



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 03-04-2017

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Andres Adalberto Rivera Bautista, con C.C. No. 1075264358

Juna Sebastián Suaza Sánchez, con C.C. No. 1075229447

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado Diseño e implementación de un sistema de control de fotoperiodo y temperatura para evaluar los efectos que ocasionan en el ciclo reproductivo del Capaz (*Pimelodus Grosskopfii*).

Presentado y aprobado en el año ____2017 como requisito para optar al título de

Ingeniero electrónico;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:



Diseño e implementación de un sistema de control de fotoperiodo y temperatura para evaluar los efectos que ocasionan en el ciclo reproductivo del Capaz (*Pimelodus Grosskopfii*).

**Andres Adalberto Rivera Bautista
Juan Sebastián Suaza Sánchez**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
RIVERA BAUTISTA SUAZA SANCHEZ	ANDRES ADALBERTO JUAN SEBASTIAN

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MOSQUERA CERQUERA	VLADIMIR

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO ELECTRONICO

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: ELECTRONICA

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2017

NÚMERO DE PÁGINAS: 71

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada mieducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Diagramas_X__ Fotografías_X__ Grabaciones en discos____ Ilustraciones en general_X__ Grabados____
Láminas____ Litografías____ Mapas____ Música impresa____ Planos____ Retratos____ Sin ilustraciones____
Tablas o Cuadros_X_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>CAPAZ</u>	<u>CAPAZ</u>	6. AUTOMATIZACIÓN	AUTOMATATION
2. <u>REPRODUCCIÓN</u>	<u>REPRODUCTION</u>	7. _____	_____
3. <u>FOTOPERIODO</u>	<u>PHOTOPERIODIOD</u>	8. _____	_____
4. <u>TEMPERATURA</u>	<u>TEMPERATURE</u>	9. _____	_____
5. <u>CONTROL</u>	<u>CONTROL</u>	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Este proyecto aporta soluciones tecnológicas desde el campo de la ingeniería electrónica a la investigación desarrollada en la facultad de ciencias naturales y exactas de la Universidad Surcolombiana “Efecto del fotoperiodo y la temperatura en la respuesta reproductiva y factores de calidad de la semilla en capaz (*Pimelodus Grosskopfii*).” En un esfuerzo interdisciplinario dirigido hacia la conservación de una especie nativa como lo es el capaz, se implementará un sistema de control y automatización en estanques artificiales los cuales serán sometidos a diferentes condiciones ambientales en su entorno con el fin de establecer un manejo eficiente y adecuado en los procesos de reproducción para dicha especie.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This project called "photoperiod effect and temperature on reproductive performance and quality factors of a native species of fish named Capaz (*Pimelodus Grosskopfii*)." provides technological solutions from the electronics engineering field to the research carried out at the natural sciences faculty of the Universidad Surcolombiana. In an interdisciplinary effort towards the conservation of native species such as the Capaz fish, this control system and automation will be implemented in some artificial dams which will be subjected to different environmental conditions in its own context. The main achievement of this project will be to establish an efficient and proper management in the reproduction processes of this native fish.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 5
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

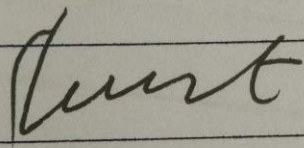
APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: AGUSTIN SOTTO OTALORA

Firma:

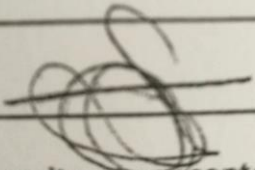


R

Nombre Jurado: FAIBER ROBAYO

Firma:

ado: Nota igual o superior a 3.0.



egar por escrito el concepto sobre
e la fue entregado el document



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	5 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
FOTOPERIODO Y TEMPERATURA PARA EVALUAR LOS EFECTOS QUE
OCASIONAN EN EL CICLO REPRODUCTIVO DEL CAPAZ (*Pimelodus*
Grosskopfi)

ANDRÉS ADALBERTO RIVERA BAUTISTA
JUAN SEBASTIAN SUAZA SANCHEZ

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2016

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
FOTOPERIODO Y TEMPERATURA PARA EVALUAR LOS EFECTOS QUE
OCASIONAN EN EL CICLO REPRODUCTIVO DEL CAPAZ (*Pimelodus*
Grosskopfi)

ANDRES ADALBERTO RIVERA BAUTISTA
JUAN SEBASTIAN SUAZA SANCHEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electrónico

Director:
VLADIMIR MOSQUERA CERQUERA
Ingeniero Electrónico, Ms.C.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2016

Nota de Aceptación

Firma director de Tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

Neiva, 2017

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Surcolombiana, por prestarnos sus instalaciones y conocimientos durante este proceso de formación como estudiantes de pregrado.

A la AUNAP sede Gigante Huila, en especial a su directora Adriana Fresneda, por abrirnos las puertas de sus instalaciones y brindarnos las herramientas necesarias para el desarrollo de este proyecto,

Al ingeniero Vladimir Mosquera, director y asesor del proyecto de grado, por su colaboración paciencia y por brindarnos sus conocimientos durante el desarrollo del proyecto.

A los biólogos Rubén Darío Valbuena y Rafael Rosado, por brindarnos la oportunidad de desarrollar este proyecto interdisciplinario, por sus asesorías, intercambio de conocimientos y su constante acompañamiento.

Y finalmente a todas aquellas personas que directa o indirectamente nos brindaron su colaboración en el desarrollo de este proyecto de grado.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	133
1. OBJETIVOS	14
1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. GENERALIDADES	15
2.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE FOTOPERIODO.....	15
2.1.1 Sala de fotoperiodo	15
2.1.2 Tanques para cultivar los peces	15
2.1.3 Sistema de iluminación artificial.....	16
2.1.4 Sensores de temperatura	16
2.1.5 Control de temperatura.....	16
2.1.6 Bomba de agua	17
2.2 FOTOPERIODO	18
2.3 CAPAZ (<i>Pimelodus Grosskopfii</i>).....	20
3. ANTECEDENTES DE CAMPO	21
3.1 ÁREA DE MANEJO	22
3.2 SALA DE CONTROL.....	25
4. ANALISIS Y DISEÑO	26
4.1 INSTRUMENTACIÓN DEL PROCESO	27
4.1.1 Temperatura	27
4.1.2 Nivel	29
4.2 MÓDULO DE ADQUISICIÓN, PROCESO Y CONTROL (MAPC).....	29
4.2.1 Controlador.....	30
4.2.1.1 Control ciclos de fotoperiodo.....	30
4.2.1.2 Control de temperatura	31
4.2.1.3 Control de nivel.	32
4.3 MÓDULO DE MONITOREO Y REGISTRO (MMR).....	32
4.3.1 Visualización de Datos.	33
4.3.2 Entrada de datos.	34

4.2.3 Base de datos y pagina Web.....	34
5. IMPLEMENTACIÓN.....	36
5.1 <i>IMPLEMENTACION DEL MODULO DE adquisición, PROCESO Y CONTROL (MAPC)</i>	36
5.1.1 Etapa de instrumentación.....	36
5.1.1.1 Temperatura.....	36
5.1.1.2 Nivel.....	41
5.1.2 Etapa de control.....	43
5.1.2.1 Control de temperatura.....	43
5.1.2.2 Control de Nivel.....	48
5.1.2.3 Programación en Labview.....	50
5.1.2.3 Control ciclos de fotoperiodo.....	52
5.2 <i>SISTEMA DE PROCESAMIENTO</i>	53
5.3 <i>MODULO DE VISUALIZACIÓN Y REGISTRO</i>	55
5.3.1 Visualización De Datos.....	56
5.3.2 Pagina Web.....	56
5.3.2.1 Plataformas De Trabajo.....	56
5.3.2 Capa Administrador y Capa de Consulta.....	57
6. RESULTADOS.....	59
6.1 <i>HARDWARE DEL SISTEMA</i>	59
6.2 <i>EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO</i>	62
7. CONCLUSIONES.....	68
8. RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	71

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de control de fotoperiodo y temperatura.	15
Figura 2. Diagrama de control de temperatura a lazo cerrado.....	17
Figura 3. Diagrama del sistema de control de fotoperiodo y temperatura.....	18
Figura 4. Esquema representativo del eje pineal-cerebro-hipófisi-gónoda que gobierna el proceso reproductivo en los peces.	19
Figura 5. Fotografía panorámica área de manejo estación piscícola AUNAP.	21
Figura 6. Fotografía características estanques.	22
Figura 7. Fotografía panorámica estanques Z8, Z9 y Z10.	23
Figura 8. Fotografía sistema de iluminación de los estanques.	23
Figura 9. Fotografía sistema de ingreso y salida de agua en los estanques.	24
Figura 10. Fotografía blower.	24
Figura 11. Fotografía Sala de control de la Estación piscícola Alto Magdalena. ...	25
Figura 12. Diagrama conceptual sistema de fotoperiodo estación piscícola AUNAP.	26
Figura 13. Diagrama módulo de adquisición, proceso y control (MAPC).....	28
Figura 14. Diagrama controlador sistema de fotoperiodo a lazo abierto.	30
Figura 15. Diagrama controlador de temperatura a lazo cerrado.....	31
Figura 16. Diagrama controlador de Nivel a lazo cerrado.	32
Figura 17. Diagrama del Módulo de Monitoreo y Registro (MMR).	33
Figura 18. Sensor DS18B20.	37
Figura 19. Curva de error típico sensor DSB18B20.	38
Figura 20. Diagrama de bloques DSB18B20.	39
Figura 21. Diagrama final de conexión de sensores.	40
Figura 22. Sensor SFR05.	41
Figura 23. Sensor SFR05. Diagrama de Tiempos SFR05.	42
Figura 24. Resistencia de inmersión S1T1111.	44
Figura 25. Diagrama de tanque Z8.	45
Figura 26. Grafica de respuesta del sistema de temperatura.	46
Figura 27. Identificación del sistema de temperatura.....	46
Figura 28. Respuesta modelada del sistema de temperatura.....	47
Figura 29. Electroválvula Bacoeng 1".	48
Figura 30. Grafica de transferencia para la electroválvula.	49
Figura 31. Diagrama máquina de estados.	51
Figura 32. Diagrama máquina de estados Labview.	52
Figura 33. Vista superior tarjeta Mega2560.	53
Figura 34. Diagrama de operación sistema de procesamiento.	54
Figura 35. Panel frontal (Entorno de visualización).....	55
Figura 36. Diagrama de la estructura capa administrativa y de consulta.	57

Figura 37. Fotografía panorámica sala de control estación piscícola AUNAP.	59
Figura 38. Vista frontal de conexiones para el módulo de potencia.	60
Figura 39. Fotografía vista panorámica del interior del tanque Z8.	61
Figura 40. Fotografía Resistencia de inmersión S1T1111.	62
Figura 41. Panel de opciones del programa de fotoperiodo.	63
Figura 42. Panel frontal entorno de visualización.	63
Figura 43. Menú de opciones para la selección ciclos de fotoperiodo.	64
Figura 44. Menú de inicio, pause y stop del sistema.	64
Figura 45. Imagen del diseño de la página Web.	65
Figura 46. Grafica1 referente al comportamiento de la temperatura en los tanques instrumentados.	67
Figura 47. Grafica2 referente al comportamiento de la temperatura en los tanques instrumentados.	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de registro de datos de temperatura.	66
--	----

GLOSARIO

PIMELODUS GROSSKOPFII el capaz (*pimelodus grosskopfii*), también conocido como barbudo, es un pez de la familia pimelodidae, de hábitos alimenticios omnívoros con preferencia por insectos, macro invertebrados y peces, que se encuentra distribuido en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge, Sinú, Cesar, Atrato, Baudo y Catatumbo, así como en los embalses de Betania y Prado. Actualmente se encuentra en vía de extinción.

FOTOPERIODO el fotoperiodo es un estado que incide directamente en los animales durante la época de reproducción. Esto significa que el inicio de esta etapa está condicionado por las horas de luz y oscuridad, así como por los cambios de temperatura. Este fenómeno puede provocar muchas más consecuencias en los animales de las que se podrían imaginar en un primer momento, ya que pueden influir en la reducción de ingesta de alimentos o perjudicar la reproducción.

SENSOR un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo, la temperatura, distancia, aceleración, presión, desplazamiento, fuerza, humedad, movimiento, pH, etc.

INSTRUMENTACIÓN es la parte de la electrónica, principalmente analógica, que se encarga del diseño y manejo de los aparatos electrónicos y eléctricos, sobre todo para su uso en mediciones. La instrumentación se aplica en el sensado y procesamiento de la información proveniente de variables físicas y químicas, a partir de las cuales realiza el monitoreo y control de procesos, empleando dispositivos y tecnologías electrónicas.

ACTUADOR un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula. Existen varios tipos de actuadores como son electrónicos, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FOTOPERIODO Y TEMPERATURA PARA EVALUAR LOS EFECTOS QUE OCASIONAN EN EL CICLO REPRODUCTIVO DEL CAPAZ (*Pimelodus Grosskopfii*).

AUTORES: ANDRÉS ADALBERTO RIVERA BAUTISTA, JUAN SEBASTIÁN SUAZA SÁNCHEZ.

PALABRAS CLAVES: Capaz, Reproducción, Control, Automatización.

Este proyecto aporta soluciones tecnológicas desde el campo de la ingeniería electrónica a la investigación desarrollada en la facultad de ciencias naturales y exactas de la Universidad Surcolombiana “Efecto del fotoperiodo y la temperatura en la respuesta reproductiva y factores de calidad de la semilla en capaz (*Pimelodus Grosskopfii*).” En un esfuerzo interdisciplinario dirigido hacia la conservación de una especie nativa como lo es el capaz, se implementará un sistema de control y automatización en estanques artificiales los cuales serán sometidos a diferentes condiciones ambientales en su entorno con el fin de establecer un manejo eficiente y adecuado en los procesos de reproducción para dicha especie.

ASBTRACT.

KEY WORDS: Capaz, Reproduction, Control, Automation.

This project called "photoperiod effect and temperature on reproductive performance and quality factors of a native species of fish named Capaz (*Pimelodus Grosskopfii*)."

provides technological solutions from the electronics engineering field to the research carried out at the natural sciences faculty of the Universidad Surcolombiana. In an interdisciplinary effort towards the conservation of native species such as the Capaz fish, this control system and automation will be implemented in some artificial dams which will be subjected to different environmental conditions in its own context. The main achievement of this project will be to establish an efficient and proper management in the reproduction processes of this native fish.

INTRODUCCIÓN

La formación como ingeniero está orientada hacia la resolución de problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad, aplicando un conjunto de conocimientos y técnicas científicas para la resolución de estos. Por ende, es necesario el uso de los avances de la ciencia y la tecnología en pro del desarrollo humano, teniendo como base el trabajo interdisciplinario que es de vital importancia tanto para el desarrollo de las ciencias exactas como para el de la ingeniería. Es así que surge la iniciativa de trabajar en conjunto con la facultad de ciencias exactas y naturales, en un proyecto que pretende beneficiar la zona Surcolombiana en una propuesta que se hace para estudiar el comportamiento reproductivo del capaz (*Pimelodus Grosskopfii*) el cual ha sido declarada como especie en peligro de extinción por la disminución en sus capturas, como consecuencia de la sobrepesca y deterioro ambiental de la misma (Mojica *et al.*, 2002).

El capaz es una especie nativa en Colombia y cuenta con un gran potencial para la piscicultura, en la actualidad la oferta nacional del capaz depende de la pesca artesanal en las cuencas colombianas y aunque su carne es muy apetecida en el comercio a nivel nacional, el cultivo de capaz no se ha desarrollado comercialmente debido al poco estudio científico que se ha desarrollado con respecto a esta especie y las limitaciones tecnológicas para la producción estable y continua del alevino, teniendo como precedente que ya se han realizado investigaciones exitosas con otras especies (teleósteos, truchas y salmones) las cuales demuestran que mediante el manejo controlado de los factores ambientales como la intensidad lumínica y temperatura se puede llegar a hacer posible su reproducción y manejo en cautiverio.

Estos factores ambientales que se desean controlar de manera artificial, deben de contar con un sistema electrónico robusto y seguro el cual brindara un margen alto de fiabilidad y garantizara un manejo adecuado, así se podrán obtener controles cíclicos de forma eficiente para garantizar el éxito de la investigación, ya que por medio de estas manipulaciones a los factores ambientales se desea en un futuro de ser el caso establecer patrones, esquemas de manejo y mantenimiento que permitan una descripción completa de los ciclos reproductivos en sistemas con variables medioambientales controladas siendo estos patrones de vital importancia para la conservación de la especie y por qué no el desarrollo comercial de la acuicultura en la región Surcolombiana.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Controlar las variables de temperatura y luz correspondientes a los ciclos de fotoperiodo en estanques artificiales para desarrollar un proceso instrumentado y automatizado, que en un futuro será un centro de estudio donde un grupo de investigadores podrán evaluar los efectos que ocasionan en el ciclo reproductivo del capaz (*Pimelodus Grosskopfii*).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un control de temperatura en un estanque artificial con un volumen aproximado de 1.000 litros y un rango de error de ± 1.0 grados Celsius.
- Desarrollar una interfaz gráfica que permita al investigador medir y monitorear el control de los ciclos de fotoperiodo y la temperatura de los estanques en tiempo real.
- Diseñar un centro de visualización remota por medio de una plataforma web que permita el monitoreo entre cliente y servidor de los ciclos de fotoperiodo y temperatura donde se concede al cliente en este caso los investigadores, el acceso a la base de datos, historial y comportamiento de los factores artificialmente controlados.
- Crear una base de datos donde se almacenarán el historial y comportamiento de los valores de temperatura medidos en los estanques de la sala de fotoperiodo.
- Aportar soluciones tecnológicas desde el área de la ingeniería electrónica al proyecto: “Efecto del fotoperiodo y la temperatura en la respuesta reproductiva y factores de calidad de la semilla en capaz (*Pimelodus Grosskopfii*).”

2. GENERALIDADES

2.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE FOTOPERIODO

2.1.1 Sala de fotoperiodo

La sala de fotoperiodo es un entorno en el cual se simularán diferentes condiciones ambientales de manera controlada, se debe de construir una infraestructura especial y estará diseñada para que en su interior se asegure una oscuridad absoluta. Con la finalidad de simular los ciclos de fotoperiodo, la sala contara con un sistema interno de iluminación artificial controlado por un temporizador el cual permite variar un régimen de horas luz y horas oscuridad durante las 24 horas del día, de igual manera la sala contara con un sistema que se encargara de controlar la temperatura del agua en el interior de los tanques, puesto que esta variable tiene una relación directa en proporción a la variación de la duración de los ciclos de fotoperiodo.

Figura 1. Sistemas de control de fotoperiodo y temperatura.



Fuente: <http://pisciculturahuililco.cl/produccion.htm>

2.1.2 Tanques para cultivar los peces

En este componente se desarrollarán los peces que se han escogido por lo que es necesario que sea de un material resistente, que sus dimensiones sean proporcionales al número y el tamaño de los peces. Así mismo, debe tomarse en cuenta que el área del tanque es más importante que su altura, pues los peces se desplazan más en forma horizontal que vertical, cada tanque dispone de una entrada y salida de agua.

Estos tanques pueden ser desde peceras de vidrio o acrílicas, barriles plásticos, tanques plásticos o piletas de concreto y el volumen puede variar desde pocos litros a varios metros cúbicos. Es esencial que el tanque no haya sido utilizado previamente para el transporte de sustancias tóxicas, ya que estas pueden seguir disolviéndose en el agua y comprometer la salud de los peces, además se aconseja que el contenedor a usar como tanque no sea de metal, pues el agua puede corroerlo formando herrumbre y perjudicando a los peces.

2.1.3 Sistema de iluminación artificial

Consiste en un conjunto de bombillas fluorescentes de 40 W/h de potencia las cuales estarán ubicados a una distancia de 80 cm, con respecto a la superficie de agua de los tanques. A estas bombillas se les aplicara un sistema de control con el fin de simular los cambios de iluminación según el ciclo fotoperiodo deseado.

