma el pulso digital on u off, que es la información que genera este sensor. [6]

3.3 Electroválvulas

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

Clases y funcionamiento.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su

movimiento. Es común que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

Válvula 3/2, de mando electromagnético, N.C.

Los electroimanes se emplean para pilotar válvulas cuando la señal de mando proviene de un elemento eléctrico, tales como un final de carrera, un pulsador, temporizadores o un programador eléctrico. Mientras no esté excitada la bobina del electroimán, la vía P está bloqueada, mientras A está en comunicación con R. (imagen 3.3)

Al excitar el imán, atrae la armadura, cerrando R y poniendo en comunicación P con A. [2]

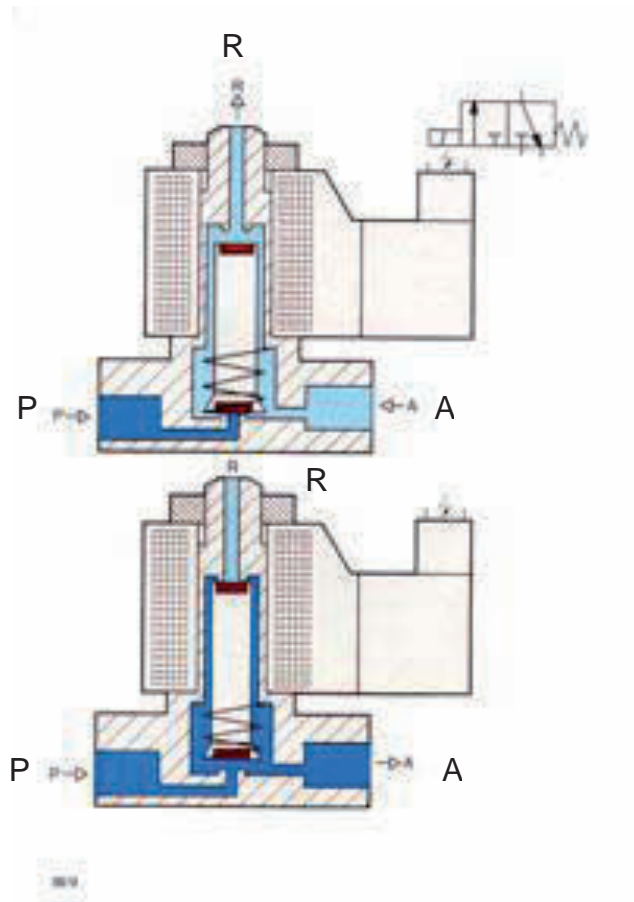


Imagen 3.3 Diagrama Electroválvula 12vcd N/C.



Imagen 3.4 Electroválvula 12vcd N/C.

3.5 Termopar

Un termopar es un dispositivo de estado sólido que se utiliza para convertir la energía en voltaje. Consta de dos metales diferentes empalmados en una junta.

Pueden utilizarse como materiales para la fabricación de termopares, tales como: hierro, cobre o antimonio y bismuto.

Los termopares se emplean como sensores de temperatura e instrumentos semejantes a los termómetros denominados pirómetros. En un pirómetro, el voltaje producido por un termopar origina que una corriente circule a través de un medidor eléctrico, el cual se calibra para indicar directamente el valor de la temperatura. Un termopar puede colocarse en un horno; cuando aumenta la temperatura en el horno, también aumenta el voltaje que se genera en el termopar. En consecuencia pasa más corriente por el medidor. En tal caso, el medidor indica el aumento de corriente como una temperatura mayor. Con los pirómetros se puede medir con mucha precisión, temperaturas que van desde 2700 hasta 10,800°F (1,500 a 6,000°C).

Los termopares comerciales se designan por letras (T,E,J,K,R) que identifican los materiales que contienen, se especifican generalmente por su sensibilidad o coeficiente térmico MV/°C. [11]



Imagen 3.6 Termopar Bimetálico.

CAPITULO 4

4.0 METODOLOGÍA

Como se ha planteado en este trabajo, el objetivo principal es el automatizar 3 de las 4 variables fundamentales del proceso de la acuicultura, esta automatización comprende el monitorear la variable, medirla y si está fuera de rango, controlarla.

La metodología utilizada para lograr este objetivo es la siguiente:

- a) Descripción de los estanques de geomembrana
- b) Análisis de la preparación del terreno
- c) Descripción del proceso de construcción de los estanques de geomembrana
- d) Descripción del funcionamiento de los estanques en la actividad acuícola
- e) Construcción del estanque prototipo
- f) Análisis de las variables fundamentales en la acuicultura enfocado a los estanques instalados que fungen como objeto de estudio (granja “La guare” en Acuitzio Mich.)
- g) Automatización electromecánica del estanque prototipo
- h) Programación del PLC
- i) Revisión del funcionamiento del estanque

4.1 La creación de los estanques en la granja.

De acuerdo a la siguiente metodología, fueron fabricados los estanques que se encuentran instalados, como ya se mencionó anteriormente, en la granja se encuentran instalados 10 estanques de geomembrana de 9.20 metros de diámetro x 1.20 de alto.



Imagen 4.1 estanque instalados en la granja acuícola “La Guare” en Acuitzio Michoacán.

4.2 Geomembrana

Su nombre completo es Geomembrana de polietileno de alta densidad, la cual es un polímero termoplástico obtenido por polimerización del etileno.

Sus propiedades dependen de su estructura, los obtenidos a alta presión presentan una estructura ramificada, mientras que los obtenidos a baja presión son lineales.

Las diferencias radican en las variaciones del grado de ramificación, en el peso molecular y en la densidad.

Los aditivos más empleados en el polietileno son antioxidantes y los absorbentes U.V., para evitar la degradación por oxidación y la foto degradación. Los materiales utilizados para la elaboración de estas son resinas vírgenes, está compuesto en 97.5% de polímero y 2.5% de negro de carbono y antioxidantes.

Características

- **Baja Permeabilidad:** este tipo de recubrimientos son seguros ya que no los penetra la lixiviación; el gas metano no se puede fugar del sistema de sellado; y la lluvia no puede infiltrarse en una cobertura de este tipo.
- **Resistencia a los Rayos Ultravioleta (UV):** La resistencia del HDPE a ser expuesta a los rayos UV se ve incrementada al añadir el carbón negro. Además, con la ausencia de plastificantes, la volatilización no es un problema.
- **Factor Refractivo:** Membranas Los Volcanes ofrece sus geomembranas de HDPE tanto en blanco como en negro. Una superficie blanca ayuda a mitigar las extremas temperaturas sobre el forro y ayuda en la inspección visual.

4.2.1 Estructura de los estanque de Geomembrana instalados

El estanque lo integra (imagen 4.2):

- Estructura (Bolsa de Geomembrana y estructura de Malla).
- Terraplén es la elaboración de la base donde sienta el estanque, la cual consiste en dar el desnivel cónico al centro del 5%.
- Aparte se puede colocar lo que nosotros denominamos Sistema de Desagüe que es tubería PVC Hidráulica; que va desde el centro del estanque hacia 1m fuera.

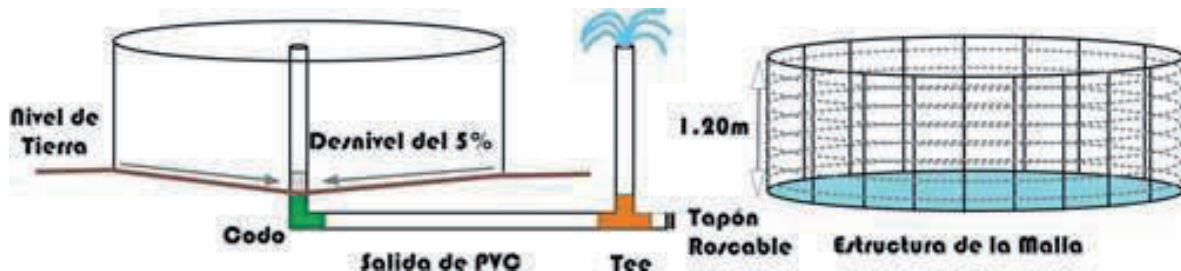


Imagen 4.2 Croquis detallado de la colocación de los estanques de geomembrana dentro del predio.