2.1.4 Sensores de temperatura

Estos sensores son indispensables para medir y poder realizar un control de temperatura en cada uno de los tanques ya que esta variable tiene una relación directa con el ciclo fotoperiodo que se esté simulando en la sala. Se realiza la adquisición de datos por medio de un sensor de tipo industrial que cuenta con una cobertura de acero inoxidable ideal para trabajar en contacto con el agua, y su principal característica es que trabaje con gran precisión y fiabilidad especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas (0°C a 50 °C).

2.1.5 Control de temperatura.

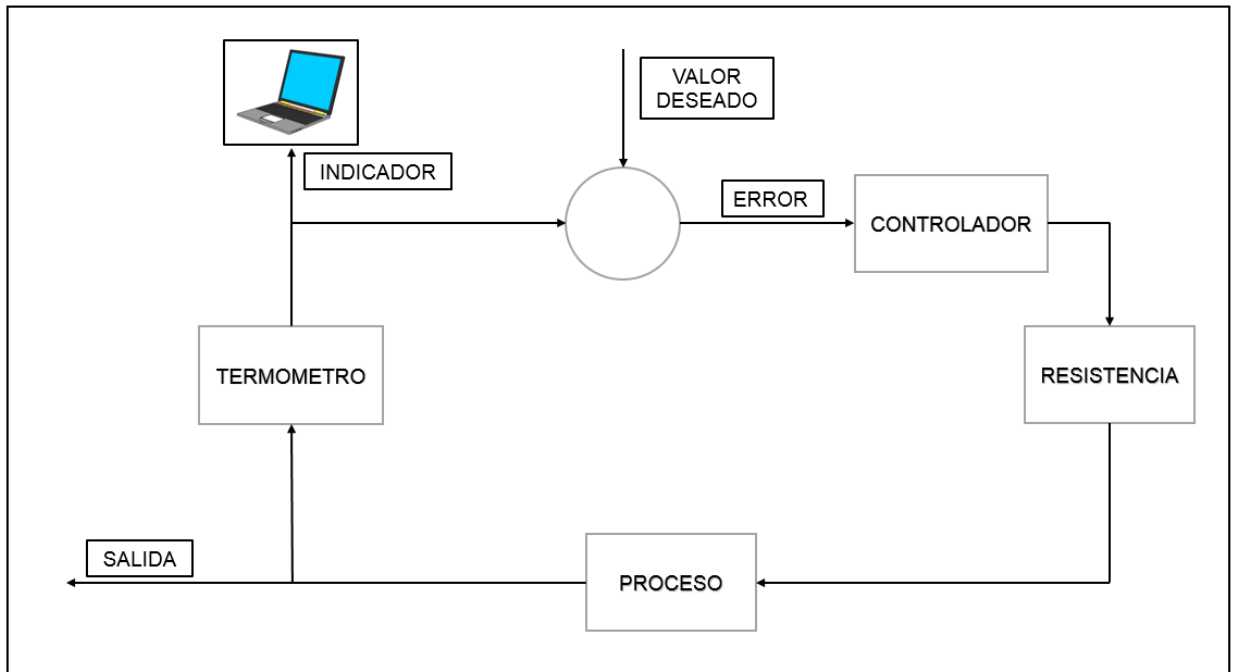
Los controles de temperatura son muy usados en la industria piscícola debido a la gran demanda en el país y también a la presencia de problemas en la reproducción de ciertos peces que han surgido con los cambios climáticos tan bruscos en determinado tiempo del año. Antes de explicar en qué consiste un control de temperatura, es necesario distinguir el concepto de temperatura, el cual es un factor abiótico que regula los procesos vitales de los organismos vivos. En consecuencia, la temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, y crecimiento de ciertas especies en un ecosistema.

Un control se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento de un proceso. Para este caso, el sistema serán los tanques de agua y la temperatura será la variable a controlar, los elementos básicos

que forman parte del sistema de temperatura a lazo cerrado se muestran en la Figura 2 y son

- **Sensores:** permite conocer los valores de la variable medida (temperatura) en los tanques del agua.
- **Controlador:** utilizando los valores determinados por los sensores, calcula la acción que debe aplicarse para modificar la variable a controlar en base a cierta estrategia, para este caso se implementará el control encendido-apagado.
- **Actuador:** es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica la variable de control, para este caso se usa resistencias de inmersión.
-

Figura 2. Diagrama de control de temperatura a lazo cerrado.



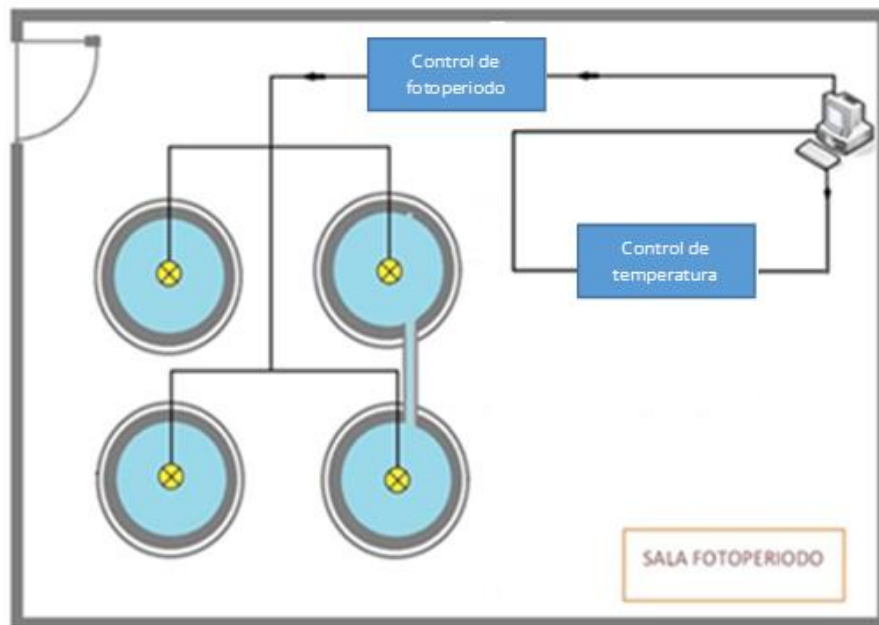
Fuente: Autores.

2.1.6 Bomba de agua

La bomba de agua cumple la función de generar el llenado del tanque y proporcionar un recambio de agua diario en el interior del tanque donde se encuentran los peces, esto se hace con el propósito de garantizar unas condiciones fisicoquímicas óptimas, para que el pez se pueda mantener con vida dentro de los tanques artificiales. El mercado ofrece una gran variedad de bombas de agua, desde

sumergibles o externas, de diferentes potencias, caudales y alturas máximas de bombeo, por lo que la selección del tipo de bomba dependerá de las particularidades del sistema de control de fotoperiodo, esto dependerá número de tanques, distancia entre estos y sobre todo el sistema de control de temperatura que se desea instalar.

Figura 3. Diagrama del sistema de control de fotoperiodo y temperatura.



Fuente: Autores.

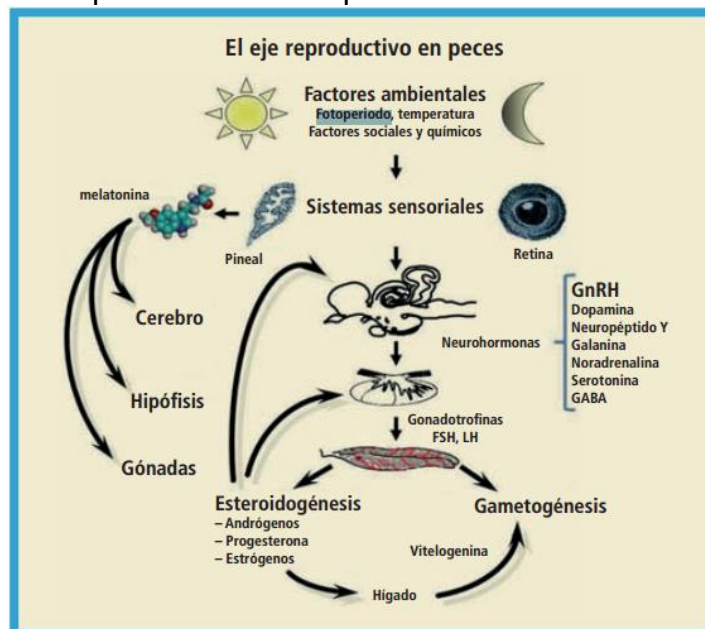
2.2 FOTOPERIODO

La reproducción de los peces es un proceso de marcado carácter rítmico, que se encuentra regulado por factores ambientales cíclicos como el fotoperiodo y la temperatura. Así, dependiendo de la latitud los animales están expuestos en el medio natural a los cambios diarios y estacionales de los ciclos de luz-oscuridad (días más largos en verano, días más cortos en inviernos, y días de duración intermedia en primavera y otoño) y a los cambios progresivos en la temperatura del agua (aguas más cálidas en verano, aguas más frías en invierno, temperaturas intermedias en primavera y otoño). Estas variaciones en la duración de los días y en la temperatura del agua son periódicas y repetitivas de un año a otro y representan señales muy fiables para los peces. En respuesta a estas variaciones cíclicas, y de forma adaptativa, los animales han seleccionado la época del año que resulta más favorable para la reproducción y la supervivencia de su progenie. Esto hace que algunas especies como la dorada o la lubina se reproduzcan en invierno

y que otras como el lenguado se reproduzcan en primavera y, en menor medida, en el otoño.

El conocimiento de los mecanismos que subyacen en el control ambiental de la reproducción tiene no sólo un interés básico sino también un interés aplicado para controlar el proceso reproductivo de peces. Los primeros resultados claros de manipulación fotoperiódica en peces, fueron obtenidos por Hoover (1937). Esta modificación estacional del fotoperiodo ha sido una práctica muy habitual desde hace tiempo para adelantar o retrasar las puestas en algunas especies como la trucha (Bromage et al., 2001) y la lubina (Carrillo et al., 1993; Zanuy et al., 1995).

Figura 4. Esquema representativo del eje pineal-cerebro-hipófisi-gónoda que gobierna el proceso reproductivo en los peces.



Fuente: M. Carrillo. La reproducción de los peces

Pero para que la reproducción tenga éxito, los individuos no sólo deben sincronizarse con las variaciones de los factores ambientales, sino que es preciso que se produzca también una sincronización de los reproductores entre sí, de forma que maduren simultáneamente. El desarrollo adecuado de todos estos procesos requiere múltiples y complejas interacciones que tienen lugar a lo largo del eje pineal-cerebro-hipófisi-gónada como se muestra en la Figura 4. Para ello, los individuos disponen de sistemas sensoriales y receptores específicos que perciben los estímulos ambientales (fotoperiodo, temperatura, etc.) y sociales (presencia de otros individuos, densidad de población, proporción de sexos, etc.). El órgano pineal,

una estructura neural con capacidad secretora, desempeña en peces un papel muy importante en la percepción de la información del fotoperiodo y la temperatura y en la codificación de esta información en señales nerviosas (neurotransmisores) y neuroendocrinas (melatonina) que permiten la sincronización ambiental de numerosos procesos rítmicos, entre ellos la reproducción. Esta información suministrada por el órgano pineal debe alcanzar de forma directa o indirecta el hipotálamo y la hipófisis, para modular la síntesis de factores reguladores hipotalámicos y gonadotrofinas hipofisarias, las cuales dirigen los ritmos de desarrollo gonadal y la reproducción. (Carrillo Estévez., 2000)

2.3 CAPAZ (*Pimelodus Grosskopfii*)

El Capaz (*Pimelodus grosskopfii*), también conocido como barbudo (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005) es un pez de la familia Pimelodidae, de hábitos alimenticios omnívoros (Cala, 1996), que se encuentra distribuido en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge, Sinú, Cesar, Atrato, Baudó y Catatumbo (Dahl, 1971; Mojica *et al.*, 2002), así como en los embalses de Betania (Huila) y Prado (Tolima) (Villa-Navarro, 1999). En Colombia se ha generado un creciente interés por especies del orden Siluriformes, especialmente de esta familia, debido a la buena aceptación comercial de su carne, a su alto valor en el mercado y por su importancia en la acuariofilia. Los Siluriformes, de acuerdo con su tamaño, se han agrupado en grandes, medianos y de pequeño porte. Dentro de este último grupo, de las especies más conocidas es el capaz (*Pimelodus grosskopfii*), considerado en la lista de las 30 especies de interés comercial para la cuenca del río Magdalena (Pesca y Acuicultura, 2006); además ha sido declarada como especie en peligro de extinción por la disminución de sus capturas y tallas en esta cuenca, como consecuencia de la sobrepesca y deterioro ambiental de la misma (Mojica *et al.*, 2002).

3. ANTECEDENTES DE CAMPO

La planta física donde se desarrollará el sistema de fotoperiodo se encuentra ubicada en la Estación Piscícola Alto Magdalena, zona rural del municipio de Gigante - Huila a 960 m.s.n.m, esta fue creada en el año 1980 con el objetivo de crear las bases para un desarrollo significativo de la acuicultura en Colombia y el desarrollo de un plan de investigaciones en biología pesquera para el Huila. En la actualidad está a cargo de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP bajo la dirección de la bióloga Adriana Echeverri.

La Estación Piscícola Alto Magdalena cuenta con una gran área de edificaciones y dentro de estas se encuentra la sala de control y el Área de Manejo lugar específico donde se llevara a cabo esta investigación, conformada por 10 estanques de cemento rectangulares con un volumen aproximado de 6 m³ cada uno, destinados al manejo de reproductores y confinamiento de alevinos para su comercialización; se ha recurrido a hacer adecuaciones en la infraestructura de tres estanques para poder desarrollar el sistema de fotoperiodo.

Figura 5. Fotografía panorámica área de manejo estación piscícola AUNAP.



Fuente: Autores

3.1 ÁREA DE MANEJO

En el área de manejo cada estanque está identificado con un nombre que viene dado por la letra Z y su respectivo número, el sistema de fotoperiodo será implementado en los estanques (Z8, Z9 y Z10) siendo estos de forma rectangular, conformados principalmente por cemento y en su interior están recubiertos con enchape, se encuentran bajo un tejado el cual lo aísla del sol y las lluvias, como se puede apreciar en la Figura 6.

Figura 6. Fotografía características estanques.



Fuente: Autores

Los estanques Z8 y Z9 cuentan con una estructura adicional que les permite estar aislados de las condiciones normales del medio ambiente con el único fin de impedir el ingreso de la luz solar y así poder garantizar la total oscuridad dentro de ellos las 24 horas del día mientras que el estanque Z10 se encuentra expuesto a condiciones ambientes naturales, como se puede apreciar en la Figura 7.

Figura 7. Fotografía panorámica estanques Z8, Z9 y Z10.



Fuente: Autores

Cada estanque posee un sistema de iluminación independiente conformado por lámparas fluorescentes t8 y un sistema eléctrico conformado por 6 tomas de corrientes a 110 voltios y 4 tomas a 220 voltios, como se puede apreciar en la Figura 8.

Figura 8. Fotografía sistema de iluminación de los estanques.



Fuente: Autores

Los estanques cuentan con una tubería de dos pulgadas y válvulas manuales que se encargan de suministrar el agua a los tanques, su nivel se controla por medio de un sistema de gravedad, como se puede observar en la Figura 9.

Figura 9. Fotografía sistema de ingreso y salida de agua en los estanques.



Fuente: Autores

Cada estanque posee un sistema de aireación impulsado por medio de blowers con el fin de mantener niveles óptimos de oxígeno dentro de los estanques como se puede observar en la Figura 10.

Figura 10. Fotografía blower.



Fuente: Autores

3.2 SALA DE CONTROL.

Esta sala se encuentra a 5 metros del Área de Manejo, posee un área aproximada de 20 m² se caracteriza por ser un centro de investigación científica y tecnológica en el área de cultivos a niveles productivos de especies acuáticas de importancia comercial acuícola. En sus instalaciones se encuentran la operación de equipos destinados a este fin como, computadores, sensores, microscopios, incubadoras, balanzas, neveras, medicamentos y almacenamiento de algunos insumos además de contar con una conexión a internet. Esta sala contara con los recursos tecnológicos que permitirán el monitoreo del sistema de fotoperiodo a implementar.

Figura 11. Fotografía Sala de control de la Estación piscícola Alto Magdalena.



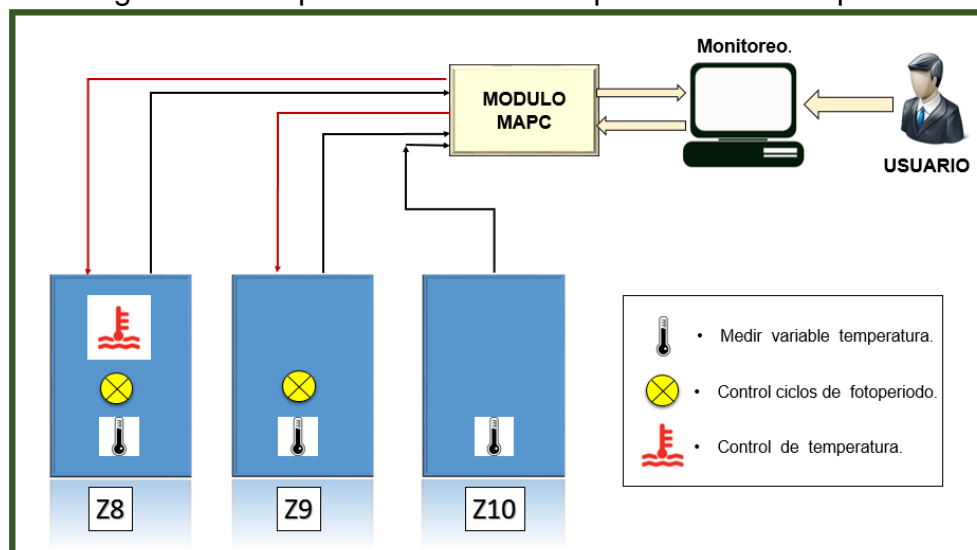
Fuente: Autores.

4. ANALISIS Y DISEÑO

Al considerar los antecedentes de campo con los que cuenta la Estación Piscícola Alto Magdalena y basados en los parámetros técnicos que exige el proyecto investigativo “Efecto del fotoperiodo y la temperatura en la respuesta reproductiva y factores de calidad de la semilla en capaz (*Pimelodus Grosskopfii*)”, se procede a realizar el respectivo análisis y diseño del sistema de fotoperiodo a implementar en la estación piscícola. En análisis y cuestionamientos previos con los investigadores del proyecto se detectan cuáles son las características con las que deberá de cumplir el sistema de fotoperiodo con el fin de satisfacer y garantizar las necesidades que demanda la investigación, la cual se llevará a cabo después de implementar el mencionado sistema.

El sistema de fotoperiodo operara las 24 horas del día durante el tiempo que se desarrolle la investigación aproximadamente tres meses, por las características ya mencionadas de los estanques el sistema contara con una instrumentación que garantice un alto margen de fiabilidad y así dar un manejo adecuado a las necesidades exigidas por los investigadores que son básicamente tres. La primera es sensar, monitorear y almacenar en una base de datos la variable temperatura en los estanques (Z8, Z9 y Z10), la segunda necesidad es simular y controlar los ciclos de fotoperiodo en los estanques (Z8 y Z9) y la tercera necesidad es controlar la variable temperatura en el estanque Z8.

Figura 12. Diagrama conceptual sistema de fotoperiodo estación piscícola AUNAP.



Fuente: Autores

Siguiendo este orden de ideas se muestra en la Figura 12 el diagrama conceptual del sistema de fotoperiodo a diseñar para garantizar el cumplimiento de las necesidades del proyecto investigativo “Efecto del fotoperiodo y la temperatura en la respuesta reproductiva y factores de calidad de la semilla en capaz (*Pimelodus Grosskopfii*)”.