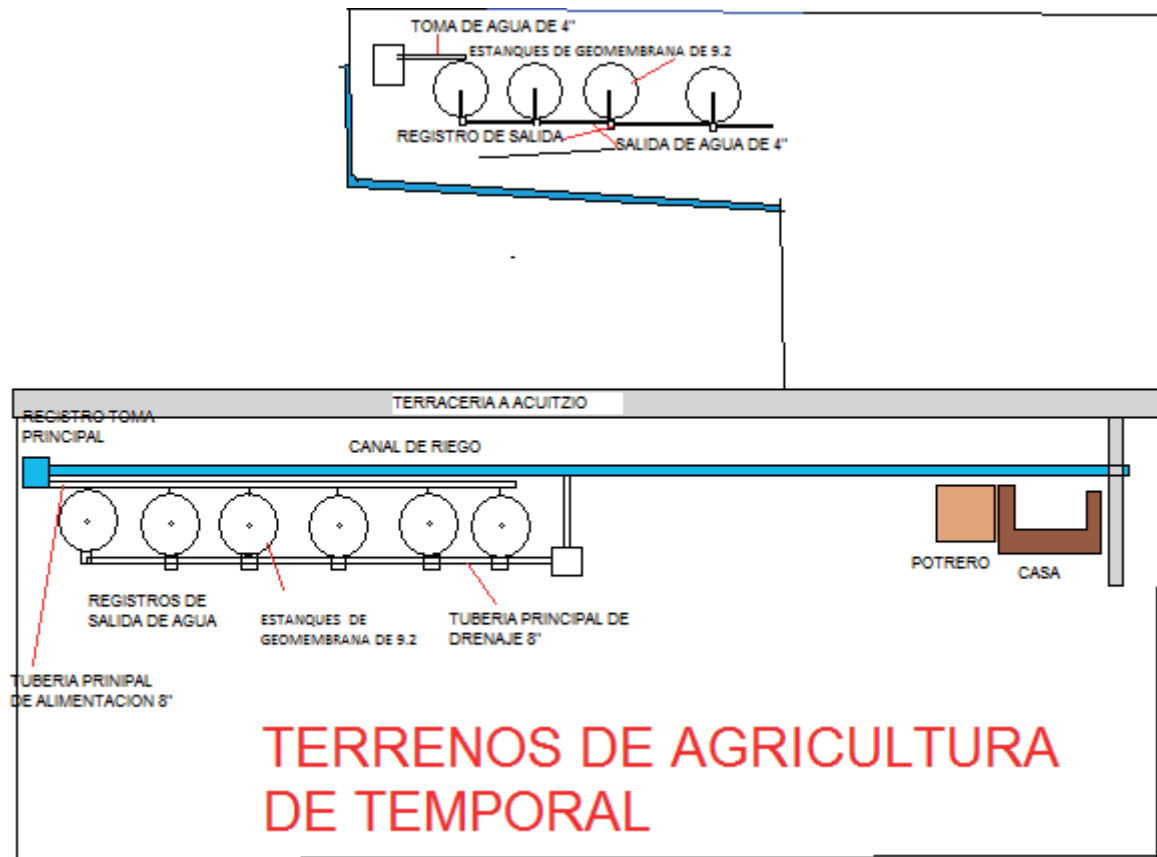


Imagen 4.3 Croquis de la totalidad del equipo instalado en el terreno.

4.3 Los estanques instalados

En esta sección se explicará la metodología utilizada en la granja para la construcción e instalación de los estanques, como ya se ha mencionado se eligió el estanque de geomembrana, mediante un estudio técnico, donde resultó, que de acuerdo a las características del medio ambiente y del terreno, la geomembrana resulta la mejor opción, la instalación estuvo a cargo de una empresa dedicada a la actividad acuícola además de trabajadores del lugar.

4.4 PREPARACION DEL TERRENO

Mejoramiento de terreno.

El mejoramiento del terreno es un procedimiento en el cual se busca eliminar cualquier desnivel que tenga el terreno, con el objetivo de crear una cama de 2 materiales diferentes que servirán el primero como filtro y el segundo como aislante.

Una vez que el terreno es nivelado y emparejado con maquinaria se procedió a poner la primera capa de material que es el filtrante.

El filtro es un material parecido a la grava pero de mayores dimensiones, el objetivo de este material, es que al tener mayores dimensiones que la grava común y formas muy irregulares al momento que se acomoda, quedan intersticios que fungen como conductos, se colocó una capa de 30 cm aproximadamente, que servirá como drenaje natural para en caso de que existieran minaciones de agua, esta no se estanque y cause encharcamientos, erosión y hundimientos de las tinas.

En este tipo de terrenos existen escurrideros naturales que corren de los canales principales por gravedad a espacios más bajos. (Imagen 4.4)

El segundo material utilizado en la preparación del terreno es una cama de arena de 20 cm aproximadamente, que cumplirá con la función de aislar los estanques de diferentes materiales que puedan causar algún daño a su estructura como: piedras puntiagudas, alambres, estacas, vidrios etc.



Imagen 4.4 Mejoramiento del terreno.

En la imagen 4.5 se muestra la preparación de las bases de los estanques que consta de una superficie con una diferencia de 0 a 5 cm partiendo del centro, logrando una base cónica, para generar un efecto de remolino que facilita el movimiento del agua y la autolimpieza.



Imagen 4.5 Preparación cónica de la base de los estanques.

4.5 Elemento requeridos en la construcción de un estanque de geomembrana

- a) Geomembrana
- b) Malla electrosoldada de acero
- c) Tubos galvanizados (soportes de la estructura)
- d) Cables de acero



Imagen 4.7 Construcción de los estanques.



Imagen 4.8 Estanques de geomembrana terminados.

4.7 Sistema de abastecimiento de agua

El sistema de abastecimiento encausa el agua del canal principal a los estanques, pasando por un filtro desarenador y el ciclo funciona de la siguiente manera:



Imagen 4.9 Sistema de abastecimiento de agua.

- 1) El agua viene por un canal principal proveniente de un manantial cercano, llegando a un cuadro concentrador con 2 salidas, que además funciona como un regulador de flujo.
- 2) La primer salida principal del concentrador sigue su cauce sobre el canal principal de riego, al ser bloqueada la salida principal toma la salida alterna que está conectado a un filtro desarenador donde se sedimentan los sólidos
- 3) La salida del desarenador cuenta con un tubo de 8”.
- 4) El tubo de 8” alimenta a los estanques mediante acoplamientos de 4” direccionados hacia los estanques.
- 5) En el centro de los estanques cuenta con un drenaje, ya que por naturaleza de las granjas de trucha es necesario que exista una circulación constante de agua, buscando tener una relación entre el agua que entra y la que sale.

- 6) La salida del drenaje se direcciona hacia un monje (cubo de cemento) donde se puede manipular el nivel del agua en el estanque.
- 7) El agua utilizada en el proceso se encauza al canal principal de riego, evitando desperdiciar el agua.



Imagen 4.10 Entrada de agua de los estanques.

4.8 Creación del prototipo automatizado

Recordando que, el objetivo principal de este trabajo es automatizar algunas de las variables fundamentales (las que sean factibles de ser automatizadas) en el cultivo de la trucha arcoíris, se creará un prototipo de los estanques de geomembrana ya descritos, se utilizarán materiales muy similares a los de los estanques reales, teniendo una proporción aproximada de 1:10.