4.1 INSTRUMENTACIÓN DEL PROCESO

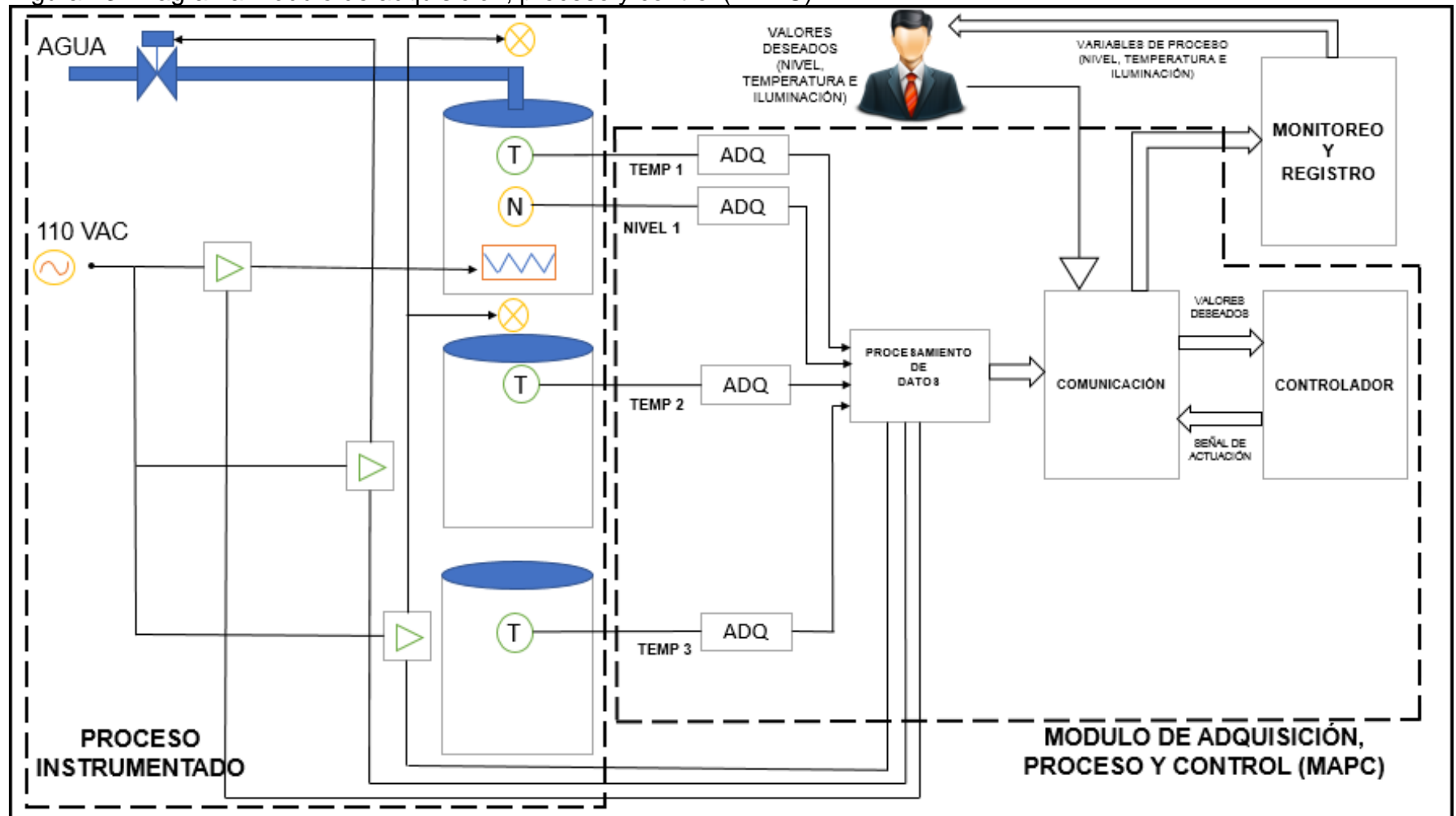
En la Figura 13, se observa el proceso con su respectiva instrumentación en función de la variables físicas que se van a medir, el cual empieza cuando los sensores ubicados en cada tanque reciben la información de la variable que interesa sensar, posteriormente el sensor la transforma en una magnitud eléctrica, la cual se procede a manipular en una etapa de adecuación, cada señal obtenida se procesara de forma adecuada donde se harán pequeños procesos con el fin de acondicionarla y convertirla en una señal digital de buena calidad la cual estará lista para ser llevada finalmente a la etapa de adquisición de datos.

4.1.1 Temperatura

La temperatura es la variable de mayor importancia en el desarrollo del proceso de instrumentación, a continuación, se procede a analizar los factores bajo los cuales operaran los sensores. El primer factor por evaluar será el medio en el cual se llevara a cabo la medición, es importante precisar que el sensor siempre se encontrara ubicado en un tanque que contendrá en su interior agua y peces, estará sumergido a una profundidad no mayor de un metro; teniendo claro este primer criterio se procede a analizar el segundo factor el cual será las temperaturas promedio de la región donde se implementara el proyecto. Luego de varias visitas a la piscícola de la AUNAP se ha podido establecer que el rango de temperatura en el cual operara el sensor será un rango que se encontrara entre los 15° y los 40° Celsius.

Es así como se puede establecer que se hace necesario el uso de un sensor sumergible el cual se encontrara en un medio altamente corrosivo por lo que dicho sensor deberá tener una protección contra estas amenazas, al operar en un rango tan pequeño de temperatura será indispensable que el sensor brinde una alta exactitud y gran precisión al momento de obtener los datos lo cual garantizara una baja incertidumbre y por ultimo por petición de los investigadores se hace necesario que el sensor tenga una resolución de 0.2 ° Celsius en sus lecturas.

Figura 13. Diagrama módulo de adquisición, proceso y control (MAPC).



Fuente: Autores

4.1.2 Nivel

El sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material generalmente líquido dentro de un tanque, será indispensable para el desarrollo de este proyecto controlar esta variable en el interior del tanque Z8. La necesidad de monitorear esta variable surge al analizar el comportamiento de los actuadores encargados de ejecutar el proceso de control de temperatura en el tanque Z8, ya que se ha de garantizar un nivel de líquido mínimo y así mismo un nivel líquido de máximo, para que estos actuadores puedan entrar en operación en forma segura y eficiente.

Luego de hacer un detallado análisis sobre el medio en que operara este sensor se procede a evaluar una gran variedad de sensores que ofrece el mercado al momento de realizar la medición, ya sea midiendo directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento producido sobre un flotador o aprovechando las características eléctricas del fluido. Al evaluar estas opciones se ha optado por elegir un sensor de ultrasonido el cual se encontrará ubicado en la parte exterior del tanque siendo de gran utilidad ya que al no encontrarse en contacto con el agua proporcionará una vida útil mucho más duradera. Es de tener en cuenta la gran precisión que brinda estos artefactos puesto que cuenta con una resolución en sus medidas de milímetros al momento de leer los datos y por lo general están diseñados para medir en un rango que se encuentre entre 1.7 y 500 centímetros cumpliendo con las especificaciones necesarias para el trabajo que se pretende realizar.

4.2 MÓDULO DE ADQUISICIÓN, PROCESO Y CONTROL (MAPC).

El MAPC mostrado en la Figura 13, es el encargado de la adquisición de la variable temperatura y nivel en los tanques, ejercerá el control de temperatura y nivel en el tanque Z8, el control de los ciclos lumínicos de fotoperiodo en los tanques Z8 y Z9 y establecerá la comunicación bidireccional con el Módulo de Monitoreo y Registro.

Una vez los datos de las variables físicas son adquiridos, pasaran a la etapa de procesamiento de datos y mediante una serie de cálculos aritméticos se le asignaran valores numéricos a cada variable del proceso que se está sensando, posteriormente estos valores llegan al bloque de comunicación donde serán empaquetados en una trama de forma serial y por medio de un protocolo USB se enviaran a el ordenador para dar inicio al respectivo proceso de monitoreo y registro. El control de temperatura y nivel que se ejercerá en el tanque Z8 registrara el valor deseado de control, el cual es establecido por el usuario este valor será comparado con el valor de la magnitud de las variables temperatura y nivel. Posteriormente se procederá a generar una señal de control, esta señal será enviada a una etapa de

potencia y finalmente activara los actuadores de cada proceso cumpliendo así con el requerimiento necesario para llevar a cabo el control de temperatura y nivel.

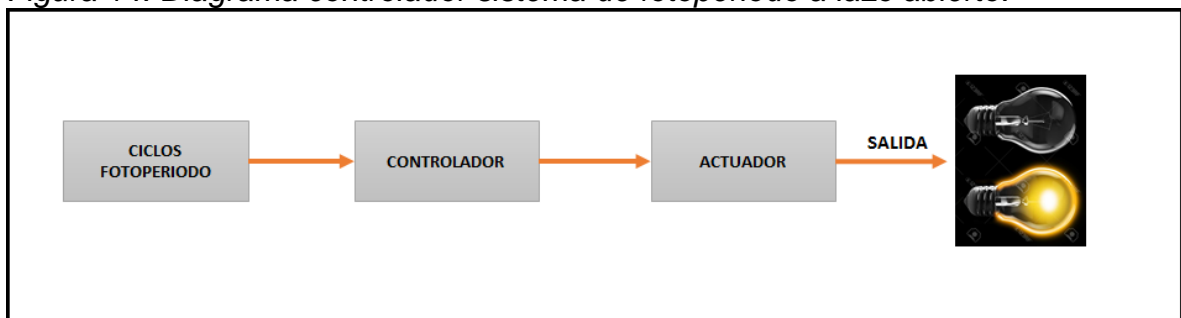
Finalmente, el control de los ciclos lumínicos de fotoperiodo se establecerá en los tanques Z8 y Z9, es un control que viene dado por el criterio del usuario, por este motivo se le concede al usuario la posibilidad de elegir la frecuencia de variación de los ciclos de fotoperiodo. Posteriormente se envía esta información a la etapa de comunicación, donde se procede a generar una señal de control la cual pasara por una etapa de potencia y activara los respectivos actuadores del proceso.

4.2.1 Controlador

4.2.1.1 Control ciclos de fotoperiodo

El objetivo de este control es simular con éxito los ciclos de fotoperiodo en el interior de los tanques Z8 y Z9. Estos ciclos estarán dados por un patrón que viene determinado en horas luz (H.L.) y horas oscuridad (H.O.), estos acrónimos hacen referencia a cuantas horas de intensidad lumínica estará expuesto el tanque en un periodo de 24 horas, para el caso específico de este proyecto y cumpliendo con los requerimientos exigidos por parte de los investigadores el diseño contara con 5 ciclos los cuales vienen dados por los siguientes parámetros: primer ciclo (12 H.L. y 12 H.O.), segundo ciclo (10 H.L. y 14 H.O.), tercer ciclo (14 H.L. y 10 H.O.), cuarto ciclo (8H.L. y 16H.O.) y quinto ciclo (16H.L. y 8H.O.).

Figura 14. Diagrama controlador sistema de fotoperiodo a lazo abierto.



Fuente: Autores

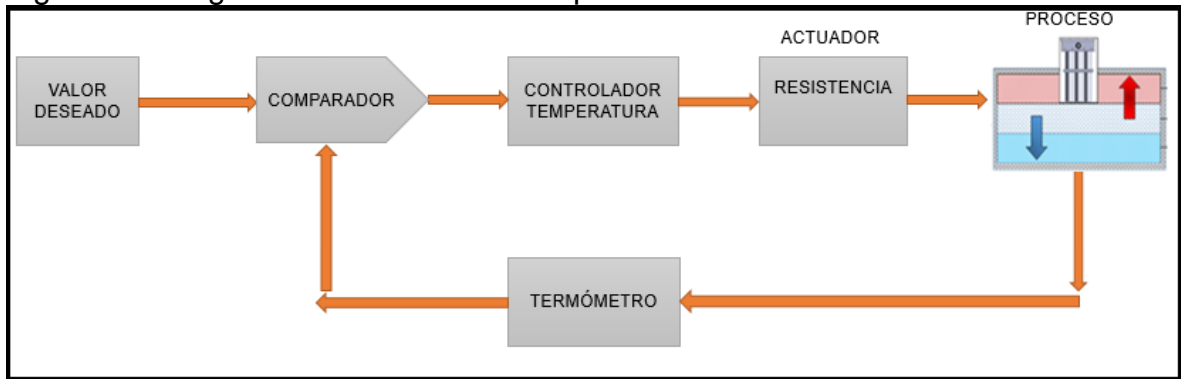
El usuario dispondrá de una interface gráfica en el ordenador la cual se ha diseñado en el programa National Instrument Labview, que le permitirá elegir el patrón de iluminación bajo el cual operara el sistema de fotoperiodo, seguidamente esta información será empaquetada y enviada por medio de un protocolo USB al microcontrolador esta información se alojara en la etapa de comunicación. Posteriormente será enviada a la etapa de procesamiento de datos donde que se

procederá a generar una señal de control y finalmente esta señal pasara por una etapa de potencia, puesto que los actuadores operaran a una tensión de 110 v A.C y así ejercer una acción final de control. En la *Figura 14* se aprecia el diagrama de bloques del controlador diseñado para realizar el sistema de control de ciclos fotoperiodo.

4.2.1.2 Control de temperatura

El control de temperatura tiene como objetivo principal sostener la temperatura en la masa de agua que se encuentra al interior del tanque Z8 en los 27 °C con un error de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Se pretende que una vez establecida la temperatura el sistema de control tenga la capacidad de mantenerse en este rango de temperatura de manera estable. Para lograr este fin deberá de poder rechazar las perturbaciones ocasionadas por factores externos al sistema como lo serán la variación en la temperatura ambiente y el ingreso de agua de recambio que ingresa a temperatura ambiente al tanque Z8.

Figura 15. Diagrama controlador de temperatura a lazo cerrado.



Fuente: Autores

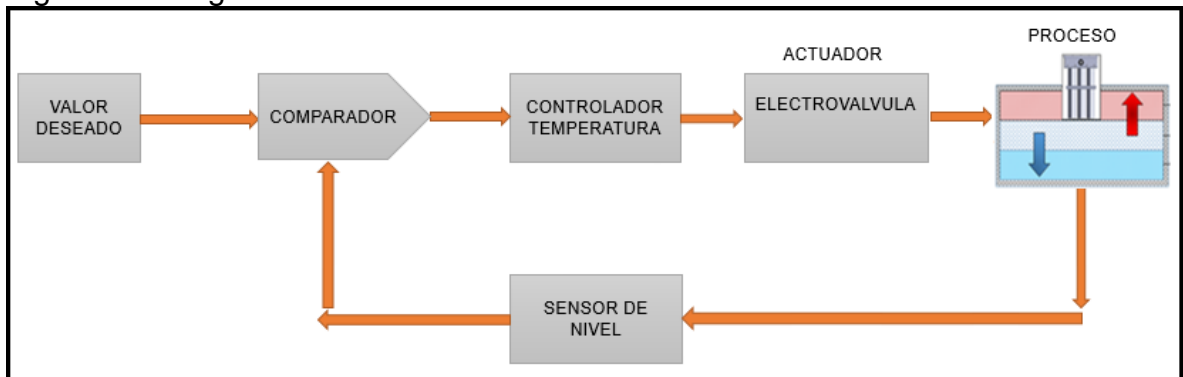
Para el diseño del controlador de temperatura a lazo cerrado se hace necesario la selección del actuador que efectuará el proceso térmico, al hacer un detallado estudio de las opciones que ofrece el mercado en cuanto a estos actuadores se ha optado por utilizar resistencias sumergibles de referencia SMARTONE S1T1111. Una vez seleccionado este dispositivo se hace necesario emplear un método de identificación, con el fin de realizar un análisis de la respuesta del sistema térmico. Se utiliza la herramienta toolbox que ofrece el programa MATLAB, la cual por medio de dos vectores de datos, siendo uno de entrada y otro de salida permite generar una función de transferencia aproximada del sistema térmico, que posteriormente será analizado para realizar el diseño del controlador de acuerdo a las

características que se deseen mejorar a la respuesta del sistema de control de temperatura.

4.2.1.3 Control de nivel.

En la Figura 16 se puede observar el controlador de nivel que se implementará en el interior del tanque Z8 y tendrá que cumplir tres funciones primordiales las cuales están asociadas al correcto funcionamiento del control de temperatura. La primera función será proporcionar el llenado del tanque hasta un nivel máximo, como segunda función deberá proporcionar un nivel de seguridad máximo y mínimo ya que en este rango de nivel podrán entrar en operación las resistencias y por ultimo deberá de generar un recambio diario del 5% del volumen de agua que se encuentra en el tanque Z8, el recambio diario es un parámetro dado por los investigadores para conservar los parámetros físico-químicos del agua que se encuentra al interior del tanque.

Figura 16. Diagrama controlador de Nivel a lazo cerrado.



Fuente: Autores

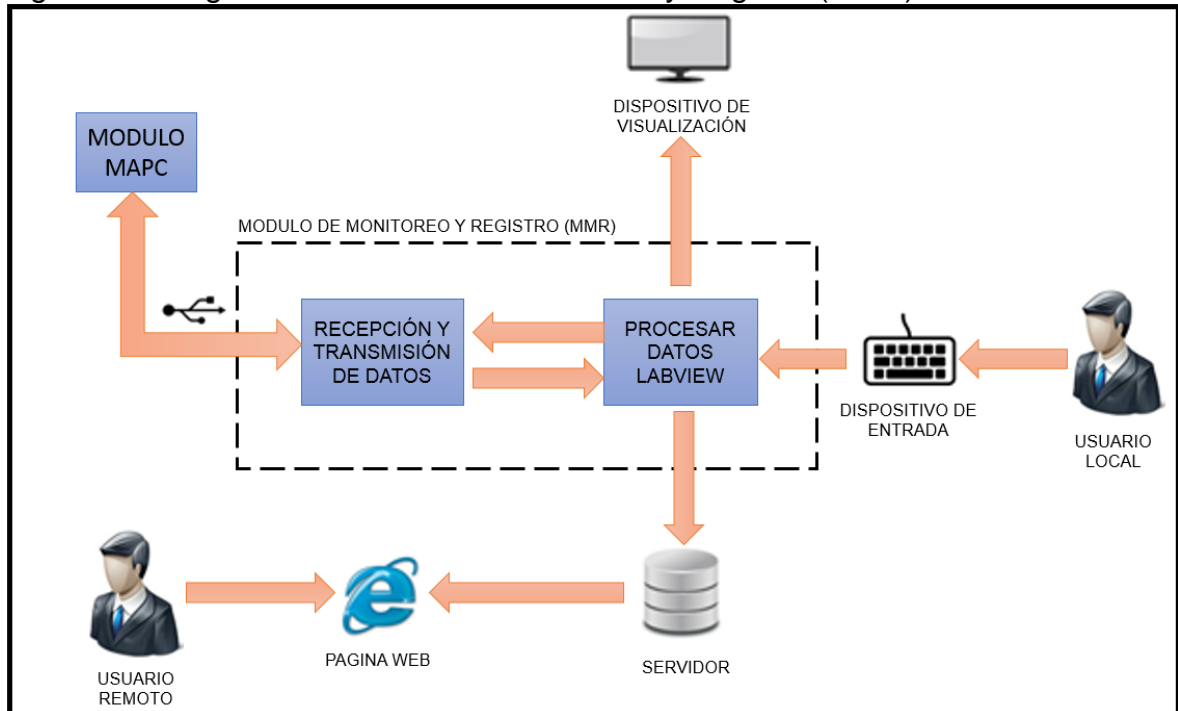
El actuador seleccionado para desarrollar el proceso de control de nivel es una electroválvula solenoide de 1¼ de pulgada y soporta una presión máxima de 10 Kg/cm², la cual al aplicarle un nivel de tensión alto permitirá el paso del agua hacia el interior del tanque y al aplicarle un nivel de tensión bajo cerrará el paso de agua hacia el tanque. El controlador será diseñado bajo una estructura de máquina de estados con el objetivo de que la electroválvula pueda llevar a cabo las 3 funciones.

4.3 MÓDULO DE MONITOREO Y REGISTRO (MMR).

El MMR tiene como funciones principales el establecimiento de la comunicación por medio de un protocolo USB bidireccional con el microprocesador encargado del procesamiento de datos, le concederá al usuario la posibilidad de visualizar las variables de los procesos monitoreados, el ingreso de los niveles de control por

parte del usuario para ejecutar conforme a estos el correspondiente control de fotoperiodo y de temperatura, monitorear el estado de los procesos controlados y por último dará acceso a una página Web donde el usuario encontrará alojado el registro histórico de la variable temperatura ya que esta será almacenada en una base de datos. En la Figura17 se presenta la estructura de funcionamiento del módulo MMR.