El objetivo de crear este prototipo, es reproducir las características de los estanques originales y que presenten las mismas variables ya descritas que serán automatizadas, pero teniendo la facilidad de hacer diferentes pruebas, algunas de ellas destructivas y no dañar los estanques y sobre todo contaminar el medio ambiente de los estanque reales que se encuentran en funcionamiento.

A continuación se describen los elementos utilizados para la creación del estanque prototipo donde se realizarán los trabajos de automatización.

Cabe mencionar que la primera opción en la fabricación de este estanque fue la geomembrana exactamente igual a la utilizada en los estanques reales, pero una vez creado el estanque se observó que el color negro de la geomembrana impedía que se observaran bien los detalles de los instrumentos utilizados e instalados, (mangueras, sensores, etc.,) debido a esto se decidió utilizar un material muy similar pero translucido, el cual hace un mucho mejor contraste con el equipo utilizado, esto solo para fines de documentación del proyecto.



Imagen 4.11 Fabricación del estanque prototipo, que al igual que en los estanques reales se comienza colocando la base circular, para después colocar las paredes.

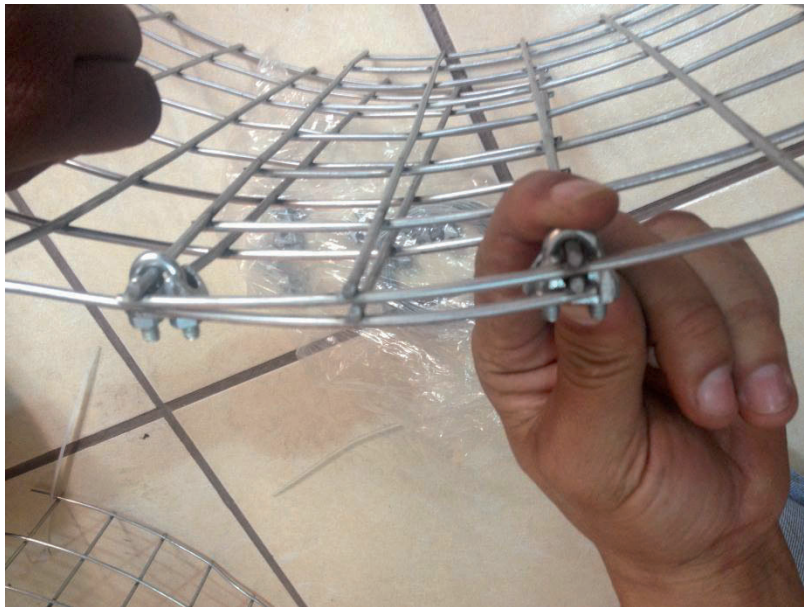


Imagen 4.12 Construcción de soporte circular de las paredes del estanque, que como se observa al igual que en los estanques reales se trata de malla de acero electro soldada, y sus elementos que la sujetan.



Imagen 4.13 La geomembrana es un material termoplástico, por lo cual la única forma de adherir dos partes de este mismo material es mediante la termo fusión, en esta imagen se muestran las pruebas realizadas a la geomembrana del estaque prototipo, del tiempo de termo fusionado necesario para tener la máxima adherencia de los materiales.



Imagen 4.14 Colocación de la geomembrana en el estaque.



Imagen 4.15 Estanque prototipo terminado.

En el esquema 4.15 se muestra el estanque prototipo que será utilizado para la automatización del control de las variables, el cual está fabricado con elementos muy similares a los utilizados en los estanques reales, las dimensiones de este prototipo son 35 cm de altura y 70 cm de diámetro, lo cual representa una proporción de 1:10 de los estanques reales, aproximadamente.

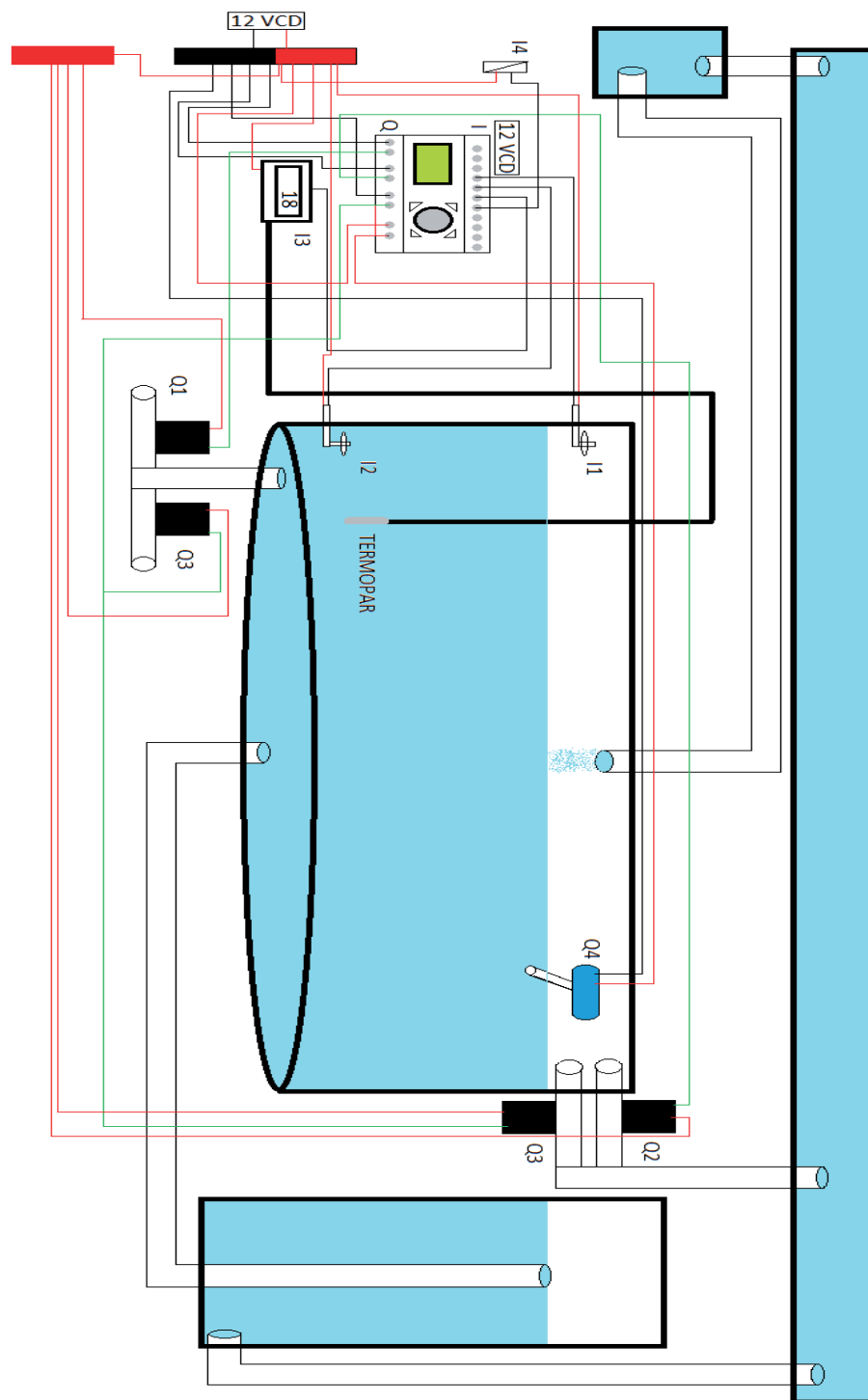


Imagen 4.16 Esquema de conexiones del estanque.

4.9 Automatización del estanque

En este capítulo se describirán los elementos que serán utilizados para la automatización del estanque, como ya se mencionó fueron 3 variables las que serán automatizadas en su control y corrección del error de la siguiente manera:

4.9.1 Temperatura

La temperatura adecuada del agua para el desarrollo óptimo de la trucha son hasta los 15°C y una temperatura mínima de 7°C, de acuerdo a las características de la zona la temperatura ambiente del agua estancada oscila durante el día entre los 11°C y los 20°C, por lo cual en diferentes horas del día la temperatura sobrepasa el límite superior aceptado.