Figura 17. Diagrama del Módulo de Monitoreo y Registro (MMR).



Fuente: Autores

El módulo MMR se encontrará alojado en una computadora la cual se encuentra ubicada en la sala de manejo de la estación piscícola AUNAP, esta computadora le concederá al usuario la posibilidad de interactuar y controlar el sistema de fotoperiodo mediante un programa ejecutable que se ha desarrollado bajo el software de desarrollo de sistemas NI LabVIEW2012 – National Instruments. A continuación, se procederá a hacer un análisis detallado del diagrama de bloques del módulo de monitoreo y registro (MMR)

4.3.1 Visualización de Datos.

Las variables que previamente han sido procesadas, empaquetadas y enviadas por medio de un protocolo USB desde el MAPC hacia la interfaz desarrollada bajo LabVIEW2012 donde el usuario se encontrara con un entorno que le permite

visualizar los valores de la temperatura a la que se encuentra la masa de agua en los tanques Z8, Z9 y Z10, el estado (encendido – apagado) en el que se encuentra el control de los ciclos de fotoperiodo en los tanques Z8 y Z9, el estado de los actuadores (encendido - apagado) en este caso las resistencias y electroválvula que se encuentran en el tanque Z8 y por último el nivel de agua con el que cuenta el tanque Z8.

Al tener en cuenta los factores anteriormente mencionados y que el usuario dispondrá de una gran cantidad de información una vez acceda a la interfaz gráfica de la aplicación, se hace primordial que esta información sobre las variables monitoreadas y procesos de control se presente de una forma clara y que no ocasione conflictos al momento de acceder a esta, por tanto se diseñara un entorno agradable que presentara una estructura ordenada, donde a cada variable se le asignaran etiquetas que contendrán información sobre el proceso que se está sensando y las unidades de medidas de dicho proceso, también contara con un entorno gráfico animado que le ayudara al usuario a entender con mayor facilidad los eventos que están sucediendo en tiempo real dentro de cada tanque del sistema de fotoperiodo.

4.3.2 Entrada de datos.

Al desarrollar un sistema de control se hace necesario que el usuario pueda establecer valores deseados de control según su criterio o necesidades, por este motivo al diseñar la interfaz gráfica se le proporcionara al usuario la opción de elegir un régimen de iluminación entre 5 posibles regímenes de funcionamiento bajo el cual operara el sistema de fotoperiodo, también se le brindara la posibilidad de elegir el valor de temperatura con el que desea controlar la temperatura interna del tanque Z8, el usuario también contara con un botón en la pantalla que será el encargado de dar inicio a las actividades de monitoreo y control que se desarrollara en la sala de fotoperiodo, así como un botón de pausa que le permitirá pausar en cualquier momento la ejecución del sistema y restablecer su funcionamiento al volverlo a oprimir y un botón de paro que le permitirá abortar o salir de la ejecución de la aplicación.

4.2.3 Base de datos y pagina Web.

Una de las principales necesidades que plantean los investigadores es contar con un soporte que les permita verificar el comportamiento de la temperatura en los tanques que se han instrumentado, ya que mediante el análisis de estos comportamientos ellos podrán llegar a obtener conclusiones en un futuro, es así como se hace necesario crear una base de datos que almacene los datos de

temperatura sensados y etiquetarlos bajo el siguiente formato, fecha, hora, tanque de medición y temperatura sensada, con el fin de permitir una plena identificación de las variables medidas, adicionalmente se propone el desarrollo de una página web la cual le conceda al usuario la opción de ingresar a la base de datos de forma remota.

Es por esta razón que una vez los datos son mostrados al usuario por medio de la interface de visualización de datos, se procede a establecer una sub-rutina en el programa LabView, la cual se encargara de exportar los datos a una ubicación local del computador en un formato (.txt) y así por medio de un aplicación que se ha instalado en computador llamada "One Server", aplicación que permite convertir el computador en un servidor local, con el único fin de poder enviar los datos a un hosting donde se almacenaran esta información en una base datos y se le brindara acceso al cliente por medio de un dominio en la Web.

5. IMPLEMENTACIÓN.

En este capítulo se expone el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo e implementación del sistema de control de fotoperiodo y temperatura, teniendo siempre como referencia los conceptos que se han planteado anteriormente en el Capítulo 4. El lector encontrará con detalle los procedimientos y cálculos matemáticos que fueron realizados durante las etapas de ejecución del proyecto, así mismo se incluyen la selección de dispositivos electrónicos tales como actuadores, sensores, microprocesadores y demás elementos utilizados para desarrollar este proyecto a feliz término.

5.1 IMPLEMENTACION DEL MODULO DE ADQUISICIÓN, PROCESO Y CONTROL (MAPC)

5.1.1 Etapa de instrumentación.

Esta es la primera acción del módulo de adquisición proceso y control (MAPC). Se encargará de medir y recolectar la información de las variables que se están monitoreando en el interior de los tanques Z8, Z9 y Z10, por lo tanto, se hará una descripción detallada de cada uno de los elementos que comprenden esta etapa del sistema como son los sensores de temperatura y el sensor nivel.

5.1.1.1 *Temperatura.*

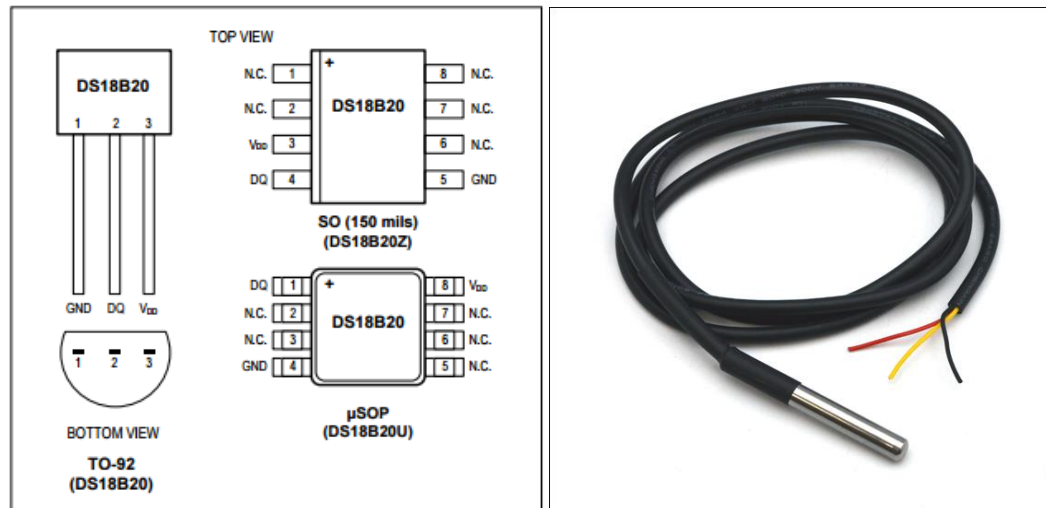
El actualidad el mercado ofrece toda una amplia gama de sensores de temperaturas entre ellos se pueden encontrar, RTD (sensores de temperatura resistivos), termistores, termopares, sensores de temperatura en circuito integrado(semiconductores), pirómetros, etc., brindándole así al consumidor una gran gama de opciones al momento de elegir un instrumento, por lo cual se hace necesario analizar con detalle, el rango de medida en el que operara el sensor, la exactitud, la precisión, la sensibilidad, la resolución, la fiabilidad y el error en sus medidas para lograr escoger de forma acertada el instrumento de medición que demanda el proyecto.

Respetando todas las consideraciones planteadas en el diseño se ha optado por escoger un termómetro digital el cual cuenta internamente cuenta con un sensor de temperatura de tipo circuito integrado de referencia DS18B20 que se muestra en la Figura 18. Este termómetro cumple con todos los requerimientos anteriormente mencionados, como ventaja se observa que requiere poco hardware para su

implementación puesto que cuenta con un chip en el interior que se encarga de entregar la señal acondicionada por medio de un protocolo one-wire.

Figura 18. Sensor DS18B20.

Pin Configurations



Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

Características eléctricas del sensor DS18B20:

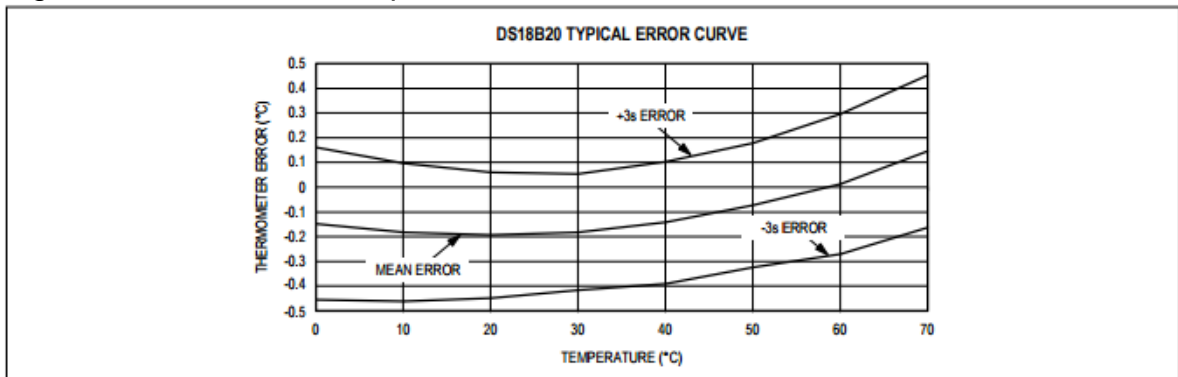
- Voltaje de alimentación min 3.0 V y max 5.5 V.
- Mide temperaturas de -55 °C a 125 °C.
- ± 0.5 °C de precisión ente -10 °C y 85 °C
- La resolución del termómetro es programable de 9 a 12 bits.
- Interface de comunicación one-wire requiere solo un pin del puerto para la comunicación.

Resolución. Una de las ventajas que ofrece este sensor es que permite calibrar la resolución con la que se desea hacer la lectura, el DSB18B20 es configurable a (9, 10, 11 y 12 Bits) lo que equivale a una resolución en la lectura de temperatura en 0.5 °C, 0.25°C, 0.125 °C, o 0,0625. Esta selección de la resolución demanda un tiempo mayor en la conversión de la temperatura según el número de Bits con que se configure dicha lectura; para el caso específico de este proyecto se ha configurado los sensores con una resolución de 11 Bits lo que equivale a en grados Celsius a una variación cada 0.125 °C y un tiempo estimado por el fabricante de 375 ms para generar una nueva lectura.

Error. En la Figura 19, se observa la curva de operación del sensor DS18B20. Un criterio que se tuvo en cuenta al momento de hacer la selección del sensor, la ficha

de datos de este sensor proporciona una información sobre el error el cual es de ± 0.5 °C cuando el sensor opera entre un rango de -10 °C y 85 °C, siendo este un valor de siendo este valor de error un poco grande, pero al analizar con detenimiento la gráfica de curva de error típico que brinda el diseñador del dispositivo, se concluye que para efectos de la implementación de este proyecto las temperaturas dentro de las cuales operaran los sensores oscilara entre los 15°C y los 30°C, arrojando como resultado un error medio de ± 0.2 °C siendo este valor aceptable para ser utilizarlos en el desarrollo del proyecto.

Figura 19. Curva de error típico sensor DS18B20.



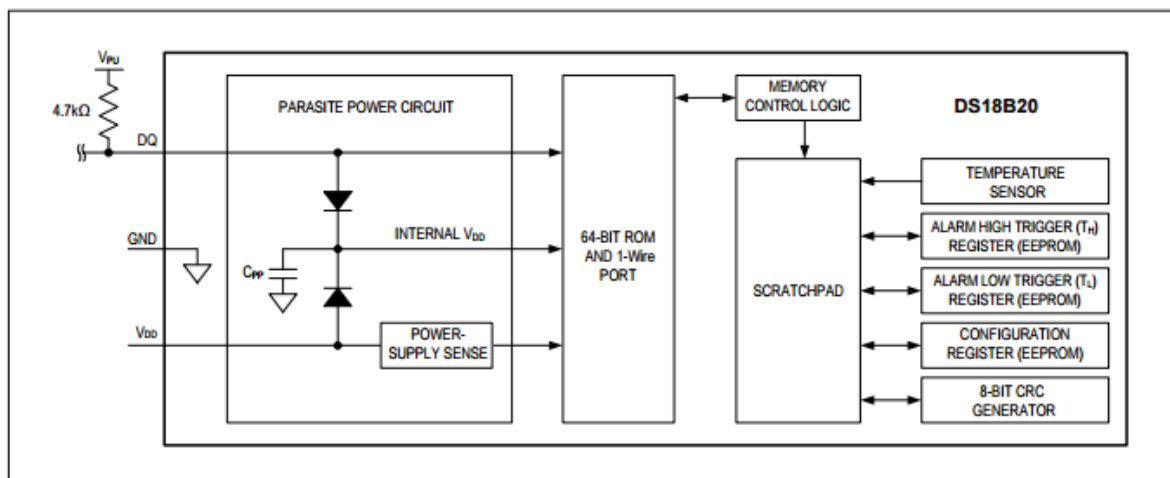
Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.

Funcionamiento del DS18B20. Las mediciones de temperatura se realizan mediante dos fuentes de tensión de banda prohibida generadas, una de las fuentes de tensión tiene un coeficiente de alta temperatura y cambios de forma determinista a través de la temperatura. La otra fuente de tensión tiene un coeficiente de baja temperatura y no cambia a través de la temperatura. Un convertidor de analógico a digital (ADC) convierte la diferencia entre estas dos tensiones a un valor digital, que representa la temperatura del dispositivo. La resolución de la conversión de la temperatura se puede seleccionar de 9 a 12 bits.

La Figura 20, muestra un diagrama de bloques del DS18B20, la ROM 64 bits almacena código de serie único del dispositivo. La memoria de bloc de notas contiene el registro de temperatura de 2 bytes que almacena la salida digital del sensor de temperatura. Además, la memoria de trabajo proporciona acceso a los registros de activación de alarma de 1 byte superior e inferior (TH y TL) y el registro de configuración de 1 byte. El registro de configuración permite al usuario ajustar la resolución de la temperatura para la conversión de digital a 9, 10, 11, o 12 bits. El TH, TL, y registros de configuración no volátil (EEPROM), por lo que se puede conservar los datos cuando el dispositivo está apagado.

El DS18B20 utiliza exclusivo protocolo de bus de datos de 1 hilo (1-Wire) de Maxim que implementa la comunicación del bus mediante una señal de control. La línea de control requiere una resistencia pull-up débil ya que todos los dispositivos están vinculados al bus a través de un puerto 3-estado o drenaje abierto (el pasador de DQ en el caso de la DS18B20). En este sistema de bus, el microprocesador (el dispositivo maestro) identifica y aborda los dispositivos en el bus con el código único de 64 bits de cada dispositivo. Debido a que cada dispositivo tiene un código único, el número de dispositivos que se pueden abordar en una DS18B20 de 3 pines es virtualmente ilimitado.

Figura 20. Diagrama de bloques DSB18B20.



Fuente://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf.

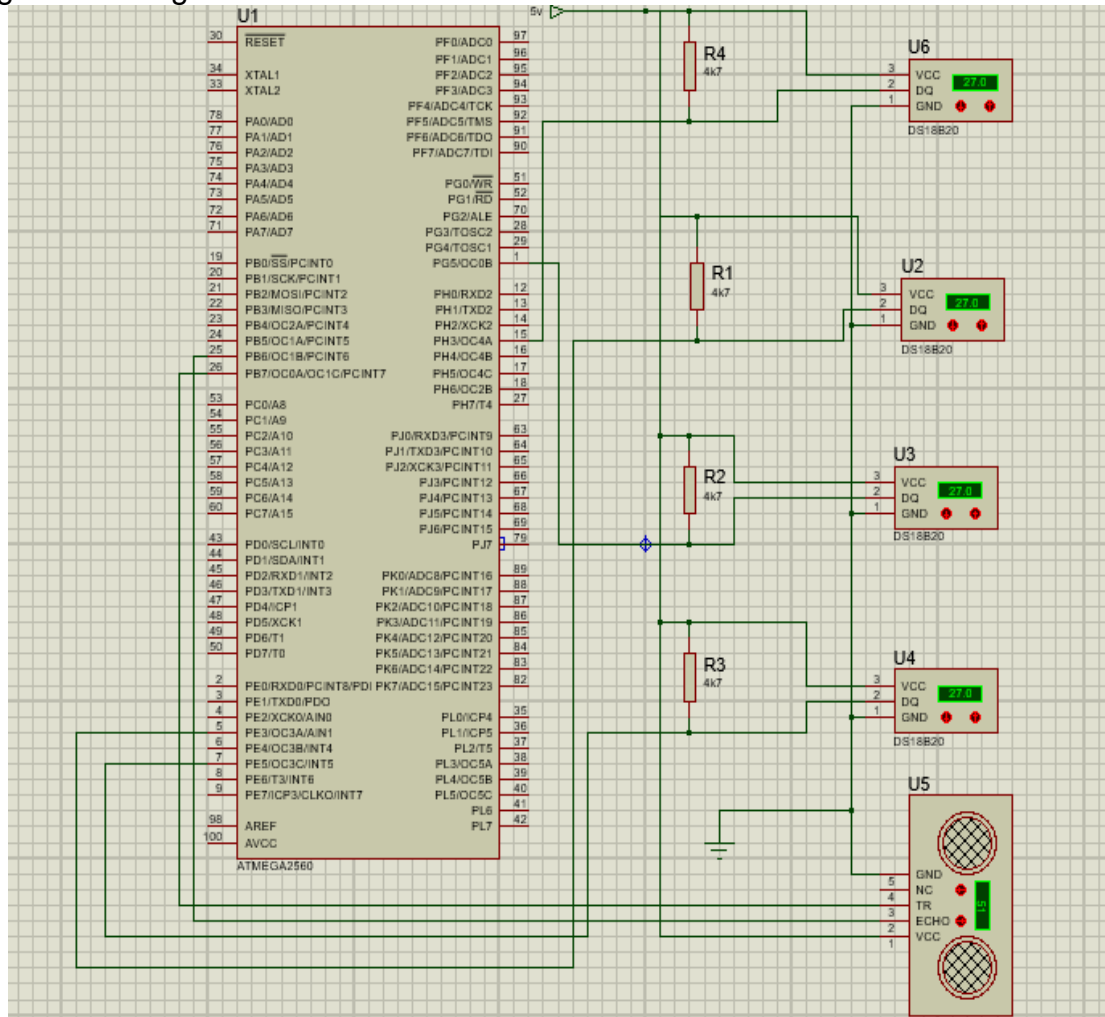
Acondicionamiento e implementación. Para implementar el proceso de monitoreo y almacenamiento de la temperatura en los tanques Z8, Z9 y Z10 se hace necesario adquirir la temperatura por medio de 4 sensores DS18B20, los cuales estarán distribuidos de la siguiente manera: el tanque Z9 contará con un sensor en su interior, el tanque Z10 contará con un sensor en su interior y el tanque Z8 en el cual se desarrollara el control de temperatura contará con dos sensores en su interior distribuidos de la siguiente forma uno próximo al nivel máximo de llenado y el restante ubicado próximo a su nivel inferior.

Siguiendo las recomendaciones brindadas en la hoja de datos por el fabricante del instrumento, se procede a establecer la conexión de los sensores con el microcontrolador, el primer parámetro que se tiene en cuenta es la longitud máxima del bus de datos al cual se encontrara conectado el sensor siendo esta longitud de máximo 100 metros de distancia, el microcontrolador se encontrara ubicado en la sala de control y los tanques están ubicados en el Área de Manejo estimando una

distancia aproximada de 25 metros siendo esta distancia apta para el correcto funcionamiento de los sensores DS18B20.

Por último, se hace necesario el cálculo de una resistencia pull-up, para ello se tendrá en cuenta los siguientes parámetros: el sensor será alimentado por una fuente externa con un voltaje de 5V, el bus de datos estará conformado por un cable UTP categoría 5 que según la ficha de datos proporcionada por el fabricante genera una resistencia máxima del conductor de 10Ω para una distancia de 25 metros. La corriente mínima que se le debe suministrar al sensor DS18B20 para que entre en operación es de 4 mA y la corriente máxima que se le puede suministrar es de 15 mA; teniendo en cuenta estos parámetros se selecciona el uso de una resistencia de $4,7 \text{ K} \Omega$ y se procede a implementar el diagrama final de conexiones de los 4 sensores que se muestra en la Figura 21.

Figura 21. Diagrama final de conexión de sensores.

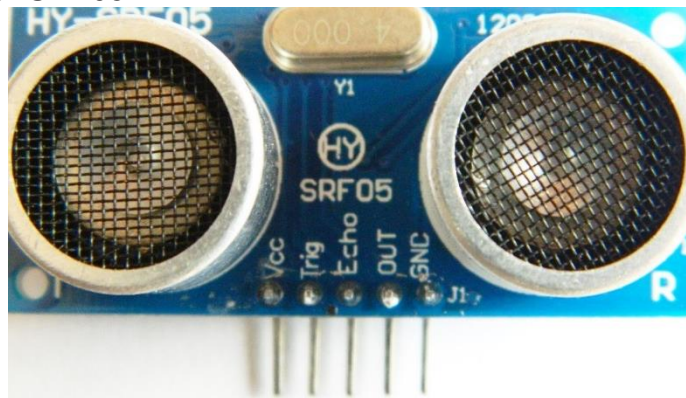


Fuente: Autores

5.1.1.2 Nivel

Para medir el nivel en el interior del tanque Z8 se ha seleccionado un sensor de alcance ultrasónico de referencia SFR05, su principal característica es que tiene la capacidad de detectar objetos en su trayectoria de disparo y así calcular la distancia a la cual se encuentra el objeto, la detección del objeto se consigue midiendo el tiempo que tarda en rebotar un haz de ultrasonidos sobre la superficie del objeto. Internamente el sensor está constituido por un microcontrolador y dos cápsulas ultrasónicas de 40KHz una, que se encarga de generar el disparo y la segunda se encarga de recibir el eco del disparo.

Figura 22. Sensor SFR05.



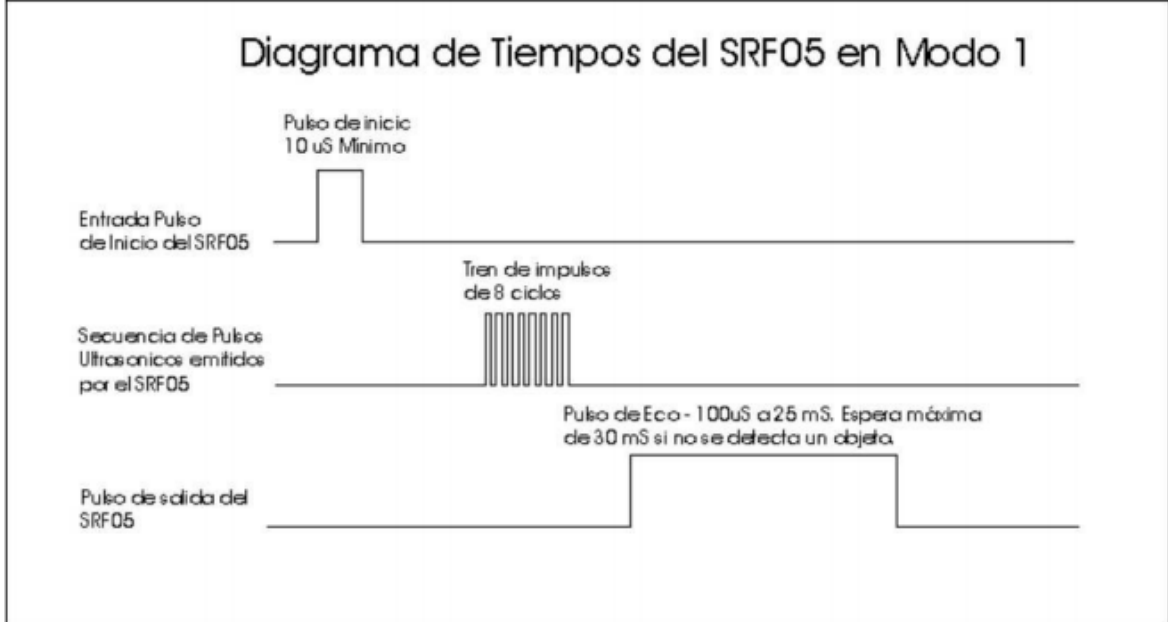
Fuente: <http://www.electronicca.com/images/ebay/sensores/sfr05.jpg>

Características eléctricas del sensor SFR05:

- Voltaje de alimentación: 5V.
- Rango de medida: entre 1.7 y 500 cm.
- Resolución: 0.2 cm.
- Frecuencia de operación: 40 KHz.
- Duración mínima tiempo de disparo: 20 μ s.
- Duración pulso eco: 100 μ s – 25000 μ s.
- Tiempo de espera entre medidas: 20 μ s.

Funcionamiento del SFR05. El sensor SFR05 brinda al usuario dos modos de funcionamiento. El primer modo de funcionamiento llamado por el fabricante a cuatro hilos y el segundo llamado a tres hilos. Para el desarrollo e implantación de este proyecto se ha optado por utilizar el modo de conexión a cuatro hilos, en la cual el sensor demandara una línea con la alimentación a 5V, una línea para la conexión de tierra, una línea de salida eco y una última línea para la entrada del disparo. En la Figura 23 se muestra el diagrama de tiempos de disparo que genera el sensor SFR05 cuando entra en operación.

Figura 23. Sensor SFR05. Diagrama de Tiempos SFR05.



Fuente: <http://www.electronicca.com/images/ebay/sensores/sfr05.jpg>

Para que el sensor entre en operación el primer paso que se requiere llevar a cabo es la configuración del microcontrolador encargado de leer los datos este debe de configurar un pin de entrada que en este caso será llamado pin eco y un pin de salida que en este será llamado pin de disparo, luego se procede a aplicar desde el pin disparo un pulso de una duración mínima de 10 ms, este pulso se encargara de que el sensor SFR05 entre en operación, el módulo del sensor procederá a generar una secuencia de pulsos ultrasonicos generando un tren de pulsos de 8 ciclos a 40 KHz, en el instante que se genera este tren de impulsos el modulo del sensor generara un nivel lógico 1, el cual deberá de ser detectado por el pin eco del microcontrolador y se procederá a inicializar un temporizador, ya que cuando el sensor detecte que el tren de pulsos de 8 ciclos a 40 KHz choca contra un objeto generara una salida lógica de nivel 0.

Este proceso permite al usuario medir la duración de pulso de la señal generada por el modulo del sensor SFR05, es decir el instante de tiempo en que la señal eco se mantiene en un nivel lógico de 1, tiempo que será utilizado posteriormente para el cálculo de la distancia en función del tiempo, al calcular la distancia en unidades de centímetros se debe tener en cuenta que la velocidad del sonido es igual a 340 m/s o 29 cm/µs, por último se divide el resultado de la operación entre dos ya que nada más interesa el tiempo que tomo el tren de pulsos en regresar o en llegar al objeto no la suma de estos dos tiempos. El anterior proceso se puede explicar mediante la Ecuación 1 y la Ecuación 2, que son las que permitirán hacer el cálculo de la distancia entre el sensor SFR05 y un objeto

$$Distancia = \frac{T_{Pulso}}{\frac{Velocidad\ del\ Sonido}{2}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$Distancia = \frac{T_{pulso}}{58\ Cm/\mu S} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde T_{Pulso} es la duración del pulso eco en un valor lógico de 1.

5.1.2 Etapa de control

La etapa de control se ha dividido en dos etapas para facilitar la comprensión al lector. La primera etapa viene dada por el control de temperatura y nivel que se llevara a cabo en el tanque Z8, etapa que ha sido diseñada bajo la estructura de una máquina de estados con el propósito de poder integrar los dos controles en uno solo en busca de una mayor eficacia al momento de implementar dichos controles y la segunda etapa viene dada por el control de los ciclos lumínicos de fotoperiodo que se llevara a cabo en el interior de los tanques Z8 y Z9. A lo largo de este capítulo el lector podrá encontrar información sobre los detalles técnicos a la hora de seleccionar los actuadores y diseñar sus respectivos controles.

5.1.2.1 Control de temperatura

Resistencia de inmersión. Se ha seleccionado una resistencia de inmersión para efectuar el proceso de transferencia de calor que se llevara a cabo en el interior del tanque Z8, la resistencia de referencia SmartOne-S1T es fabricada por la empresa Process Technology y son diseñados con la tecnología de funcionamiento PTC (coeficiente de temperatura positivo). Las resistencias eléctricas que utilizan chips de PTC, no utilizan alambre de resistencia como fuente de calor, en su lugar utilizan un número de chips de PTC de cerámica como la fuente de calefacción, lo que significa que cuando aumenta la temperatura el valor de la resistencia eléctrica también aumenta, lo que disminuye la producción de calor.

El principal beneficio que brinda esta tecnología es la seguridad al momento de operar, ya que las resistencias tan solo pueden alcanzar una temperatura máxima de cubierta la cual está fijado por debajo del punto de combustión e ignición de los materiales (como tanques plásticos). Tampoco se verán afectados por las condiciones de bajo nivel de una solución o lodos acumulados a diferencia de las resistencias tradicionales ya que la tecnología PTC se encarga de limitar la salida de calor a 270 °C logrando que las resistencias nunca se recalienten, sin embargo el fabricante recomienda para el correcto funcionamiento, un control de temperatura

que se encarga de regular la temperatura del proceso y un dispositivo de corte a nivel de líquido puesto que siempre deben de estar en contacto con el líquido.

Figura 24. Resistencia de inmersión S1T1111.



Fuente: <http://www.alliedplating.com/product/t-series-titanium-metal-over-the-side-heaters/>

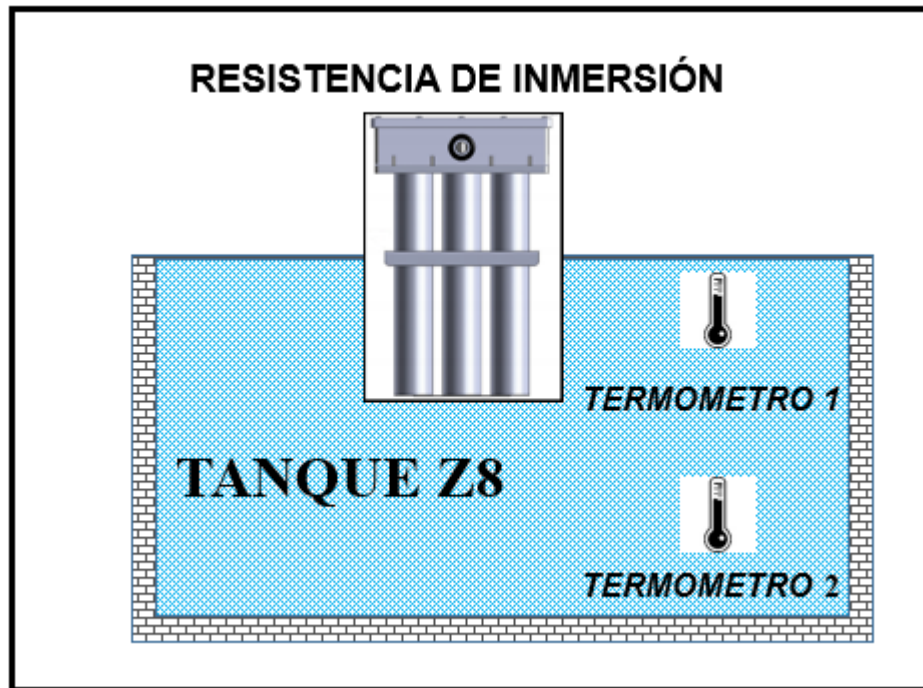
Características:

- Modelo: S1T1111
- Potencia: 1000 Watt.
- Voltaje de operación: 100 – 120 V.
- Suministro de corriente: 10 A.
- Temperatura de operación: 270 °C.
- Material de construcción: Titanio

Identificación. Para realizar el proceso de la identificación del sistema térmico (transferencia de calor hacia el agua del tanque), se hace necesario conocer la respuesta ante una entrada ya conocida. Para el caso en particular del desarrollo de este proyecto se modelara la respuesta de 3 resistencias S1T111, las cuales se encontraran sumergidas en un tanque que cuenta con volumen de 1000 Litros de agua. El primer paso a seguir es el acondicionamiento de la estructura en el interior del tanque Z8, ya que las resistencias se deberán de encontrar ubicadas en la parte superior del tanque y tan solo una parte de su cuerpo debe de entrar en contacto con el agua, se diseña una estructura metálica en la cual se instalaran las

resistencias, se procede a hacer las conexiones eléctricas pertinentes para que estas puedan entrar en operación y finalmente se instalan 2 sensores de temperaturas en el interior del tanque Z8. El lector encontrará en la Figura 25 un diagrama de la estructura implementada para realizar la identificación del sistema.

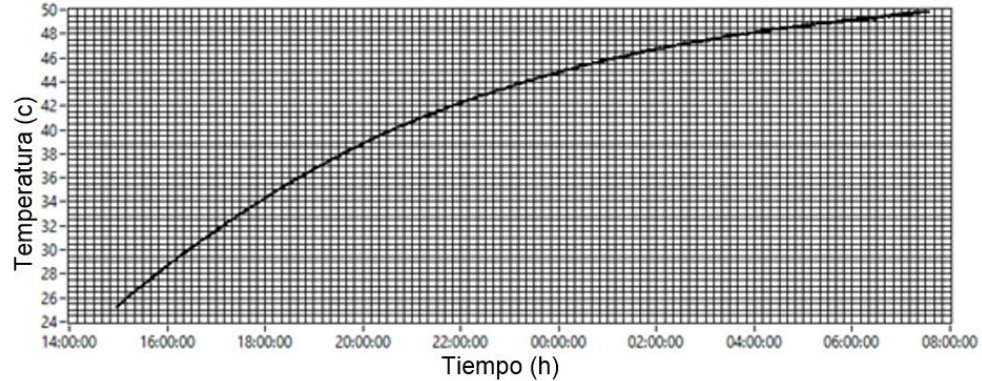
Figura 25. Diagrama de tanque Z8.



Fuente: Autores

Las resistencias estarán alimentadas por un voltaje de entrada de 110 Voltios Ac y demandarán suministro de corriente de 10 Amperios para cada resistencia, la respuesta o salida del sistema al ser excitado se verá reflejado en la variación que detecten los sensores de temperatura DS18B20 en la masa de agua que se encuentra depositada dentro del tanque Z8. El proceso de adquisición de datos se realiza por medio del uso de una tarjeta de adquisición de datos y el software Labview 2012, software en donde se ha desarrollado un programa que permitirá almacenar los datos muestreados y graficará dichos datos. El lector podrá encontrar la respuesta del sistema térmico en la Figura 26, en esta gráfica se puede apreciar la variación de la temperatura expresada en grados Celsius con respecto al paso del tiempo.

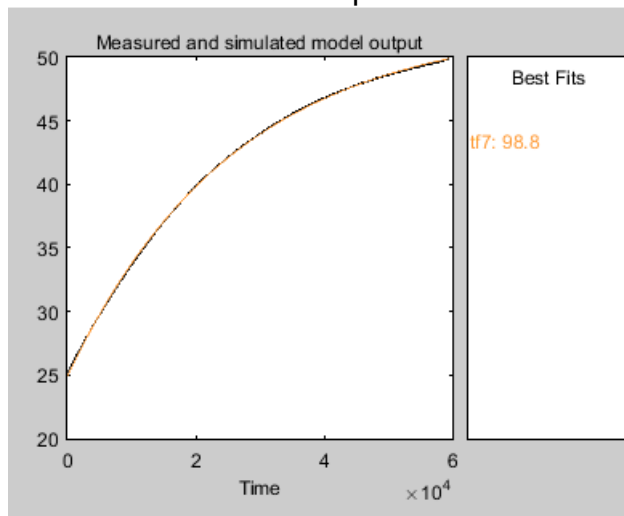
Figura 26. Grafica de respuesta del sistema de temperatura.



Fuente: Autores

Una vez obtenidos los datos de entrada y salida del sistema se procede a exportarlos al programa Matlab donde se crean vectores y se etiquetan según lo exige el lenguaje de programación, se ha de tener en cuenta que el tiempo de muestro para este proceso de identificación es de 15 segundos por muestra; una vez exportados los datos al programa Matlab se utiliza una herramienta que proporciona este programa llamada "Ident Procces Models" la cual permite procesar e identificar el archivo de datos correspondiente a un sistema físico con el fin de estimar un modelo matemático, siendo así como se realizan un sin número de pruebas con esta herramienta en busca de la respuesta que mejor se adapte al modelamiento del sistema y así finalmente obtener una función de transferencia que sea lo más cercana posible a la respuesta del sistema.

Figura 27. Identificación del sistema de temperatura.



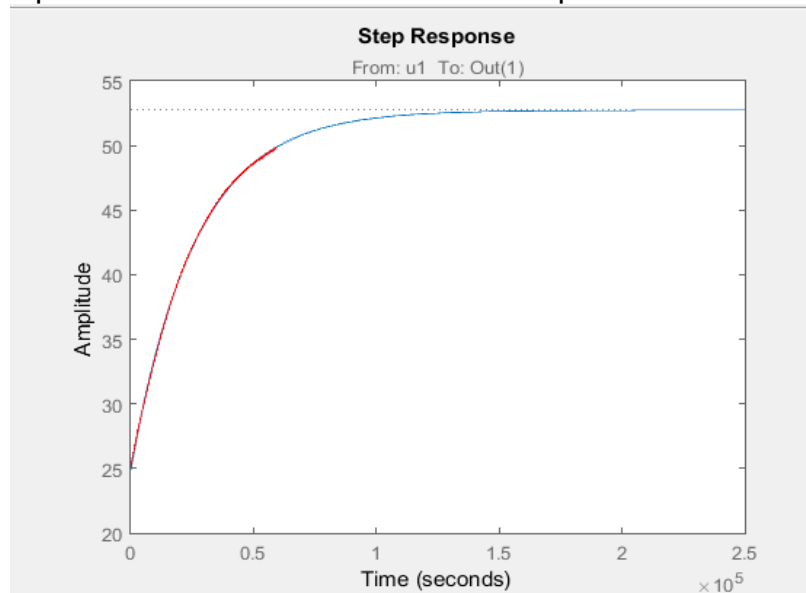
Fuente: Autores

Una vez se estima la gráfica que se observa en la Figura 27, la cual hace referencia a la identificación del sistema que se ha obtenido por medio del programa Matlab y cuenta con un 98.8% de compatibilidad si se compara con la respuesta real del sistema térmico. Según el criterio de los diseñadores es la que mejor representa el comportamiento de la planta que se estiman a partir de esta gráfica, los coeficientes de la función de transferencia estimadas por la herramienta “Ident” de Matlab son mostrados en la Ecuación 3.

$$G(s) = \frac{0.2263 s + 1.839 e^{-0.5}}{s + 3.836 e^{-0.5}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Finalmente, y como un proceso de verificación al método utilizado para la identificación que se ha realizado se obtiene la Figura 28, la cual hace referencia a la gráfica de la respuesta del sistema obtenido por medio del muestro de la variable física temperatura, en este caso viene representada en la gráfica en color rojo y sobrepuesta en la gráfica y representado por el color azul se puede observar la respuesta obtenida por el método de identificación anteriormente descrito.

Figura 28. Respuesta modelada del sistema de temperatura.



Fuente: Autores

Controlador. El controlador seleccionado para ejecutar este proceso es de tipo encendido-apagado, lo cual significa que el dispositivo de corrección final solo tiene dos estados de operación, por lo tanto si la señal de error es positiva, el controlador envía al dispositivo de corrección final a una de sus dos posiciones, en cambio si

la señal de error es negativa, el controlador envía al dispositivo de corrección final a su otra posición. Esta selección se ha hecho teniendo en cuenta la respuesta obtenida en el sistema de identificación, se selecciona el sistema de control encendido – apagado, puesto que el sistema presenta una respuesta estable y la variable a controlar permite tener un rango de tolerancia mínimo, debido a que el agua no presenta cambios bruscos de temperatura con respecto a la variable tiempo, en consecuencia, se necesita un controlador que no sea robusto, preciso ni rápido. En este modo de control, el valor medido de la temperatura en función del tiempo oscila mínimamente alrededor del rango de tolerancia, ajustándose a los parámetros deseados.