La corrección de esta variable se lleva a cabo de forma manual, donde un operador mide la temperatura del agua en las horas críticas (entre las 11 y 16 horas) donde regularmente el agua se encuentra por arriba de la temperatura máxima, por lo que procede a un proceso llamado recambio de agua, el cual se refiere, como su nombre lo dice, hacer un cambio de rápido de agua abriendo las válvulas de entrada y de salida del estanque, entrando agua corriente a menor temperatura, 11°C aproximadamente y saliendo el agua estancada, llegando así a un equilibrio térmico entre los 14°C y 15°C aproximadamente.

Como se expresa en este trabajo, la temperatura en el proceso de recambio de agua es aproximado, por diferentes causas como los errores teóricos de medición y sobre todo que la temperatura es tomada durante un corto lapso de tiempo, por lo cual el automatizar este proceso resultara sumamente útil ya que mediante los instrumentos de control de temperatura digitales se garantizará que la variable se encontrará siempre dentro del rango óptimo.

Para la automatización se utilizó la interrelación del PLC con un control digital de temperatura conocido como de rampas, que permite fijar un rango de temperatura,

que en este caso será de entre 7°C y 15°C, cabe señalar la importancia de que el instrumento permita fijar este rango, ya que los controladores convencionales de temperatura no lo poseen y solo están diseñados para mantener la temperatura en un punto deseado y esto nos traería como resultado un efecto de switcheo (cambio de estado de una posición lógica, on-off, abierto- cerrado, etc.) que al estar el agua a cualquier otra temperatura que no sea la programada, estará enviando una señal al PLC mediante un relevador, lo cual sería poner el sistema en funcionamiento prácticamente todo el tiempo.

El control con rango permite que, como es natural, el agua cambie de temperatura constantemente al paso del día, y que si, y solo si la variable se encuentra fuera de rango se lleve a cabo la acción correctiva.

La medición y acción correctiva

La medición y acción correctiva se lleva a cabo de la siguiente forma:

- 1) El control de temperatura a través del termopar mide la temperatura del agua en el estanque.
- 2) El control muestra la temperatura actual del agua.
- 3) El control tiene programado previamente el rango de temperatura deseado.
- 4) El termopar envía constantemente información al controlador (60 veces en 1 min aprox.) sobre la temperatura.
- 5) El controlador evalúa, si está dentro del rango, no hace nada, continua su ciclo normal de monitoreo.
- 6) Si esta fuera de rango, manda una señal digital a la entrada del PLC, indicando la situación actual del sistema.
- 7) El PLC de acuerdo a lo programado, censa la entrada y manda una señal a través de una de sus salidas abriendo las electroválvulas de entrada y salida de agua para que inicie el proceso de recambio de agua.

4.9.2 Niveles

El control de niveles es otra variable fundamental dentro de la actividad acuícola, se refiere a controlar la cantidad de agua que se encuentra dentro del estanque. Existe un nivel máximo que no se debe sobrepasar ya que traería diferentes problemas, como que las trucas pudieran salir del estanque etc., y un nivel mínimo que garantice la vida de los peces.

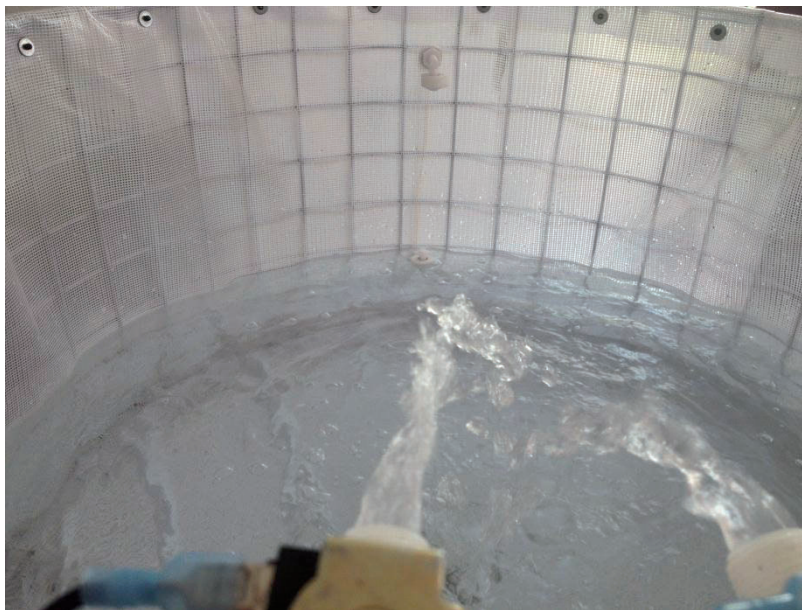


Imagen 4.19 Sensores magnéticos de nivel.

El nivel de agua mínimo de seguridad.

Este nivel resulta una innovación dentro del proceso de acuicultura y sobre todo en este tipo de estanques, la geomembrana es una materia plástica de 1 mm de espesor, es resistente, pero que no está exento de una rasgadura.

Una rasgadura del estanque dependiendo de la zona puede ser fatal para el proceso acuícola, ya que en poco tiempo puede tirarse todo el contenido, muriendo toda la población de peces en minutos, una rasgadura es un evento muy posible en la granja, del cual ya se han tenido en los estanques, con grandes pérdidas, un animal,

un malintencionado, el propio movimiento del estaque son causas para este problema, que si ocurriera en el transcurso de la noche los operadores no tendrían oportunidad de reaccionar y abrir la válvula que compensara la perdida hasta que fuera reparado.

En este proyecto se implementó un mecanismo de seguridad instalando un sensor electromagnético a un nivel mínimo de agua (figura 4.19) que garantice la vida de los peces, si este nivel mínimo baja, inmediatamente de forma automática se abre la electroválvula de entrada de agua tratando de compensar la pedida, lo cual resulta un elemento que contribuye a la productividad y rentabilidad del estanque en la cosecha o conteo final.



Imagen 4.20 Sensor de seguridad o de nivel mínimo.

Descripción del proceso de control automatizado de niveles:

Nivel máximo:

- 1) El estanque siempre debe de tener un nivel de agua constante y calculado (por arriba del sensor de nivel mínimo y por abajo del sensor de nivel máximo).
- 2) El estanque tiene constantemente una entrada y salida de agua, si la entrada es mayor que la salida el estanque comenzara a ganar nivel, esta situación puede darse por diferentes cuestiones, una entrada repentina de mayor flujo, una obstrucción en la salida etc.
- 3) Si el sensor de nivel máximo se acciona, manda señal a una entrada del PLC indicándole que debe encender la electroválvula de salida para tratar de volver a un nivel adecuado, este ahora será justo por debajo de este sensor.

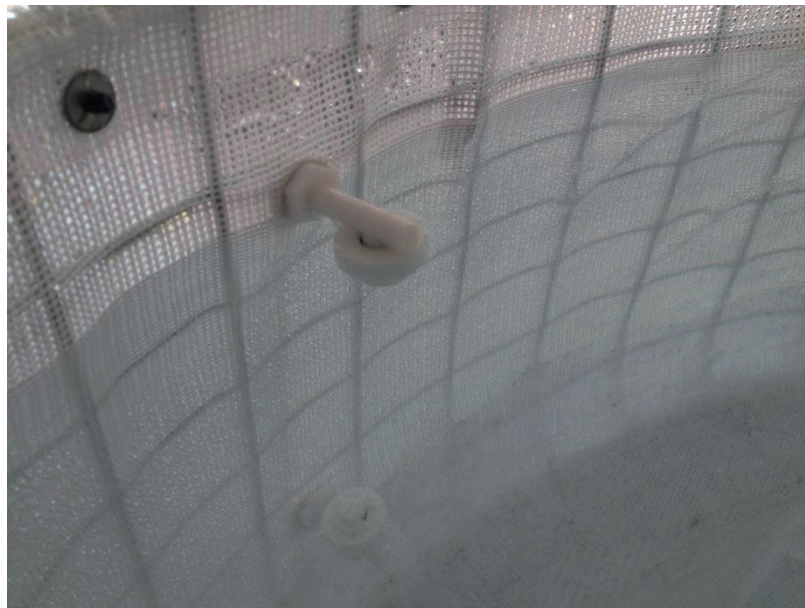


Imagen 4.21 Sensor magnético de nivel máximo del estanque.

En la imagen 4.20 se muestra el nivel máximo que puede llegar a tener el estanque, ya que cuando se tiene una entrada mayor de agua que sobre pase este nivel el sensor mandará la señal al PLC para que accione la electroválvula de salida de agua y evitar el desborde.

4.9.3 Control de oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en agua es el principal factor en el cultivo de la trucha arcoíris, la falta de oxigenación afecta directamente al organismos de los peces, afectando su desarrollo, la temperatura y el oxígeno disuelto están directamente relacionados, al aumentar la temperatura, los peces ingieren más alimento y requerirán mayor cantidad de oxígeno para aprovechar mejor el alimento y tener peces de mejor talla.

La automatización del control del oxígeno disuelto en agua en el proyecto se llevará a cabo mediante un generador de oxígeno temporizado, si bien es cierto que lo ideal será tener un control más exacto, como en el caso del controlador de temperatura, un sensor de oxígeno que interactúe con el PLC y encienda el generador de oxígeno hasta que se encuentre en los niveles adecuados, sin embargo y de acuerdo a mediciones realizadas en la granja, temporizando el generador de oxígeno (encenderlo durante la noche 1 hora cada 3 horas, entre 7 de la noche y 7 de la mañana ya que es cuando la demanda del consumo de oxígeno se dispara tanto por los peces como de todo el ecosistema) se garantiza que este factor se encuentre dentro del parámetro , la automatización de la variable se llevará a cabo de la siguiente manera:

- 1) El generador de oxígeno que se encuentra en el estanque está conectado directamente al PLC.
- 2) En la programación del PLC, se temporizó los lapsos de encendido y apagado del generador.
- 3) Mediante mediciones se comprobó que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, utilizando el generador temporizado, el nivel de oxígeno se encontró dentro de los márgenes adecuados.

Tabla 4.1 Nomenclatura de la programación del PLC.

ENTRADAS	
I1	Sensor de nivel superior
I2	Sensor de nivel inferior
I3	Control de temperatura
I4	Switch
SALIDAS	
Q1	Electroválvula de salida
Q2	Electroválvula de entrada
Q3	Electroválvulas de recambio de agua
Q4	Generador de oxígeno

4.10.1 Programación de la secuencia del PLC

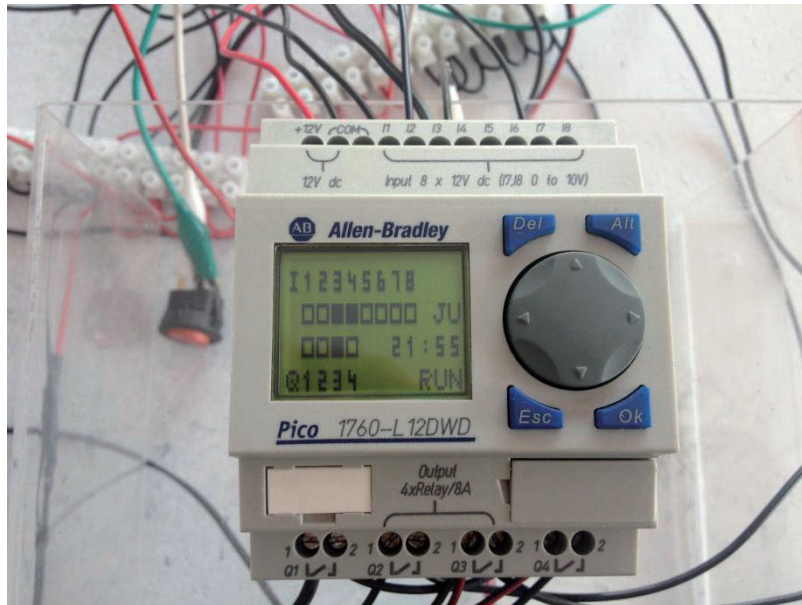
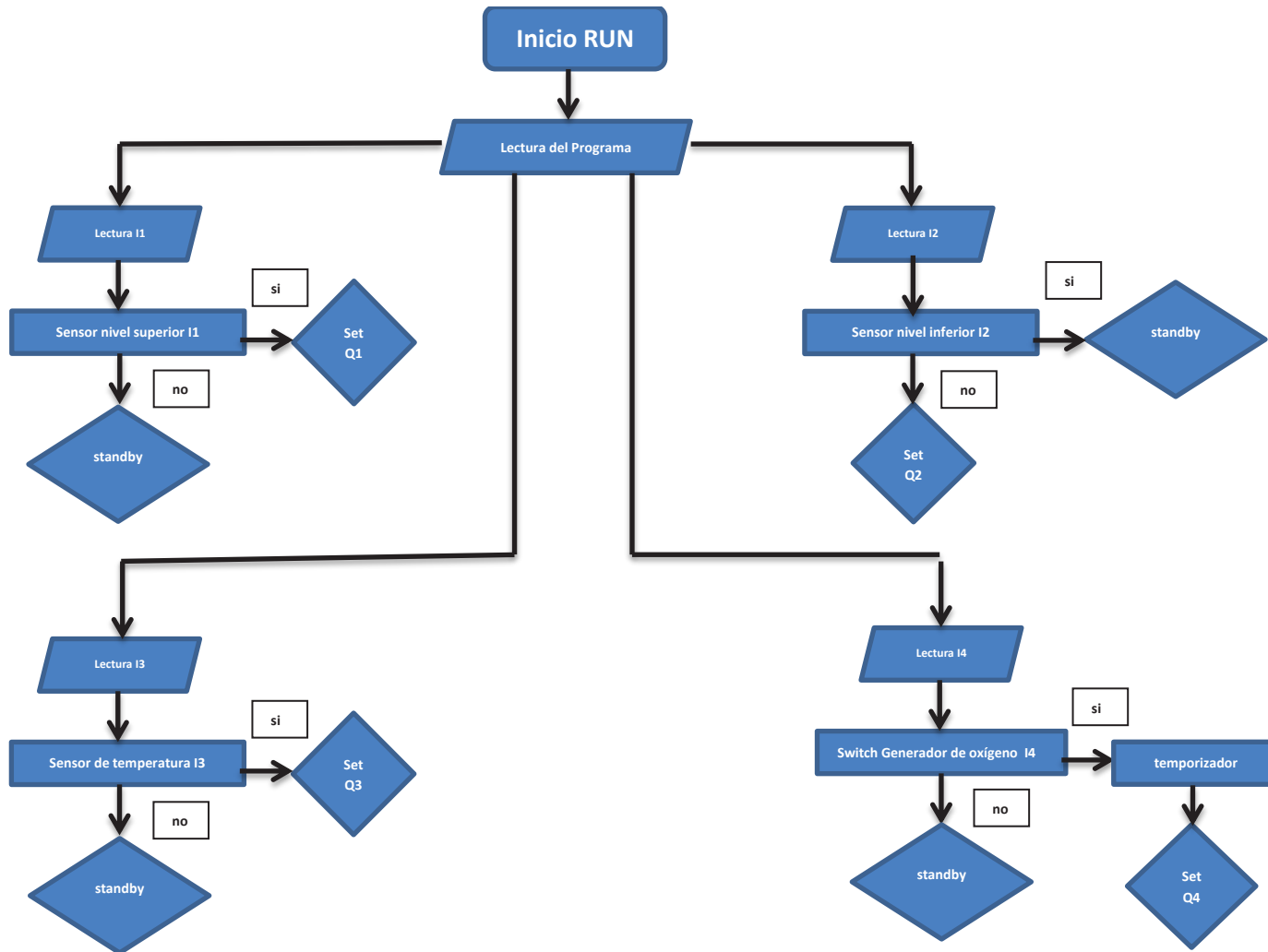


Imagen 4.24 PLC Allen-Bradley 1760-I12DWD utilizado en el proyecto.