5.1.2.2 Control de Nivel

Se ha seleccionado como actuador una electroválvula solenoide de referencia Bacoeng 1”, la cual se puede apreciar en la Figura 29, esta electroválvula será la encargada de ejercer el proceso de control de nivel en el tanque Z8. Como ya se había mencionado en el Capítulo 4 se hace necesario controlar el llenado del tanque, también se debe de establecer un nivel de seguridad para que entren en operación las resistencias y adicionalmente se deberá de generar un recambio diario del 5% del volumen de agua que posee el tanque Z8. Teniendo claro ya los requisitos de diseño y contando con el valor de las medidas obtenidas por el sensor Srf05 se procede a establecer las condiciones bajo las cuales operara el actuador.

Figura 29. Electroválvula Bacoeng 1”.



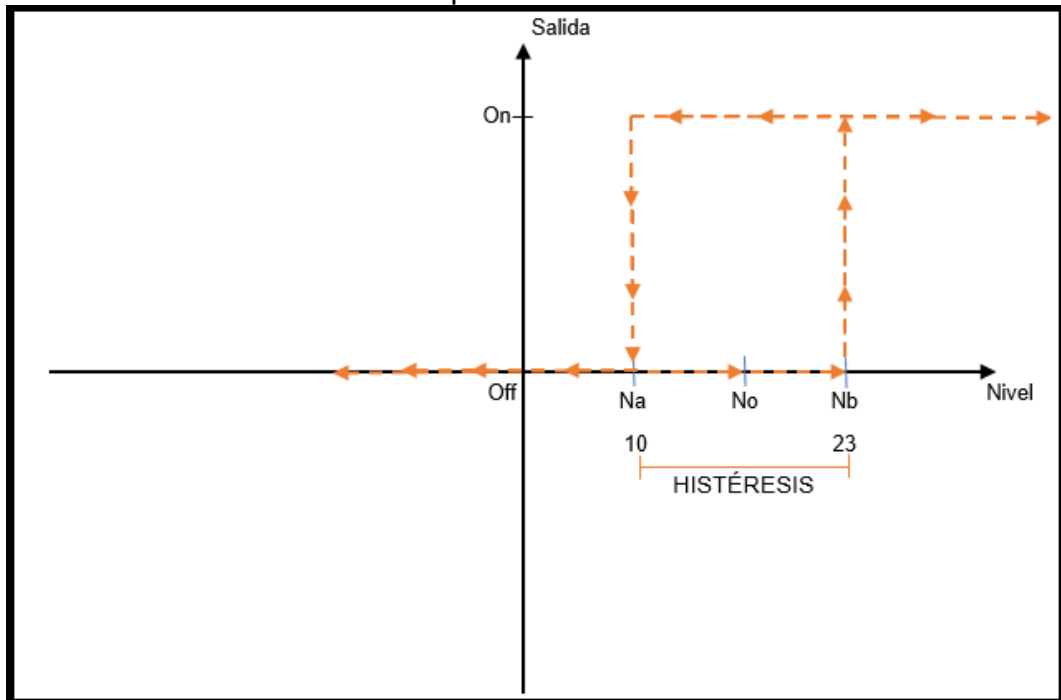
Fuente: <https://www.amazon.com/BACOENG-Electric-Solenoid-Normally-Closed/dp/B019RICIC8>

Características:

- Modelo: Bacoeng 1"
- Tamaño: 1" pulgada.
- Voltaje de operación: 12 V DC.
- Medios de Operación: agua, aceite, aire.
- Modo de operación: Normalmente cerrado.
- Tipo de válvula: acción directa.

Como primer criterio de diseño se ha optado por implementar un controlador encendido – apagado, ya que esta electroválvula es de acción directa y tan solo permite dos opciones de operación (cerrado y abierto). Para el caso específico de este proyecto el termino estado cerrado hará referencia a cuando la electroválvula impide el paso del agua, el cual se activa con un nivel lógico bajo; la segunda opción de operación es la de estado abierto, este estado hará referencia a cuando la electroválvula permite el flujo de agua, el cual se activa con un nivel lógico alto de 12 V Dc. Una vez aclarado la forma en que opera la electroválvula Bacoeng se procede a establecer los umbrales en los cuales se han de activar y desactivar la electroválvula.

Figura 30. Grafica de transferencia para la electroválvula.



Fuente: Autores

Se ha de tener en cuenta que el sensor de nivel se encuentra ubicado en la parte superior del tanque, por este motivo se hablará de la distancia que existe entre el sensor y la masa de agua al momento de activar o desactivar un estado de la electroválvula, el primer evento a analizar será el llenado del tanque. En la Figura 30, se puede observar el modelamiento de la respuesta del controlador para este evento, la electroválvula deberá de permanecer en estado abierto para cuando la distancia detectada por el sensor sea mayor a 23 cm y deberá de cambiar a estado cerrado cuando la distancia detectada por el sensor sea menor a 10 cm, la cual vendría a ser la cota de llenado máximo que debe de alcanzar el nivel de agua en el tanque Z8. Estos dos umbrales se han seleccionado teniendo en cuenta los niveles de seguridad que exige las resistencias de inmersión para poder entrar en operación.

Una vez el tanque alcanza su nivel de llenado máximo, se activará una subrutina que se encargara de controlar el recambio de agua en el tanque Z8, esta subrutina se ha diseñado bajo los siguientes criterios. En primer lugar, es importante recordar que el recambio de agua ha de ser del 5% en un periodo de 24 horas, lo que equivale a un recambio de 50 litros de agua diarios, se ha optado por hacer un recambio cada 6 horas lo que equivaldría a realizar 4 recambios diarios y en cada uno se esté recambios deberá de ingresar al tanque 12.5 litros de agua. Este diseño se establece con el fin de ocasionar la menor perturbación posible en el sistema de control de temperatura del tanque Z8, es así que se diseña un control a lazo abierto y cíclico el cual básicamente ha de activar en estado cerrado la electroválvula durante 5 horas y 57 min y posteriormente deberá de activar en estado abierto la electroválvula durante 3 minutos.

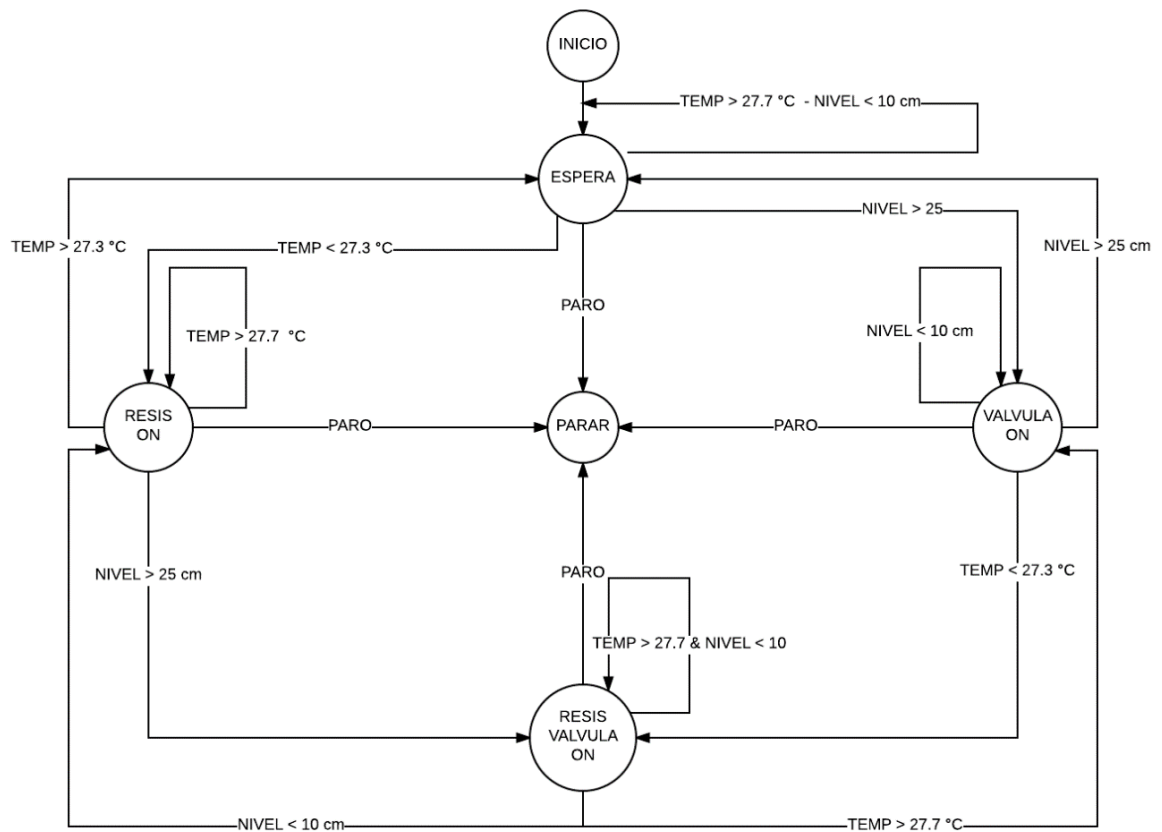
5.1.2.3 Programación en Labview.

Ya establecidos los parámetros bajo los cuales se van a diseñar los controladores para efectuar los procesos en el tanque Z8, es importante definir un método de desarrollo de software para crear las soluciones desde Labview. Conociendo que este programa ofrece un lenguaje gráfico para realizar la programación se hace necesario desarrollar un software que cuente con una arquitectura robusta la cual ha de estar estructurada correctamente para desarrollar los procesos de monitoreo y control, es aquí donde surge la necesidad de integrar los dos controles (temperatura - nivel) bajo una misma estructura de diseño ya que existe una estrecha relación entre estos dos procesos puesto que para que uno de estos procesos pueda entrar en ejecución siempre dependerá del estado del otro.

Se implementara una estructura de máquina de estados ya que programando bajo esta estructura se obtendrán ciertas ventajas como lo son la de crear un código limpio y compacto lo que se traduce en eficiencia al momento de ejecutarse, además de permitir desarrollar un programa escalable lo que permitirá al programador depurar en cualquier momento el diseño según lo exijan las necesidades del proyecto en un futuro y por último esta estructura cuenta con una organización en el flujo de programa lo que es vital ya que aparte de este control se estarán desarrollando otras operaciones en multitarea como lo será la adquisición de datos exportación de estos y demás tareas de control.

En la Figura 31, se puede observar el diagrama de estados, el cual está compuesto por dos elementos principales que son los estados y transiciones. Los estados estarán representando el comportamiento de los actuadores durante cierto tiempo, mientras que las transiciones se definen por el paso de un estado de origen a otro de destino, tienen siempre asociado una condición para que esta transición pueda suceder.

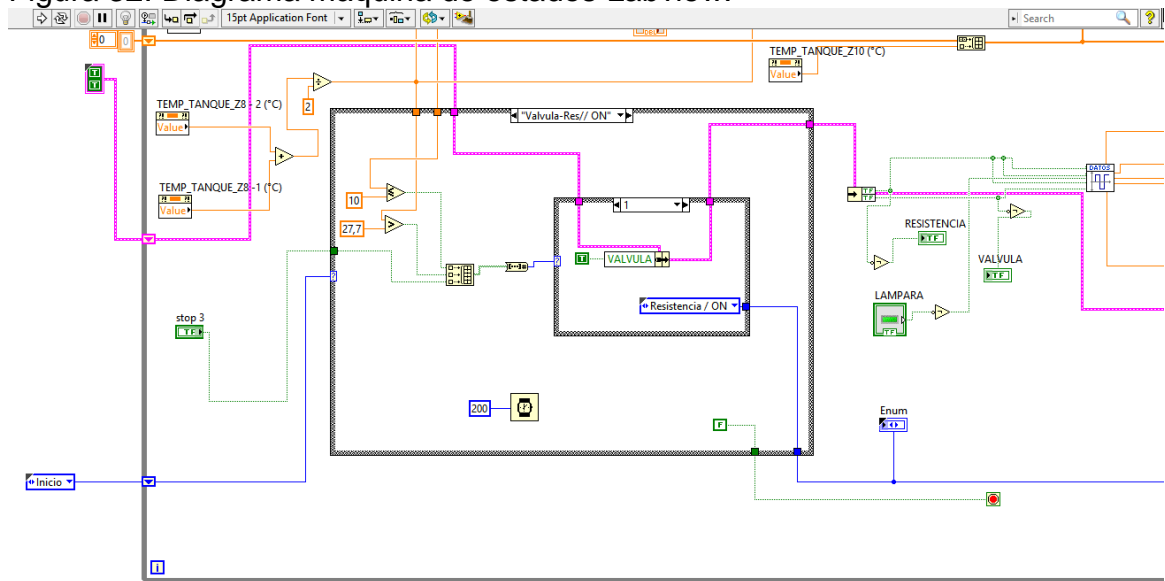
Figura 31. Diagrama máquina de estados.



Fuente: Autores

Una vez se cuenta con un diagrama de estados teórico, se procede a programar en el lenguaje gráfico de Labview donde se utilizará una estructura conformada básicamente por un ciclo While Loop, dos ciclos Case Estructure los cuales contarán con todos los estados posibles, Shift Register, un código funcional para la descripción de cada estado, y por ultimo un código que controla el flujo de la máquina de estados. Bajo este método de desarrollo se logra integrar los dos procesos de control (Temperatura – Nivel) que se estarán efectuando en el tanque Z8, el resultado de la programación desarrollada se puede observar en la Figura 31 donde el lector encontrara el diseño final de la máquina de estados ya implementado en Labview.

Figura 32. Diagrama máquina de estados Labview.



Fuente: Autores

5.1.2.3 Control ciclos de fotoperiodo.

El objetivo de este control es simular los ciclos lumínicos de fotoperiodo en el interior del tanque Z8 y Z9. Se procede a diseñar un sistema de control a lazo abierto que operará de forma cíclica, donde la entrada del sistema estará determinada por el usuario, el cual tendrá la opción de seleccionar desde el computador uno de los cinco ciclos disponibles para simular los ciclos de fotoperiodo en el interior de los tanques Z8 y Z9.

La salida de este sistema de control a lazo abierto estará reflejada por lámparas fluorescentes de referencia T8, que para el caso específico de este proyecto serán llamadas actuadores, los cuales operan a un voltaje de 110 Voltios Ac y consumen una potencia de 39 kW/h, estos actuadores estarán controlados por un control tipo

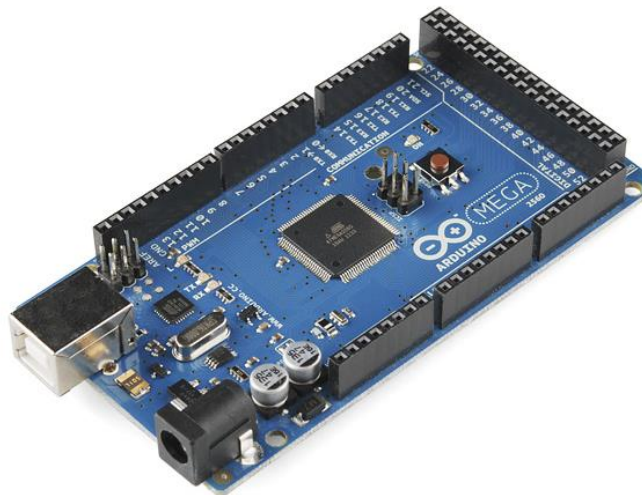
encendido, apagado. Logrando así bajo esta estructura de diseño simular con éxito los ciclos de fotoperiodo.

5.2 SISTEMA DE PROCESAMIENTO.

Este sistema de procesamiento es el corazón del MAPC (Modulo de Instrumentación adquisición y Control), tiene funciones principales tales como la adquisición de datos, procesamiento de datos, empaquetamiento y configuración de la comunicación por medio de un protocolo USB y generar las señales de control hacia el módulo de potencia. Por esta razón deberá de contar tanto con las entradas digitales y las salidas digitales necesarias para poder desarrollar las funciones anteriormente mencionadas.

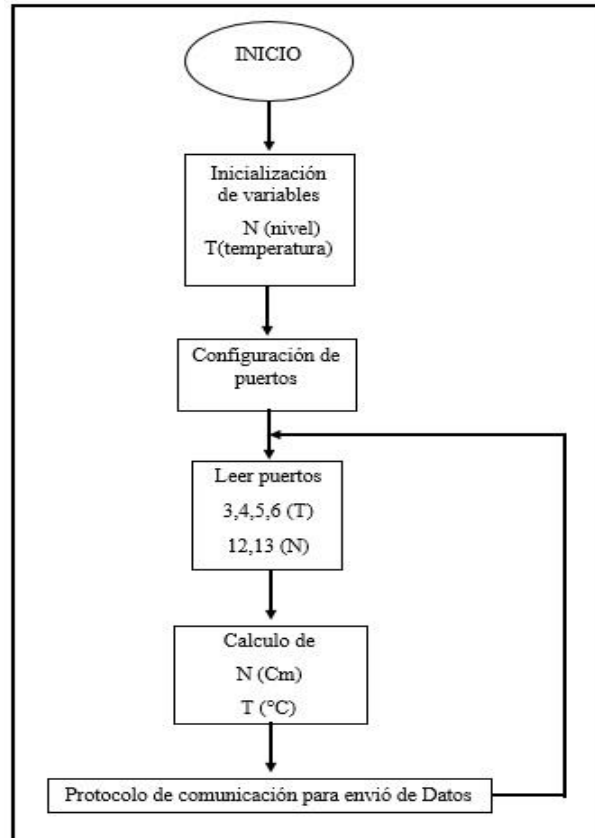
El mercado ofrece un sin número de tarjetas que tienen la capacidad de soportar las funciones que se han mencionado anteriormente, cada una con una gama de características diferentes según las necesidades que se requieran satisfacer, esta situación conlleva a hacer una evaluación de las opciones que ofrece el mercado en cuanto a tarjetas de adquisición de datos teniendo en cuenta que para seleccionar una ha de contar con las siguientes características, tendrá que ser compatible con el programa Labview ya que en este se desarrollarla la interface gráfica y el software de control, ha de contar con un protocolo de comunicación serial para poder establecer la comunicación bidireccional con el computador y por último y más importante deberá de tener las entradas y salidas necesarias para realizar la lectura de los sensores y ejecutar el control del módulo de potencia que controlara los actuadores.

Figura 33. Vista superior tarjeta Mega2560.



Fuente: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560>

Figura 34. Diagrama de operación sistema de procesamiento.



Fuente: Autores

Finalmente se selecciona la tarjeta Mega 2560 fabricado por la empresa Arduino, aunque la empresa National Instruments recomienda usar tarjetas de su empresa si se hace uso del software Labview, la selección de esta tarjeta se realiza teniendo como criterio principal su bajo costo en el mercado, además que Labview cuenta con un complemento llamada NI Visa y una librería especial para la familia de microprocesadores Atmega que permite establecer un protocolo de comunicación serial entre el microcontrolador Atmega 2560 y el software Labview.

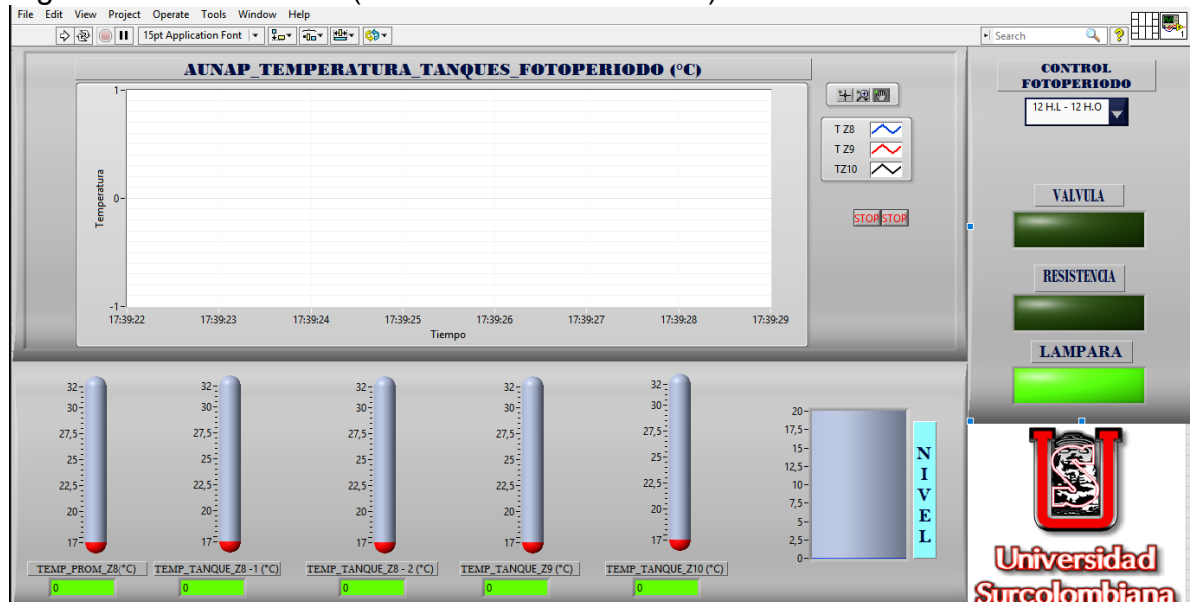
En la Figura 33, se puede observar una vista panorámica de la tarjeta Mega2560. A continuación, se mencionarán las principales características del microprocesador Atmega 2560:

- Voltaje de operación: 5 V.
- Entradas/Salidas digitales: 54 puertos (de los cuales 15 proporcionan salida PWM.)
- Entradas análogas: 14 puertos.

- Corriente soportada por puerto Entrada/Salida: 40 mA.
- Frecuencia de operación: 16 MHz
- Memoria Flash: 256 KB
- SRAM: 8 KB

La programación fue desarrollada bajo un entorno llamado IDE el cual está compuesto por un editor de código, un compilador y un depurador, en este entorno se ha desarrollado un código que permitirá la conexión con el programa LabView el cual se encuentra en los anexos con el nombre de: Interface_arduino_National_Instruments.ino. En la Figura 34 se muestra el diagrama de flujo de la programación de la etapa de medición de datos.

Figura 35. Panel frontal (Entorno de visualización).



Fuente: Autores

5.3 MODULO DE VISUALIZACIÓN Y REGISTRO

Esta tercera etapa del sistema será la que le permitirá al usuario monitorear las variables sensadas y los procesos de control que se están ejecutando desde un computador que se encontrara instalado en la sala de control. Aparte se le concederá al usuario el acceso a un dominio en la web donde encontrará una base de datos con los valores sensados de temperatura en los tanques Z8, Z9 y Z10. En este apartado del capítulo se procede a explicar los detalles de las estructuras bajo las cuales se han desarrollado estos entornos y los lenguajes de programación necesarios para poder desarrollar el módulo de visualización y registro respetando siempre los parámetros que ya se han planteado en el Capítulo 4.

5.3.1 Visualización De Datos

El entorno de desarrollo que se ha utilizado para el diseño de la etapa de visualización de datos es el entorno de programación gráfica que proporciona el programa LabView, el cual proporciona una gran cantidad de herramientas y técnicas para lograr desarrollar aplicaciones, siendo así como se procede a diseñar y desarrollar un panel frontal que le permitirá al usuario interactuar y controlar el sistema de fotoperiodo. En la Figura 35 se muestra el resultado final de la interface desarrollada para que el usuario por medio de controles e indicadores pueda operar y monitorear el sistema de fotoperiodo.

5.3.2 Pagina Web

5.3.2.1 Plataformas De Trabajo

Como primera medida para el desarrollo de la página web y la correspondiente base de datos se ha de tener en cuenta el sistema operativo del computador donde se desarrollará las tareas de la capa administrativa, en este caso será llamado maquina local la cual opera bajo Windows 10 con una arquitectura x64 (bits). Se hace necesario contar con un espacio de almacenamiento en la nube para colocar en ella la capa de consulta del sistema, al igual que un servicio Web que recibirá la información local y la procesa para dar una respuesta de éxito o de error de acuerdo a su labor.

El servicio de Hosting (Alojamiento Web) permitirá realizar las labores anteriormente mencionadas, en primer lugar proveerá una dirección de dominio o url que es la encargada de identificar la página en la Web para que el usuario pueda tener acceso a esta, se hará uso de ciertos servicios que brinda el servidor como el servicio de gestión de base datos Mysql, la cual se programara bajo el lengua PHP versión 5.4. También se utilizará un servicio de administrador de archivos el cual permitirá subir el desarrollo de procesamiento de la información en la nube y por último se utilizará el editor archivos para manipular el código en caso de que llegue a ser necesario.

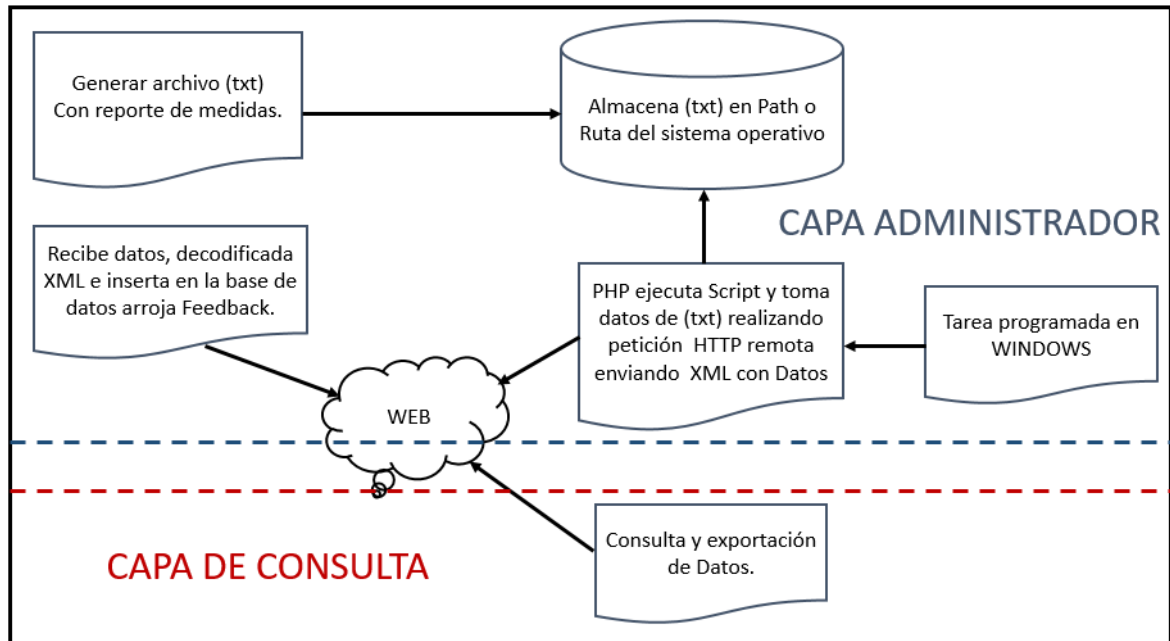
En cuanto a las herramientas de software que se han de instalar en la maquina local para poder desarrollar esta tarea se hace necesario contar con el programa Labview, el cual cumplirá la función de generar un archivo con extensión (.txt) y exportarlo a una carpeta que contará con una dirección en específico en la maquina local. Además, se instalará el programa WampServer que es un entorno de desarrollo web para Windows en el cual se pueden desarrollar aplicaciones web con Apache (servidor HTTP local), PHP (lenguaje de programación) y base de datos en

Mysql (gestor base de datos) para el caso en concreto de este proyecto tan solo se utilizara el componente PHP.

5.3.2 Capa Administrador y Capa de Consulta

La capa administradora y de consulta son necesarias para comprender el funcionamiento de la aplicación, la capa administradora define la funcionalidad principal de la aplicación y está compuesta por dos subcapas llamadas capa administradora local y capa administradora remota, por su parte la capa de consulta brindará al usuario una interface gráfica donde se concederá acceso a la información depositada en la base datos. En la Figura 36 se puede observar el diagrama estructural referente a la arquitectura bajo la cual se han desarrollado el diseño de la página web.

Figura 36. Diagrama de la estructura capa administrativa y de consulta.



Fuente: Autores

La capa administradora local comprende la configuración y el desarrollo de la programación que es necesaria para procesar y codificar los datos generados previamente por el programa Labview. Dentro de las opciones de operación que brinda el software WampServer para el desarrollo páginas web se hace necesario configurar y habilitar una extensión llamada "Curl"; la cual permitirá realizar peticiones http desde el equipo local a una ruta o web en la nube, para cumplir con dicha función se hará uso de la librería (Httpful.par), que permite manipular las

peticiones Http o en otras palabras permitirá el envío de la información que se encuentra en la maquina local hacia el servicio web en el Hosting, el cual generara una respuesta de aceptación o de error según se halla guardado la información en la Base de datos del Hosting. Una vez terminado este proceso se realiza por seguridad una copia del archivo que se procesó el cual se almacenara en una carpeta de la maquina local.

La capa administradora remota por su parte tiene como tarea recibir los datos que son enviados desde la maquina local, estos son enviados en formato (Xml), deberá insertar estos datos en una base de datos y enviar una respuesta de ok o de error. Para el desarrollo de este proyecto en específico se ha optado por utilizar un Hosting gratuito el cual provee los servicios de PHP, MYSQL y brinda el siguiente dominio para la aplicación web www.electronicatesis.gzpot.com. En los anexos de este libro el lector podrá encontrar el esquema de la carpeta public_html (carpeta contenedora de la aplicación) la cual posee los archivos y códigos que se han desarrollado para la operación de la página web.

Por último, la capa de consulta como su nombre lo indica es la encargada de generar el entorno gráfico que le permitirá al usuario visualizar los archivos que han sido cargados previamente en la página web. Aparte de visualizar los datos sensados, este entorno le permitirá al usuario filtrar la información por categorías, realizar búsquedas por fechas específicas, clasificar la información según desee visualizarla y contará con una opción para descargar la información en un archivo con extensión (.xlsx). Para lograr el desarrollo de este entorno grafico se hace uso de lenguajes de programación como PHP, JavaScript y Css3 todo este contenido se ha integrado en un archivo llamado Index.php para así finalmente lograr darle vida a la capa de consulta.

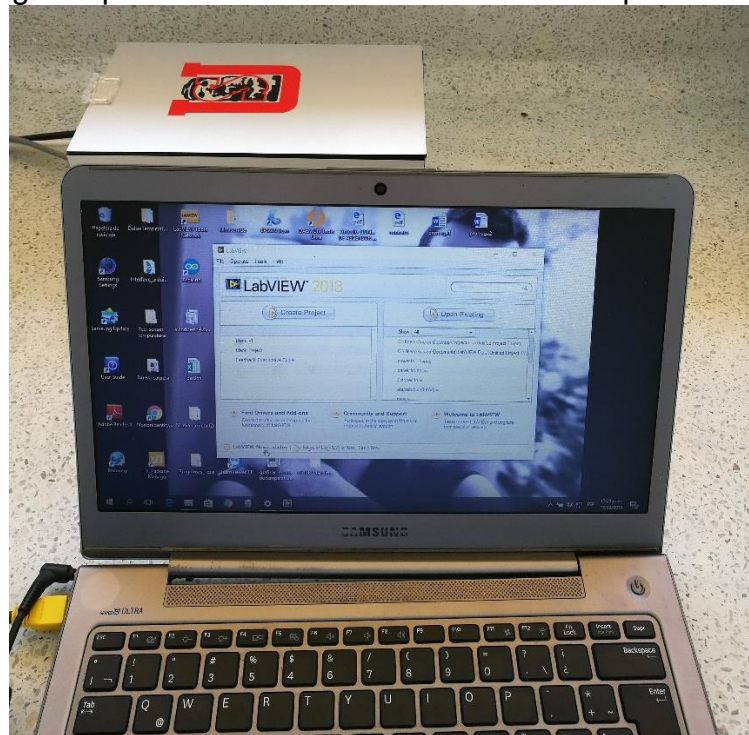
6. RESULTADOS.

Al concluir las etapas establecidas para el desarrollo e implementación del proyecto “Diseño e implementación de un sistema de control de fotoperiodo y temperatura para evaluar los efectos que ocasionan en el ciclo reproductivo del capaz (*pimelodus grosskopfii*)”, se han obtenido los siguientes resultados y evidencias para cada uno de las etapas que integra el módulo de adquisición proceso y control y el modulo monitoreo y registro los cuales se presentan en este apartado.

6.1 HARDWARE DEL SISTEMA.

La sala de control es un espacio físico con el que se cuenta en la Estación Piscícola AUNAP, siendo destinado para que le usuario pueda desarrollar el proceso de monitoreo y control del sistema de fotoperiodo. En la sala se encuentra instalado un computador el cual es el acceso local del que dispone el usuario para monitorear las variable sensadas e interactuar con los procesos de control que se llevan a cabo en el sistema de fotoperiodo. En la Figura 36 se puede apreciar una foto panorámica de la sala de control.

Figura 37. Fotografía panorámica sala de control estación piscícola AUNAP.

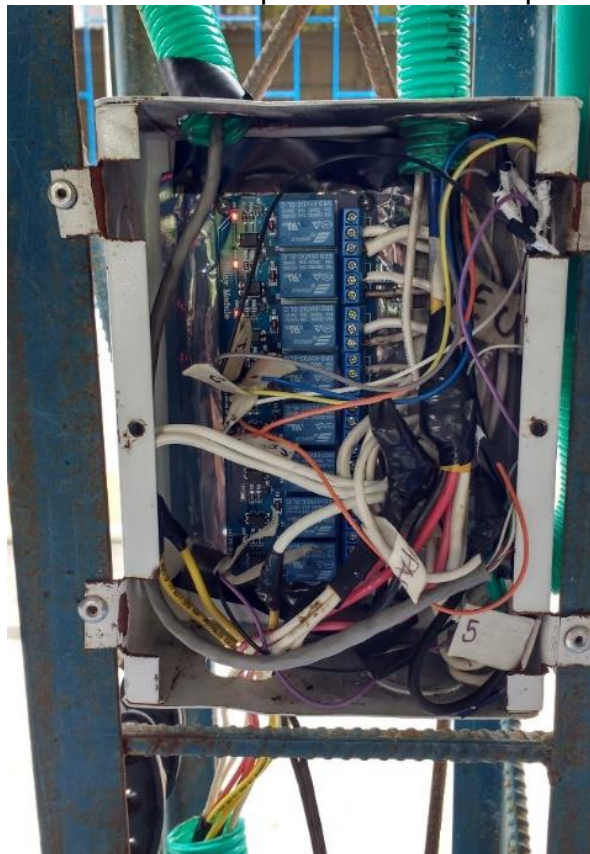


Fuente: Autores

El computador que se encuentra ubicado en la sala de control está conectado con la cajuela que se encuentra identificada con el logotipo de la Universidad Surcolombiana por medio de un protocolo USB. En el interior de esta cajuela se encuentra depositado el sistema de procesamiento de datos, compuesto por la tarjeta de acondicionamiento de datos y la tarjeta Mega 2506 que permite la lectura de las variables monitoreadas y la comunicación bidireccional entre la computadora y el microprocesador AtMega 2560.

El módulo de potencia se puede visualizar en la Figura 38, mostrando una toma frontal donde se observan las conexiones necesarias para que este módulo pueda entrar en operación. Este módulo básicamente brindará la potencia necesaria para que las resistencias, la electroválvula y las lámparas fluorescentes puedan operar; y servirá como una etapa de protección ya que todas las señales de control son generadas por la tarjeta Mega 2560 y esta ópera a baja potencia.

Figura 38. Vista frontal de conexiones para el módulo de potencia.



Fuente: Autores

La etapa más importante de este proyecto fue el acondicionamiento del interior del tanque Z8, con el único propósito de poder instalar en su interior toda una serie de instrumentos electrónicos, los cuales permitirían desarrollar un sistema de instrumentación y control, que para el caso de este proyecto fue llamado sistema de fotoperiodo. En la figura 39 se muestra una fotografía panorámica del tanque Z8 en la cual se pueden apreciar la distribución de los actuadores instalados en el tanque como los son las lámparas fluorescentes, resistencias de inmersión y la electroválvula.

Figura 39. Fotografía vista panorámica del interior del tanque Z8.



Fuente: Autores

En la Figura 40, se hace una toma mucho más cercana del interior del tanque Z8. En esta fotografía se puede observar una resistencia de inmersión: S1T1111, la cual se encuentra sumergida en tanque Z8, en el soporte que la sostiene se ha instalado el sensor de ultrasonido Srf05 el cual cumple la función de medir el nivel de líquido que se encuentra al interior del tanque y como se observa en la imagen ha sido correctamente aislado para que este pueda entrar en operación de forma segura.

Figura 40. Fotografía Resistencia de inmersión S1T1111.



Fuente: Autores

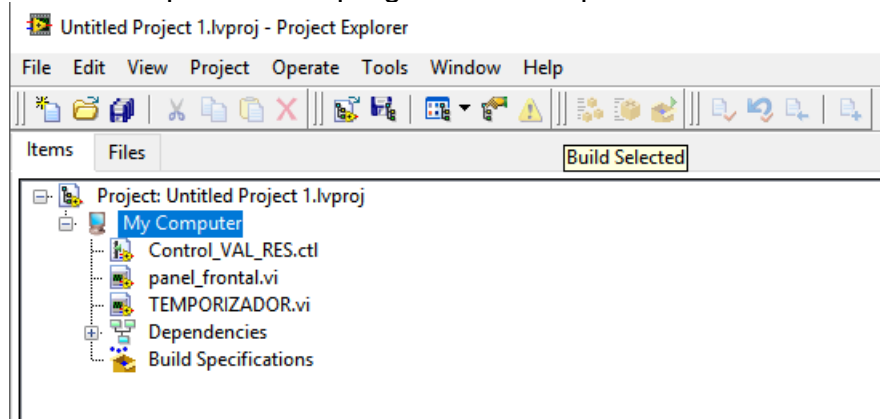
6.2 EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO.

En este apartado se presenta un tutorial en cual se hace una detallada explicación paso a paso sobre como operar el sistema de fotoperiodo. El primer paso que el usuario deberá de ejecutar será encender el computador que se encuentra ubicado en la sala de control, verificar que la conexión a internet que se establece por medio del puerto RJ45 y la conexión USB con la tarjeta Mega 2560 sean existentes. Una vez el computador esta encendido el usuario procede a ubicar en su escritorio una carpeta que contiene el programa ejecutable “Untitled_proyect 1”; al abrir este ejecutable el usuario tendrá acceso a el panel de opciones que se muestra en la figura 41 una vez hay selecciona la opción panel frontal.

Una vez se da doble clic en la dependencia con el nombre de “panel_frontal.vi”, el computador abrirá una ventana que realmente es una extensión del programa Labview, la cual se muestra en la Figura 42, donde el usuario podrá observar la interface gráfica que se ha diseñado la cual le permitirá monitorear las variables que se están sensando en tiempo real. Además, el usuario podrá dar inicio al proceso

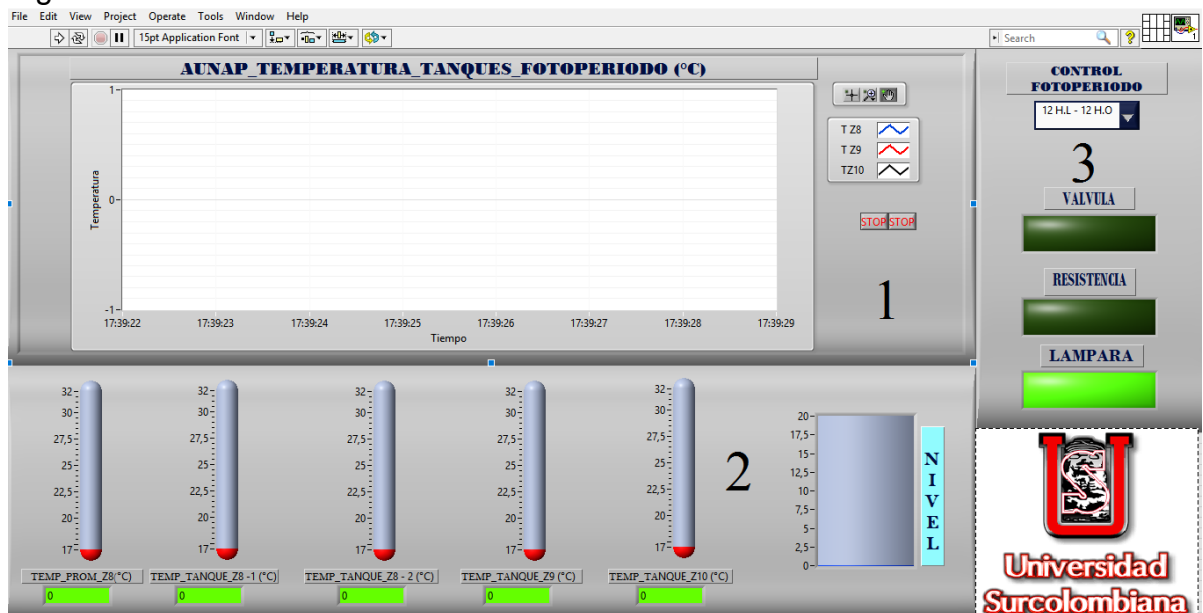
de control que se efectúa en el tanque Z8 y seleccionar el ciclo lumínico de fotoperiodo que se realiza en el tanque Z8 y Z9.

Figura 41. Panel de opciones del programa de fotoperiodo.



Fuente: Autores

Figura 42. Panel frontal entorno de visualización.



Fuente: Autores

La interface gráfica que se muestra en la Figura 42. Se ha diseñado de tal forma que le permita al usuario acceder de una forma rápida y eficaz a toda la información que se encuentra en la pantalla del computador. Es por esto que se han diseñado 3 módulos, en donde el primero arrojará por medio de una gráfica el comportamiento de la temperatura en el tanque Z8, Z9 y Z10, el segundo módulo le permitirá

visualizar al usuario las temperaturas de los tanques sensados en tiempo real y el nivel de llenado del tanque Z8 y por último el tercer módulo le permitirá al usuario seleccionar el ciclo fotoperiodo y monitorear el estado de los actuadores que está ejecutando los procesos de control en los tanques.

Una vez se ha hecho un detallado resumen sobre la información que el usuario encontrara panel frontal de la interface que se ha diseñado en el programa Labview, el usuario procederá a seleccionar uno de los cinco ciclos de fotoperiodo por lo que puede optar para que entre en operación el sistema de control de los ciclos lumínicos de fotoperiodo. El menú de selección se puede apreciar en la Figura 43

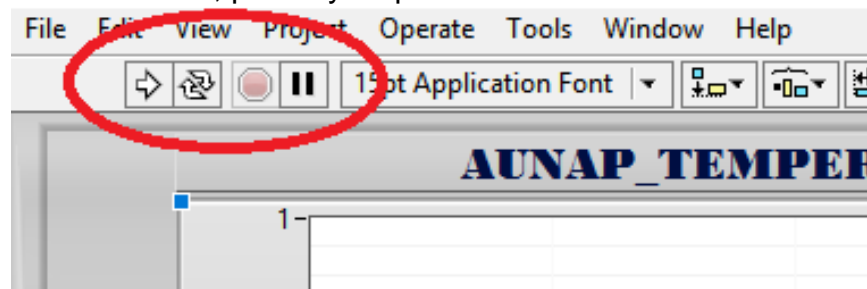
Figura 43. Menú de opciones para la selección ciclos de fotoperiodo.



Fuente: Autores

Por último, el usuario cuenta con un menú de opciones que se muestra en la Figura 44. Este menú le permite al usuario poner marcha el programa, pausar la ejecución de del programa y detener totalmente el programa. Una vez se pone en marcha la aplicación se dará inicio al monitoreo de las variables, seguidamente se establecerá los procesos de control según se ha establecido a lo largo de este libro. Vale la pena aclarar que el usuario no dispondrá de acceso a los valores del set-point de los procesos de temperatura y de nivel ya que estos vienen configurados por defecto.

Figura 44. Menú de inicio, pause y stop del sistema.



Fuente: Autores

A parte del acceso que se le concede al usuario desde el computador que se encuentra en la sala de control para monitorear las variables sensadas, también se le brindara acceso remoto a una base de datos por medio del siguiente dominio <https://electronicatesis.000webhostapp.com> donde el usuario encontrara un registro de las temperaturas medidas en los tanques Z8, Z9 y Z10. En la Figura 45 se puede observar el diseño final de la página web que le permite al usuario visualizar los datos almacenados en la base de datos.

Figura 45. Imagen del diseño de la página Web.

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://electronicatesis.000webhostapp.com>. The page features three logos at the top: Universidad Surcolombiana, AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca) with the slogan "Acuicultura y Pesca con responsabilidad", and Ingeniería Electrónica Universidad Surcolombiana. The main heading is "Reporte de Mediciones". Below the heading is a search bar with the text "Buscar" and navigation icons. A table displays the following data:

Fecha	Hora	TANQUE Z8	TANQUE Z9	TANQUE Z10
2016-09-20	9:34 a. m.	27.435	20.93	21.62
2016-09-20	8:19 a. m.	27.715	19.87	20.87
2016-09-20	8:34 a. m.	27.65	20	21
2016-09-20	8:49 a. m.	27.59	20.18	21.12
2016-09-20	9:04 a. m.	27.53	20.37	21.25
2016-09-20	9:19 a. m.	27.495	20.62	21.43
2016-09-20	11:34 a. m.	27.4	23.62	22.68

Fuente: Autores

En el Cuadro 1, se presenta una tabla que contiene los últimos 25 registros almacenados en la base de datos. Esta tabla se obtiene al utilizar una de la opciones que brinda la página web que es la de poder exportar los registros que están almacenados en la base de datos hacia computador local desde el cual se están visualizando los datos. Esta exportación genera un archivo con extensión (.xlsx), en este caso, se ha visualizado por medio del programa Microsoft Excel o cualquier editor de texto que sea compatible con este formato.

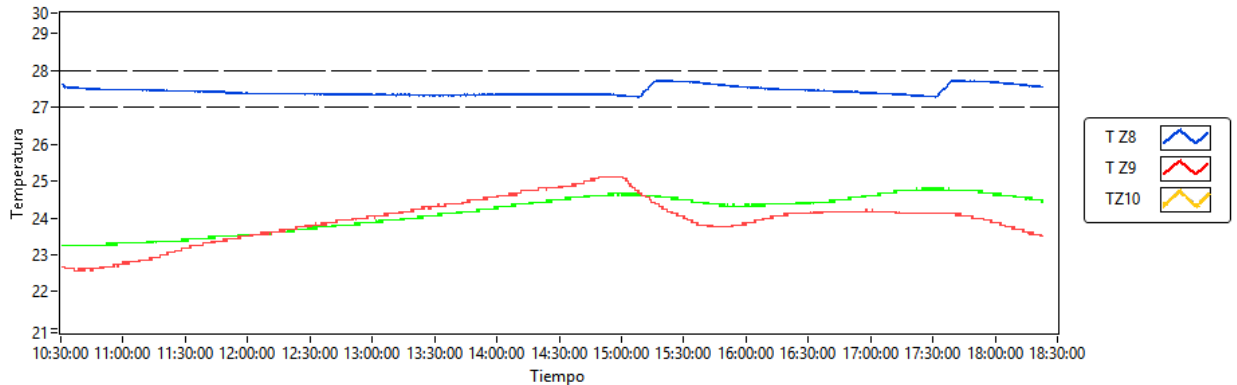
Tabla 1. Tabla de registro de datos de temperatura.

Fecha	Hora	TANQUE Z8	TANQUE Z9	TANQUE Z10
20/09/2016	9:34 a. m.	27.435	20.93	21.62
20/09/2016	8:19 a. m.	27.715	19.87	20.87
20/09/2016	8:34 a. m.	27.65	20	21
20/09/2016	8:49 a. m.	27.59	20.18	21.12
20/09/2016	9:04 a. m.	27.53	20.37	21.25
20/09/2016	9:19 a. m.	27.495	20.62	21.43
20/09/2016	11:34 a. m.	27.4	23.62	22.68
20/09/2016	9:49 a. m.	27.53	21.25	21.81
20/09/2016	10:04 a. m.	27.715	21.56	21.93
20/09/2016	10:19 a. m.	27.62	21.93	22.06
20/09/2016	10:34 a. m.	27.56	22.18	22.18
20/09/2016	10:49 a. m.	27.53	22.5	22.25
20/09/2016	11:04 a. m.	27.495	22.87	22.43
20/09/2016	11:19 a. m.	27.435	23.31	22.56
19/09/2016	11:49 a. m.	27.53	23.56	22.87
19/09/2016	12:04 p. m.	27.495	23.75	22.93
19/09/2016	12:19 p. m.	27.745	23.93	23
19/09/2016	12:34 p. m.	27.685	24	23.06
19/09/2016	12:49 p. m.	27.65	23.93	23.06
19/09/2016	1:04 p. m.	27.56	23.93	23.12
19/09/2016	1:19 p. m.	27.53	24.06	23.18
19/09/2016	11:34 a. m.	27.62	23.43	22.81
19/09/2016	11:19 a. m.	27.65	23.31	22.68
19/09/2016	10:49 a. m.	27.4	22.87	22.56
19/09/2016	10:34 a. m.	27.495	22.68	22.5

Fuente: Autores

En la Figura 46, se muestra una gráfica generada por la aplicación diseñada en Labview una vez entra en operación el sistema de control de ciclos lumínicos de fotoperiodo y temperatura, en esta gráfica se puede observar la variación de la temperatura en función del tiempo. La gráfica le permite al usuario hacer una comparación entre los sucesos que ocurre con la temperatura en los tanques (Z8, Z9 y Z10) durante un periodo de 8 horas; es interesante notar como la temperatura del tanque Z8 representada por la gráfica azul se encuentra dentro del rango de los 27 grados Celsius, mientras la temperatura de los tanques Z9 y Z10 representadas por el color amarillo y rojo oscila entre los 22 grados Celsius y los 25 grados Celsius dentro de este periodo de tiempo.

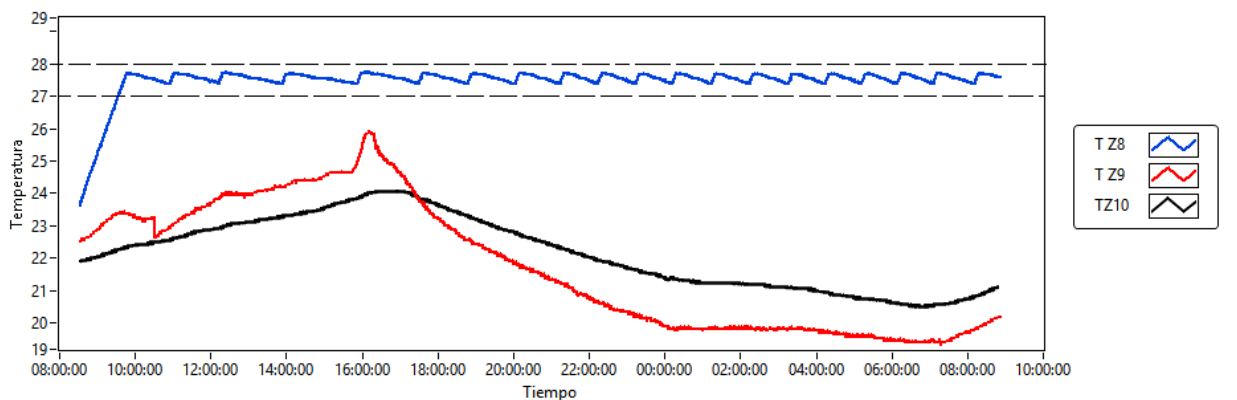
Figura 46. Grafica1 referente al comportamiento de la temperatura en los tanques instrumentados.



Fuente: Autores

La Figura 47, que al igual que la Figura 46, es una gráfica que muestra la respuesta de la variación de la temperatura en función del tiempo, pero con la diferencia que esta gráfica se genera en un intervalo de 24 horas. Esto le permitirá al usuario hacer una comparación y seguimiento del comportamiento de la temperatura al interior de cada tanque y vale la pena recordar que cada tanque está expuesto a diferentes condiciones ambientales, lo cual se ve directamente reflejado en la Figura 47, ya que a partir de esta se pueden llegar a realizar importantes análisis por ejemplo: el tanque Z8 cuenta con un sistema de control de temperatura lo cual garantiza que su temperatura nunca salga del rango de los 27 grados Celsius, mientras que los tanques Z8 y Z9 que no cuentan con un sistema de control de temperatura presentan grandes variaciones en las temperaturas medidas.

Figura 47. Grafica2 referente al comportamiento de la temperatura en los tanques instrumentados.



Fuente: Autores

7. CONCLUSIONES.

Se diseñó e implemento un sistema de control de ciclos lumínicos de fotoperiodo y temperatura, el cual está compuesto en su estructura por dos módulos. Un primer módulo de instrumentación y control y un segundo módulo de visualización y registró. El primer módulo tendrá como funciones primordiales la adecuación y adquisición de las variables del proceso y también ejercerá el control de fotoperiodo, temperatura y nivel en los respectivos tanques; por otra parte, el segundo módulo consiste en el desarrollo de un software que le concede al usuario la posibilidad de interactuar con el sistema de control de fotoperiodo y temperatura. Este módulo cuenta con dos interfaces, una primera interface de acceso local, que le permite al usuario monitorear las variables del proceso en tiempo real y ejercer un dominio acerca del modo en que debe de operar el módulo de instrumentación y control, la segunda interfaces de acceso remoto que brindara acceso a una base de datos en la cual se almacenan los valores de la variable temperatura.

Al proceso de ejercer el control sobre la variable temperatura se le dio un trasfondo de más importancia en lo que respecta al desarrollo de este proyecto, puesto que la magnitud de esta variable se encuentra cambiando constantemente de valor debido a la variación de los factores ambientales, situación que se puede observar con claridad en la Figura 47, debido a estas circunstancias se vuelve crítica la exigencia de garantizar que una vez se establezca el sistema de control de temperatura, la temperatura a la que se encuentra la masa del agua en el tanque Z8 se pueda sostener en un valor de 27 grados Celsius con un rango de error de ± 1 grados Celsius. Situación que fue posible corregir gracias a la selección adecuada de la instrumentación y la elección de un sistema de control que hace posible cumplir con estas exigencias y garantizar un recambio de agua al interior del tanque del 5% en un periodo de 24 horas.

Al ser este proyecto de grado un trabajo interdisciplinario siempre se contó con el acompañamiento y la asesoría de los biólogos, teniendo como principal prioridad del proyecto el satisfacer sus necesidades desde el sector tecnológico, es así como se logra desarrollar un sistema en el cual se puede simular tres entornos que se encuentran expuestos a diferentes condiciones ambientales, entornos creados bajo estrictos criterios que les permitirá a los biólogos en un futuro desarrollar sus investigaciones. Es en este último punto donde entra a jugar un papel importante el registro y posterior almacenamiento de la variable temperatura por medio una base de datos desarrollada en Mysql, a la cual se puede tener acceso remoto por medio de la una página web; el desarrollo de este software servirá como una herramienta

de estudio para soportar los posibles hallazgos en cuanto a los patrones de reproducción del *Pimelodus Grosskopfii*.

Al desarrollar este proyecto se deja abierta la puerta para las múltiples soluciones que puede aportar la ingeniería electrónica al estudio de problemas que surgen en otras disciplinas, como lo fue en este caso el sector acuícola y un esfuerzo que se realiza mancomunadamente en pro de conservar una especie nativa del departamento Huilense que se encuentra en vía de extinción como lo es el *Pimelodus Grosskopfii* mejor conocido en la región como el Capaz.

8. RECOMENDACIONES.

Para futuras investigaciones se propone monitorear otras variables para el sistema de control de ciclos lumínicos de fotoperiodo y temperatura, como por ejemplo la magnitud de oxígeno disuelto en el agua y el valor del ph en el interior del tanque. Ya que si se logra monitorear y almacenar esta información en una base de datos, es posible brindarles más herramientas a los biólogos al momento de realizar sus investigaciones en cuanto a los ciclos reproductivos del *Pimelodus Grosskopffii*.

Al ser un proyecto de tipo investigativo se manejó a una inversión a baja escala en cuanto se refiere a la selección de instrumentos electrónicos y los espacios necesarios de infraestructura para el desarrollo de este proyecto. Si en un futuro se desea llevar las ideas que se han propuesto en el desarrollo de este proyecto a gran escala o con fines comerciales, se deberá de pensar en una instrumentación mucho más robusta, para lo cual será necesario el uso de sistemas de PLC, actuadores de mayor potencia y contar con un servidor local para poder alojar con éxito toda la información generada.

Aunque el controlador diseñado e implementado en este proyecto presenta unas buenas prestaciones y cumple rigurosamente con los requisitos establecidos previamente por los biólogos; sería interesante pensar en mejorar el tiempo de respuesta de los actuadores que ejecutan el proceso de control de temperatura puesto que es un tiempo de establecimiento muy prolongado y en una ausencia prolongada del suministro eléctrico podría ocasionar cierta inestabilidad en el sistema.

Es importante analizar el alto consumo de energía eléctrica que demanda el hecho de elevar la temperatura de un metro cubico de agua, lo cual es uno de los factores económicos que más juega en contra al momento de realizar un proyecto de tipo investigativo o comercial en el área de la acuicultura. Se propone un estudio de la factibilidad de solventar esta demanda de suministro eléctrico por medio del uso de la energía solar fotovoltaica.

BIBLIOGRAFIA.

BROMAGE, N., PORTER, M. and C. RANDALL, 2001 The environmental regulation of maturation in farmed fish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197: 63-98.

Dahl G. Los peces del norte de Colombia. Bogotá, INDERENA. 1971; 391.

Manuel Adrián Carrillo Estévez. La reproducción de los peces: Aspectos básicos y sus aplicaciones en la Acuicultura. Publicaciones científicas y tecnológicas de la fundación observatorio Español de acuicultura.

Mojica JI, Castellanos C, Usma JS, Álvarez-León R. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Editorial Panamericana, Bogotá 2002.

Pesca y Acuicultura. Corporación Colombia Internacional- INCODER. Colombia 2006.

Useche-Lopez CA, Aviles Bernal M. Validación del protocolo de reproducción inducida y caracterización del desarrollo de los sistemas digestivo y gonadal del capaz *P. grosskopfii*, especie promisoría para la acuicultura en el alto Magdalena. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Centro de investigaciones de acuicultura Alto Magdalena. Gigante-Huila 2001.

Valbuena-Villarreal RD, Zapata-Berruecos BE, Cruz-Casallas PE. Reproducción inducida de Capaz (*Pimelodus grosskopfii*) con extracto de hipófisis de carpa: reporte preliminar. *Revista Orinoquia* 2010; 14.

[1] Valbuena-Villarreal RD – Rafael Puccini- Zapata Berruecos Beatriz. Efecto del fotoperiodo y la temperatura en la respuesta reproductiva y factores de calidad de la semilla en capaz (*pimelodus grosskopfii*) 2014.

Rubén Valbuena V,M.Sc, Beatriz Zapata-Berruecos, Esp, Angélica Otero-Paternina, Evaluación de la primera alimentación en larvas de capaz *Pimelodus grosskopfii* bajo condiciones de laboratorio. 2019.

Villa-Navarro F. A. Estudio biológico pesquero de la represa de Prado para la determinación de especies promisorias en acuicultura. Presentado a Universidad del Tolima, Cortolima, INPA, Gobernación del Tolima y Comité Departamental de Cafeteros del Tolima. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia 1999.

TLUSTY, M.The benefits and risks of aquaculture production for the aquarium trade. En: *Aquaculture*. Vol. 205 (2005); pv203-219.

ZANUY, S. and M. CARRILLO, 1987 La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura, pp 1-131 en *Reproducción en Acuicultura* editado por J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta. Industrias Gráficas de España, Madrid.