En la figura 4.24 se observa el PLC utilizado, se trata de un equipo Allen-Bradley modelo Pico 1760-L12DWD que cuenta con 8 entradas, de las cuales 6 digitales y 2 analógicas, además 4 salidas a relevador, la justificación del porque utilizar este tipo de PLC, está fundamentada en que este tipo de PLC (con pantalla LCD) pueden ser programados directamente en el mismo equipo, es decir no es necesario conectarlo a la PC para su configuración, esto facilita la modificación rápida del programa en caso de ser necesario.

Esta modificación se haría principalmente para mover los parámetros de tiempo del generador de oxígeno, ya que las cuestiones climatológicas en diferentes épocas del año afectan la cantidad de oxígeno disuelto en el estanque, por lo cual en las mediciones cotidianas del operador puede detectar cuando el tiempo de oxigenado del agua no está siendo suficiente y es necesario que el generador permanezca prendido por más tiempo, una vez definido el tiempo necesario, se realiza la modificación en el PLC para que continúe su funcionamiento de manera automática.

Diagrama de flujo del programa



4.10.2 Descripción del Programa.

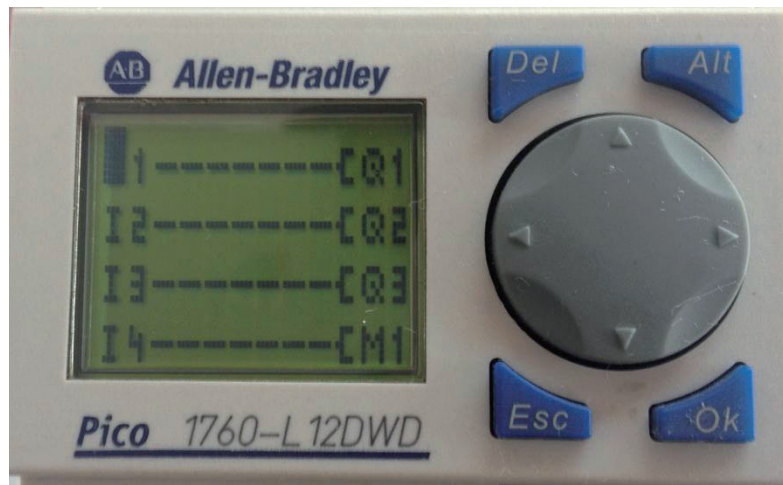


Imagen 4.25 Pantalla de programación del PLC.

La imagen 4.25 corresponde a la pantalla del PLC, en la modalidad de programación, en este tipo del PLC's es posible manipular la programación mediante las teclas mostradas, en este caso las entradas y la salida son correspondientes y siguen la siguiente lógica:

PROGRAMA

I1 ----- Q1

Como se ilustró en una tabla anterior, la entrada I1 corresponde a lo que llamamos sensor de nivel superior y está conectado con Q1 que es la salida de agua mediante electroválvula, la lógica de este paso del programa es, si el sensor de nivel máximo está activado se activa la salida de agua.

I2 ----- Q2

I2 corresponde al sensor de nivel inferior o mínimo, que al estar activado, la condición será que el nivel de agua en el estanque está por debajo del de seguridad, acciona Q2, que enciende la electroválvula de entrada de agua.

I3 ----- Q3

La entrada I3 es el controlador de temperatura, cuando se da esta condición, la temperatura se encuentra fuera del rango programado, es necesario el proceso de recambio de agua, consiste en hacer fluir agua “fresca” (a menor temperatura que la del estanque) y así buscar un equilibrio térmico bajando la temperatura, esto físicamente se realiza accionando simultáneamente la electroválvula de entra y de salida haciendo circular el agua en el estanque.

I4 ----- Q4

La entrada I4 es un Switch que al estar en posición on, acciona dentro del PLC un temporizador, que tiene a Q4 como salida, Q4 es el generador de oxígeno.

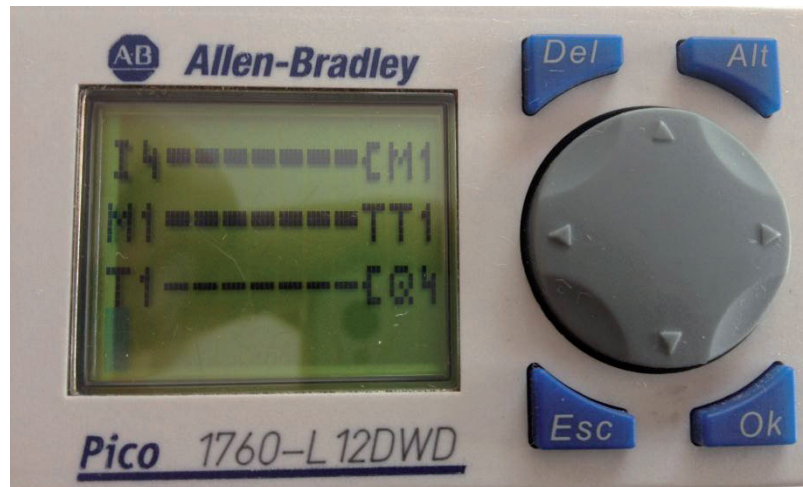


Imagen 4.26 Programación del temporizador en el PLC, en este tipo de aparatos el tiempo se fija mediante marcas denominada M1 que corresponderá a T1 que es la variable temporizado y que tiene como salida Q4 temporizada.

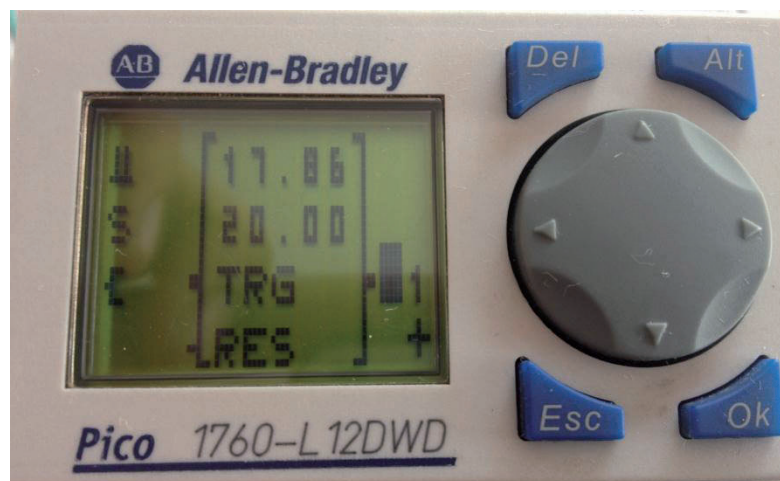


Imagen 4.27 Pantalla de lo que se denomina caja de tiempo, que es la programación del temporizador en el PLC, existen diferentes modalidades en su programación, la seleccionada en el proyecto es, al estar accionada la función comienza con un pulso bajo, es decir comienza el conteo del tiempo y al termina comienza el pulso alto que es cuando conmuta al generador, al terminar el tiempo, vuelva a un pulso bajo y así continua el ciclo.

CAPITULO 5

5.0 Resultados

El resultado de este proyecto es la automatización del estanque prototipo, utilizando elementos electromecánicos, que de acuerdo a un estudio de factibilidad, se observó que el tema se delimita a automatizar el control de 3 de las 4 variables fundamentales en la actividad acuícola que fueron: temperatura, nivel de agua en el estanque y oxígeno disuelto en agua.

El estanque automatizado.

El estanque automatizado se sometió a las diferentes pruebas necesarias para monitorear y controlar las variables automatizadas.



Imagen 5.1 Estanque automatizado.

Se realizó una simulación del proceso de monitoreo y control de variables, intencionalmente se manipularon las condiciones reales del sistema, para poner a prueba el sistema automatizado, los resultados de estas pruebas fueron los siguientes:

Temperatura

Se elevó la temperatura del agua, agregando agua caliente al estanque, para comprobar que el equipo respondiera de manera adecuada al cambio, el resultado de la prueba fue: se activó el funcionamiento del sistema de recambio de agua, logrando bajar la temperatura del agua regresando al rango adecuado, el proceso de medición y control es la interrelación del control de temperatura digital, con el termopar, que fungieron como sensor al PLC para que este evaluara las condiciones y llevara a cabo el proceso de recambio de agua obteniendo la respuesta esperada.



Imagen 5.2 Elementos del sistema.

Oxígeno Disuelto en Agua

El control del oxígeno disuelto en agua, realizó, temporizando la bomba de oxígeno durante los periodos, que en el estanque real se ha detectado que son los de mayor demanda de oxígeno durante el día, de acuerdo con la bibliografía [12] y lo medido en la granja, después de las 7 pm, comienza la mayor demanda de oxígeno del ecosistema en general, por lo cual de las 7 pm a las 6 am, se programó el

funcionamiento de la bomba de oxígeno en lapsos de 1 hora cada 3 horas , lo cual garantiza los niveles de oxígeno adecuado en el estanque durante todo el día.

El oxígeno adecuado en el estanque es necesario para el buen desarrollo del pez, el automatizar este proceso resultará de gran importancia, ya que por la naturaleza del horario de funcionamiento de la bomba requerido, resulta muy complicado para el operador cumplir con el encendido y apagado manualmente, durante toda la noche.



Imagen 5.3 Generador de oxígeno temporizado.

Costo material utilizado para la automatización del prototipo

A continuación se presentará los costos del equipo necesario para la automatización del estanque prototipo, cabe mencionar que todos estos elementos son de uso industrial al igual que los que se ocuparían para la automatización de un estanque de medidas reales, solo que estos instrumentos son de dimensiones más pequeñas adaptándose al tamaño del tanque en estudio.

Tabla 5.1 Costo de los elementos para la automatización del estanque prototipo.

ELEMENTO	USO	CANTIDAD	COSTO
PLC ALLEN-BRADLEY PICO 1760 Dwd	CONTROL GENERAL	1	\$1,620.00
CONTROL DE TEMP. WILLHI	CONTROL DE TEMPERATURA	1	\$976.00
SENSOR DE NIVEL DE LIQUIDOS 90° C/FLOTADOR	SENSOR DE NIVEL MAXIMO DE AGUA	1	\$229.50
SENSOR DE NIVEL DE LIQUIDOS 90° C/FLOTADOR	SENSOR DE NIVEL MINIMO DE AGUA	1	\$229.50
ELECTROVALVULA 12VCD NC CONECTOR ROSCA	ENTRADA DE AGUA	1	\$400.00
ELECTROVALVULA 12VCD NC CONECTOR ROSCA	SALIDA DE AGUA	1	\$400.00
ELECTROVALVULA 12VCD NC CONECTOR ROSCA	RECAMBIO DE AGUA ENTRADA	1	\$400.00
ELECTROVALVULA 12VCD NC CONECTOR ROSCA	RECAMBIO DE AGUA SALIDA	1	\$400.00
GENERADOR DE OXIGENO 120VCA	GENERADOR DE OXIGENO DISUELTO	1	\$295.00
MATERIALES DIVERSOS (CABLES, ACOPLAM. ETC)	MATERILES DE CONEXIÓN	1	\$670.00
		TOTAL	\$5,620.00

Proyección del costo de los elementos para la automatización de un estanque de dimensiones reales.

La siguiente cotización corresponde a los elementos que serían requeridos para la automatización de un estanque como los que actualmente se encuentran instalados (diámetro 9.20m altura 1.20m), como se puede observar en la siguiente tabla 5.2, se trata de elementos muy parecidos a los utilizados en el prototipo, solo que algunos para diferente capacidad, otros son exactamente los mismos.

Esta tabla (Tabla 5.2) servirá para brindar una información muy aproximada de la inversión necesaria para poner en funcionamiento este proyecto en la granja, esta automatización traería grandes beneficios en el desarrollo de la trucha.

Tabla 5.2 Estimado de costos para la automatización de un estanque de dimensiones reales.

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO
PLC ALLEN-BRADLEY PICO 1760 Dwd	1	\$1,620
CONTROL DE TEMPERATURA WILLHI	1	\$976
ELECTROVALVULA 120 VCA NC. CONECTOR TIPO ROSCA 4"	4	\$6,616
SENSOR DE NIVEL DE LIQUIDOS 90° C/FLOTADOR CONFIG NO/NC	2	\$459
GENERADOR DE OXIGENO 120 VCA	1	\$3,390
MATERIALES DIVERSOS (CABLES, ACOPLAMINTOS ETC)		\$3,670
	TOTAL	\$16,731

Amortización de la inversión

A continuación se realizará la amortización de la inversión, que de acuerdo al tipo de bien, los instrumentos utilizados en este trabajo, según la clasificación general de la Secretaría de Hacienda para sociedades mercantiles, el sub segmento al que pertenecen sería:

- Equipos electrónicos diferenciados para automatización, regulación y supervisión de máquinas, procesos industriales, comerciales y de servicios.

Esta clasificación indica que para este tipo de bienes se depreciará un 15% anual y el plazo de esta amortización será de 6.67 a 14 años.

Bajo la siguiente metodología:

$$\text{Cuota de amortización} = \frac{V_o - V_r}{n}$$

Dónde:

V_o = Valor actual del bien

V_r = Valor de rescate

n = periodos a amortizar

$$\text{cuota de amortización} \frac{16731 - 2000}{7} = 2104.42$$

Tabla de amortización

Tabla 5.3 Amortización lineal del bien

Año	Costo	Amortización	Cantidad a Amortizar
0	16731	0	16731
1	16731	2104	14627
2	16731	2104	12522
3	16731	2104	10418
4	16731	2104	8313
5	16731	2104	6209
6	16731	2104	4104
7	16731	2104	2000
		VALOR DE RESCATE	2000

Periodo de recuperación.

Los siguientes cálculos muestran la simulación a precios actuales, de los dos escenarios posibles, el actual (tabla 5.4) y automatizando el proceso (tabla 5.5), en el cual se tiene una diferencia entre las utilidades producidas, (cantidad de kilos * precio de venta – cantidad de kilos * precio de producción) se tiene una diferencia de utilidades de \$24,167 el periodo de recuperación estaría dentro del primer año de implementación.

Tabla 5.4 Cálculo de utilidad por estanque condiciones actuales.

	kilos	Truchas
Cantidad máxima por estanque posible de producción con las condiciones actuales	833	2500
costo total de prod. por kilo de trucha	\$35	
precio de venta por kilo de trucha	\$70	
utilidad por estanque	\$29,167	

Tabla 5.5 Calculo de utilidad por estanque automatizando el proceso.

	kilos	Truchas
Cantidad máxima por estanque posible de producción con las condiciones ideales	1333	4000
costo total de prod. por kilo de trucha	\$30	
precio de venta por kilo de trucha	\$70	
utilidad por estanque	\$53,333	

diferencia de utilidades	\$24,167	
--------------------------	----------	--

CAPITULO 6

6.0 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Es factible automatizar las variables: Temperatura, Oxígeno Disuelto y Nivel de agua en un estanque prototipo para el criadero de trucha arcoíris, tanto técnica, operativa y económicamente.

La tecnificación en la actividad acuícola representa un interesante reto, ya que implica una constante investigación, monitoreo, innovación y experimentación para generar las condiciones ideales de acuerdo a cada lugar donde se instala una granja acuícola, los elementos electro mecánicos brindan la posibilidad de no tener que depender que existan las características ideales como clima, relieve, tipo de suelo etc., para el cultivo de trucha arcoíris, si no que podemos adecuarlas a nuestras necesidades dentro de un rango posible.

La participación del Ingeniero Industrial en esta tecnificación resulta muy importante, ya que no solo los conocimientos técnicos sobre instrumentos de medición y control son necesarios, es fundamental un pensamiento sistémico, enfocado a la mejora continua y al desarrollo.

En términos globales el elevar la productividad de este tipo de actividad acuícola representaría para el país el aumentar la oferta de un producto (la trucha arcoíris) considerado como un alimento de extraordinario valor nutricional.

El tecnificar esta actividad podría convertirse en una opción de desarrollo social para las comunidades más pobres, aprovechando los recursos naturales con los que cuentan, en este caso el agua, en una época donde el abasto de alimento resulta un problema de primer orden para el país, el desarrollo auto sustentable de esta actividad puede convertirse en una fuente de consumo y de empleo.

El trabajo futuro de este proyecto será la implementación de lo que se desarrolló como prototipo a estanques de dimensiones reales, y así comenzar el análisis cuantitativo de la mejora, que la automatización representó.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Aguilera P., Noriega P. (1995), *La trucha y su cultivo*, Secretaría de Pesca. México. Ed.: FONDEPESCA.

[2] Piedra frita M. R. (2003). *Ingeniería de la Automatización Industrial*. España: Ed.: Alfaomega.

[3] Vaughn. R. (2007) *Control de calidad en la industria*. México. Ed.: LIMUSA NORIEGA.

[4] Bardach J., Ryther J., Mclarney W., (2006), *Acuicultura crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. México: Ed.: Editorial A GT, S.A.

[5] *Antecedentes y perspectivas de la acuicultura en México y su papel en el comercio*. Extraído el día 14/4/12 de:

<http://www.fao.org/docrep/005/AC868S/AC868S03.htm>

[6] *Clasificación general de los sensores*. Extraído el día: 7/3/12 de:

www.unam.mx/academia/cienciavirtual/sensores2.htm

[7] *La pesca mexicana en cifras*. Extraído el día 28/3/13 de:

http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/economicos/2009/pesca/Mono_Pesca.pdf

[8] *La actividad acuícola en México*. Extraído el día 13/4/13 de:

<http://www.economia.gob.mx/files/pesca/actividadtruticola/A413.pdf>

[9] Definición de acuicultura. Extraído el día 13/4/13 de:

http://www.ucv.cl/p3_carrera/site/pags/20031229175258.html

[10] La agroindustria en México. Extraído el día 17/5/13 de:
<http://biblioteca.fagro.edu.uy/historico/boletin67.html>

[11] Ingeniería de control de temperatura. Extraído el día 11/4/13 de
<http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/memo/termopar.html>

[12] Ryther J., Mclarney W., (2006), Acuicultura crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 2.1 Trucha arcoíris	5
Imagen 3.1 Control Lógico Programable Allen-Bradley	20
Imagen 3.2 Sensor electo magnético de nivel.	21
Imagen 3.3 Diagrama Electroválvula 3/2 vías accionamiento electromagnético	23
Imagen 3.4 Electroválvula 12vcd N/C	23
Imagen 3.5 Control de Temperatura WILLHI	24
Imagen 3.6 Termopar Bimetálico	25
Imagen 4.1 estanque instalados en la granja acuícola “La Guare” en Acuitzio Michoacán	27
Imagen 4.2 Croquis detallado de la colocación de los estanques de geomembrana dentro del predio	29
Imagen 4.3 Croquis de la totalidad del equipo instalado en el terreno.	30
Imagen 4.4 Mejoramiento del terreno	31
Imagen 4.5 Preparación cónica de la base de los estanques	32
Imagen 4.6 Material utilizado en la construcción de los estanques	33
Imagen 4.7 Construcción de los estanques.	34
Imagen 4.8 Estanques de geomembrana terminados	34
Imagen 4.9 Sistema de abastecimiento de agua	35
Imagen 4.10 Entrada de agua de los estanques	36
Imagen 4.11 Fabricación del estanque prototipo	38
Imagen 4.12 Construcción de soporte circular de las paredes del estanque	38
Imagen 4.13 Termo fusionado de la geomembrana	39
Imagen 4.14 Colocación de la geomembrana en el estanque.	39
Imagen 4.15 Estanque prototipo terminado.	40
Imagen 4.16 Esquema de conexiones del estanque.	41
Imagen 4.17 Sistema de control de temperatura	44
Imagen 4.18 Sistema de recambio de agua	45
Imagen 4.19 Sensores magnéticos de nivel.	46
Imagen 4.20 Sensor de seguridad o de nivel mínimo	47

Imagen 4.21 Sensor magnético de nivel máximo del estanque	48
Imagen 4.22 funcionamiento del sistema de nivel mínimo de seguridad	49
Imagen 4.23 Generador de oxígeno accionado por el temporizador	51
Imagen 4.24 PLC Allen-Bradley 1760-I12DWD utilizado en el proyecto.	52
Imagen 4.25 Pantalla de programación del PLC	53
Imagen 4.26 Programación del temporizador en el PLC	55
Imagen 4.27 Pantalla de lo que se denomina caja de tiempo	55
Imagen 5.1 Estanque automatizado	56
Imagen 5.2 Elementos del sistema	57
Imagen 5.3 Generador de oxígeno temporizado	58
Imagen 5.4 Sensores magnéticos con flotador	59
Imagen 5.5 Estanque con los instrumentos conectados	60
Imagen 5.6 Conexiones del sistema automatizado	61
Imagen 5.7 Vista general del estanque prototipo	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros de la actividad acuícola para la trucha arcoíris	11
Tabla 4.1 Nomenclatura de la programación del PLC	52
Tabla 5.1 Costo de los elementos para la automatización del estanque prototipo	62
Tabla 5.2 Estimado de costos para la automatización de un estanque de dimensiones reales	63
Tabla 5.3 Amortización del bien	64
Tabla 5.4 Cálculo de utilidad por estanque condiciones actuales	65
Tabla 5.5 Calculo de utilidad por estanque automatizando el proceso	65

Glosario.

Protráctil. Que puede extenderse o prolongarse hacia delante, aplicándose en este ámbito de estudio a la boca de los peces

Branquiespinas. Una serie de proyecciones óseas como espinas fijadas a lo largo del borde anterior de los arcos branquiales

Branquiostegos. Es una serie de varillas esqueléticas que soportan unos pliegues membranosos bajo la región opercular y cubriendo la parte inferior de las branquias en muchos peces óseos.

Opercular. El opérculo de los peces óseos es una aleta de hueso duro que cubre y protege a las branquias

Aleta adiposa. Situada entre las aletas dorsal y caudal, carece de radios, es pequeña. Es denominada adiposa por no estar sujeta a la estructura ósea del pez.

Aleta caudal mediana. Las aletas caudales son los órganos externos que muchos animales acuáticos utilizan para la locomoción y el equilibrio.

Escamas Cicloides. Que repiten un patrón constante en sus ejes

Entomófaga. Animal que se alimenta de insectos.

Ictiófaga. Animal que se alimenta fundamentalmente de peces

Cladóceros. Son un suborden de crustáceos branquiópodos que comprende unas 400 especies

Copépodos. Los copépodos son una subclase de crustáceos maxilópodos de tamaño muy pequeño, muchas veces microscópicos

Geomembrana. Lámina sintética fabricada a base de PVC, polietileno, caucho y otros compuestos, que se utilizan para revestir o envolver diversas sustancias

Lixiviación. El proceso por el cual constituyentes solubles son disueltos y filtrado a través del suelo por la precolación del fluido

LDPE. El polietileno de baja densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos

HDPE. Polietileno de alta densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos