

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA**

TEMA:

“Diseño de un sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón para el Grupo Empresarial LARDEMA, Módulo San Juan”.

AUTOR (A):

Delgado Samaniego, Pedro Alejandro

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Palau De La Rosa, Luis Ezequiel MSC.

**Guayaquil, Ecuador
2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **DELGADO SAMANIEGO PEDRO ALEJANDRO**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**.

TUTOR

PALAU DE LA ROSA, LUIS EZEQUIEL M.SC.

DIRECTOR DE LA CARRERA

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO M.Sc.

Guayaquil, 13 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON
MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **DELGADO SAMANIEGO PEDRO ALEJANDRO**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón para el Grupo Empresarial LARDEMA, Módulo San Juan**, previo a la obtención del **Título de Ingeniería en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación, de tipo referido.

Guayaquil, 13 de septiembre del 2019

EL AUTOR

DELGADO SAMANIEGO PEDRO ALEJANDRO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON
MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **DELGADO SAMANIEGO PEDRO ALEJANDRO**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón para el Grupo Empresarial LARDEMA, Módulo San Juan**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

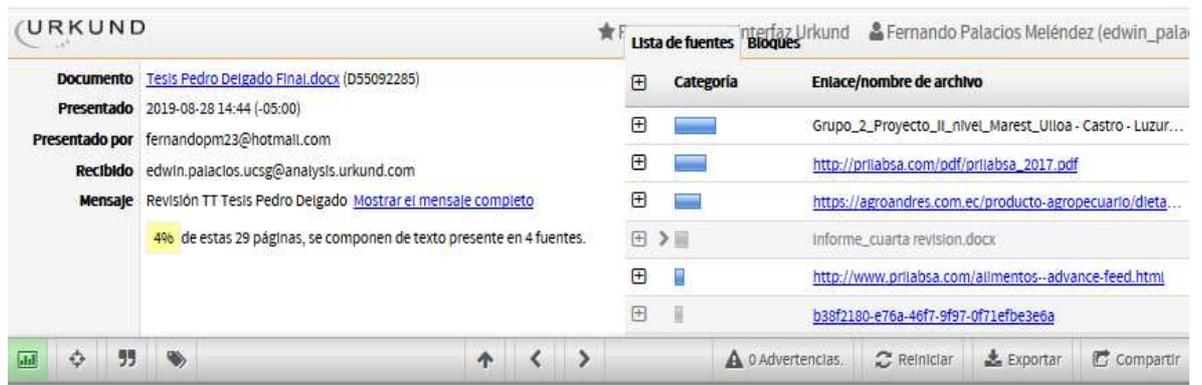
Guayaquil, 13 de septiembre del 2019

EL AUTOR:

DELGADO SAMANIEGO PEDRO ALEJANDRO

REPORTE URKUND

Informe del Trabajo de Titulación de la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial, con **4%** de coincidencias perteneciente al estudiante, **PEDRO ALEJANDRO DELGADO SAMANIEGO**.



The screenshot shows the URKUND interface with the following details:

- Documento:** Tesis Pedro Delgado Final.docx (D55092285)
- Presentado:** 2019-08-28 14:44 (-05:00)
- Presentado por:** fernandopm23@hotmail.com
- Recibido:** edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
- Mensaje:** Revisión TT Tesis Pedro Delgado [Mostrar el mensaje completo](#)

A yellow highlight indicates: 4% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

The 'Lista de fuentes' (List of sources) table is as follows:

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	Grupo_2_Proyecto_II_nivel_Marest_Ulloa - Castro - Luzur...
	http://priabsa.com/pdf/priabsa_2017.pdf
	https://agroandres.com.ec/producto-agropecuario/dieta...
	Informe_cuarta_revision.docx
	http://www.priabsa.com/alimentos--advance-feed.html
	b38f2180-e76a-46f7-9f97-0f71efbe3e6a

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA: "Diseño de un sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón para el Grupo Empresarial LARDEMA, Módulo San Juan".

AUTOR (A): Delgado Samaniego, Pedro Alejandro

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de: INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TUTOR: Ing. Luis Ezequiel Palau De La Rosa, MSC.

Guayaquil, Ecuador 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

Atentamente,

TUTOR

Palau De La Rosa, Luis Ezequiel M.Sc.

AGRADECIMIENTO

El trabajo que tengo el gusto de presentar fue realizado con mucha dedicación, constancia y sacrificio, obligando intensamente al extremo de mis conocimientos. Motivo por el cual en primera instancia quiero agradecer a Dios por las bendiciones y la iluminación de la que todos necesitamos.

Agradezco a su vez a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, a mi Tutor el Ing. Luis Palau por su ayuda incondicional durante toda la tutoría.

A mis padres, hermanos, familiares por darme su apoyo en los momentos críticos del trabajo. Un agradecimiento especial a mis profesores por los valiosos aportes brindados.

A mis compañeros, eternos e inolvidables amigos que hice durante estos años universitarios muchas gracias por su apoyo.

EL AUTOR

DELGADO SAMANIEGO PEDRO ALEJANDRO

DEDICATORIA

A la memoria de mi Abuelita, Lilia Aragundi B. Espero esté muy orgullosa viendo desde el cielo. Eternamente en mi corazón.

Dedico este éxito alcanzado a mis Padres por el sacrificio durante todos estos años, simplemente gracias por los valores inculcados y formación.

A mi novia María José Abad, por su apoyo, compañía incondicional, paciencia y momentos inolvidables.

A mis Hermanos Larissa, Ismael y Valeria.

EL AUTOR

DELGADO SAMANIEGO PEDRO ALEJANDRO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

CARRERA:

Ingeniería en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial
Industrial

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.

DECANO

f. _____

PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc.

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE M.SC.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
RESUMEN	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
CAPÍTULO 1	2
INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE LA CRÍA DE LARVAS DE CAMARÓN	2
1.1. Generalidades	2
1.2. Justificación	3
1.3. Planteamiento del problema	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	7
1.5. Variables de la Investigación	7
1.5.1. Variable independiente.....	7
1.5.2. Variable dependiente	7
1.6. Hipótesis.....	8
1.7. Metodología de la investigación.....	8
1.7.1. Investigación documental.....	8
1.7.2. Investigación de campo.....	8
1.7.3. Investigación analítica	9
CAPÍTULO 2.....	10
SISTEMA PRODUCTIVO DE LARVAS DE CAMARÓN	10

1.1.	Producción de camarón en el Ecuador	10
2.1.	Proceso productivo	11
2.1.1.	Fase larvaria del camarón	11
2.1.2.	Estadios o etapas de crecimiento larvario	15
2.1.2.1.	Etapa naupliar	16
2.1.2.2.	Etapa protozoa	16
2.1.2.3.	Etapa mysis	17
2.1.2.4.	Etapa postlarval	17
2.2.	Proceso de cría de larvas de camarón	18
2.2.1.	Limpieza de tanques	18
2.2.2.	Limpieza de agua en reservorios	18
2.2.3.	Siembra de nauplios	18
2.2.4.	Etapa de protozoa a mysis, duración: día #1 a día #3	19
2.2.5.	Etapa de mysis a postlarva, duración: día #3 a día #6	19
2.2.6.	De postlarva #1 a postlarva #14, duración: día #6 a día #20 ...	20
2.2.7.	Cosecha de tanques	20
2.3.	Factores influyentes en el proceso de cría de larvas de camarón ..	21
2.3.1.	Manejo de la calidad del agua	21
2.3.1.1.	Temperatura	22
2.3.1.2.	Salinidad	22
2.3.1.3.	pH	23
2.3.2.	Sistema productivo adecuado	23
2.3.2.1.	Área de almacenamiento de camarones	23
2.3.2.2.	Área de desove	23
2.3.2.3.	Área de eclosión	24
2.3.2.4.	Área de resiembra	24
2.3.2.5.	Área de despacho	24

2.3.2.6. Distribución sistemática del sistema productivo de los nauplios	
24	
2.4. Balanceados	25
2.4.1. Ez larva	25
2.4.1.1. Ingredientes y micronutrientes	26
2.4.2. Advance feed	27
2.4.2.1. Ingredientes y micronutrientes	27
2.4.3. Artemia congelada o biomasa.....	27
2.4.4. Probióticos	29
2.4.4.1. Terminate.....	29
2.4.4.2. Composición	29
2.4.5. Aditivos.....	29
2.4.5.1. Astaxantina	30
2.5. Componentes estructurales para la explotación larvaria	30
2.5.1. Sistema eléctrico para el control del proceso de cría de larvas de camarón.....	31
2.5.2. Sistema de control de temperatura en tanques.....	32
2.5.3. Sistema de control de salinidad en tanques.....	33
CAPÍTULO 3.....	34
DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL APLICADO AL PROCESO DE CRÍA DE LARVAS DE CAMARÓN.....	34
3.1. Ubicación Geográfica del proyecto	34
3.1.1. Estructura del laboratorio	34
3.1.1.1. Reservorio de agua salada, capacidad de 600 toneladas de agua o 600 000 lt.	34
3.1.1.2. Reservorios de agua salada con <i>butch</i> , capacidad de 70 toneladas de agua o 70 000 lt (4).	35
3.1.1.3. Patio de embarque y desembarque	36

3.1.1.4.	Cuarto de análisis larvario.....	36
3.1.1.5.	Oficina administrativa del laboratorio	37
3.1.1.6.	Comedor de laboratorio, capacidad para 15 personas	37
3.1.1.7.	Cuartos de Empleados, capacidad para 8-10 personas	38
3.1.1.8.	18 tanques de concreto recubiertos con liner, capacidad para siembra de 10-12 millones de larvas	38
3.1.1.9.	Área de siembra.....	39
3.1.1.10.	Tanques de sembrado.....	39
3.1.1.11.	Área de micro algas marinas	40
3.1.1.12.	Área de insumos.....	40
3.1.1.13.	Área de cría de artemia	41
3.1.1.14.	Bodega	41
3.1.1.15.	Área de despacho.....	42
3.1.2.	Capacidad instalada.....	42
3.2.	Diseño eléctrico de sistema de control automatizado.....	42
3.2.1.	Simulación de las conexiones del PLC en programa CADE SIMU	43
3.3.	Diseño de sistema de control de temperatura en tanques.....	47
3.4.	Sistema de control de salinidad	48
3.5.	Sistema de Dosificación de alimento	49
3.6.	Sistema de control de dosificación unificado	51
3.6.1.	Componentes empleados para el sistema de control unificado	51
3.6.2.	Pruebas de simulación el LOGO V8.....	58
3.6.3.	Marcas internas.....	58
3.7.	Prueba de simulación de diseño.....	76
3.8.	Aplicabilidad económica del diseño	59
CAPÍTULO 4.....		62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62

4.1. Conclusiones	62
4.2. Recomendaciones	63
Bibliografía.....	64
Anexos.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Estadios o etapas de crecimiento larvario <i>Litopenaeus vannamei</i>	16
Tabla 3.1. Presupuesto general (siembra 10 millones de larvas)	59
Tabla 3.2. Presupuesto sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón	60
Tabla 3.3. Costos variables (comparativo con diseño-sin diseño)	60
Tabla 3.4. Análisis económico	61
Tabla 3.5. Utilidad neta Marginal	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1 Estadios o etapas de crecimiento larvario de <i>Litopenaeus vannamei</i>	15
Figura 2.2.2 Sistematización del proceso productivo de larvas de camarón	25
Figura 2.2.3 Composición química de AZ LARVA	26
Figura 2.2.4 Composición química de Advance Feed.....	27
Figura 2.2.5 Composición química de Artemia congelada.....	28
Figura 3.1. Reservorio de Agua Salada	35
Figura 3.2. Reservorios de agua salada con <i>butch</i>	35
Figura 3.3. Patio de embarque y desembarque	36
Figura 3.4. Cuarto de análisis larvario	36
Figura 3.5. Oficina administrativa del Laboratorio.....	37
Figura 3.6. Comedor de laboratorio	37
Figura 3.7. Cuartos de Empleados	38
Figura 3.8. Tanques de concreto recubiertos con <i>liner</i>	38
Figura 3.9. Área de siembra	39
Figura 3.10. Tanques de sembrado	39
Figura 3.11. Área de Micro algas marinas	40
Figura 3.12. Área de insumos	40
Figura 3.13. Área de cría de artemia	41
Figura 3.14. Bodega	41
Figura 3.15. Área de despacho.....	42
Figura 3.16. Diagrama de circuito de fuerza 220V monofásico. Fuente: El autor, (2019)	44
Figura 3.17. Simulación de conexión del sistema en CADE SIMU. Fuente: El autor, (2019)	45
Figura 3.18 Circuito de fuerza. Fuente: El autor, (2019)	46
Figura 3.19. Circuito de control en programa FESTO FLUID SIM – p. Fuente: El autor, (2019)	47
Figura 3.20. Diseño de Sistema de control de temperatura en tanques.	48
Figura 3.21. Diseño de Sistema de control de salinidad en tanques	49
Figura 3.22. Sistema de Dosificación de Alimento. Fuente: El autor, (2019)	50
Figura 3.23. Sistema de control de alimento unificado. Fuente: El autor, (2019)	51

Figura 3.24. Logo 8.....	52
Figura 3.25. Cable calibre 20 AWG	52
Figura 3.26. Sensor de salinidad PCE - PH 30	53
Figura 3.27. Sensor de temperatura PT100 TIPO K.....	53
Figura 3.28. Bomba peristáltica para dosificación balanceado	54
Figura 3.29. Resistencia eléctrica 220V 5500 W	54
Figura 3.30. Breaker MCB	55
Figura 3.31. Relé de estado solido	55
Figura 3.32. Tablero de control	56
Figura 3.33. Peltier.....	56
Figura 3.34. Bomba peristáltica para dosificación de agua salada	57
Figura 3.35. Bomba peristáltica para dosificación de agua dulce	57
Figura 3.36. Se observa Q1 y Q4 encendidos, con los valores umbrales de AI1 en 25 grados y AI2 en 20ppt. Fuente: El autor, (2019).....	59

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad contribuir al sector camaronero en su fase de producción larvaria, a través del diseño de un sistema de control automatizado. Se pretende intervenir el proceso de cría de larvas para mantener los parámetros adecuados de temperatura, alimentación, salinidad y pH en los tanques, con el fin de reducir la tasa de mortalidad de la especie y mejorar la productividad por corrida. Para este fin se desarrolló una investigación de tipo descriptiva en función del diagnóstico de la infraestructura productiva del Módulo San Juan, perteneciente al Grupo Empresarial LARDEMA. Entre los principales hallazgos científicos, se constató un alto nivel de incidencia de factores preponderantes como la temperatura, la alcalinidad y el deficiente nivel de precisión de alimento sobre el proceso de producción de los nauplios. Cumpliendo con los objetivos propuestos se diseñó un sistema de control térmico a través de la instalación de alarmas con rangos para alerta de las bajas o altas temperaturas en los tanques, empleando sensores automáticos que se encienden para calentar el agua hasta los 33 °C y para enfriar el agua en caso que por efecto de la temperatura ambiente, se requiera reducir la misma hasta los 33 °C. Adicionalmente, el diseño cuenta con un sistema digital que regula los niveles de alcalinidad del agua en los reservorios. El sistema se compone de un sensor que diagnostica la salinidad del agua al ingreso al tanque que enciende una bomba peristáltica para dosificación de agua salada, y otra de agua dulce para la regulación del medio en 30 partes por millón. Finalmente, se integra un sistema de riego de alimentación para dieta líquida y seca a través de la activación y desactivación de bombas que dosificarán el alimento al tanque, hasta que se provea de la cantidad temporizada de alimento requerido.

Palabras claves: Salinidad, nauplios, alcalinidad, bomba peristáltica, riego de alimentación.

ABSTRACT

The purpose of this study was to contribute to the shrimp sector in its larval production phase, through the design of an automated control system. It is intended to intervene the larval rearing process to maintain the appropriate parameters of temperature, feeding, salinity and pH in the tanks, in order to reduce the mortality rate of the species and improve productivity per run. For this purpose, a descriptive research was carried out based on the diagnosis of the productive infrastructure of the San Juan Module belonging to the LARDEMA Business Group. Among the main scientific findings, a high level of incidence of preponderant factors such as temperature, alkalinity and poor level of precision of food on the production process of nauplii was found. Fulfilling the proposed objectives, a thermal control system was designed through the installation of alarms with ranges to alert the low or high temperatures in the tanks, using automatic sensors that turn on to heat the water to 33 ° C and to cool the water in case that due to the effect of the ambient temperature, it is required to reduce it to 33 ° C. Additionally, the design has a digital system that regulates the alkalinity levels of water in reservoirs. The system consists of a sensor that diagnoses the salinity of the water when entering the tank that turns on a peristaltic pump for salt water dosing, and another one for fresh water for the regulation of the environment in 30 parts per million. Finally, a feed irrigation system for dry and liquid diet is integrated through the activation and deactivation of pumps that will dose the food to the tank until the timed amount of food required is provided.

Key words: Salinity, nauplii, alkalinity, peristaltic pump, feed irrigation.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA CRÍA DE LARVAS DE CAMARÓN

1.1. Generalidades

Existe en Ecuador un alto nivel productivo de camarón. Desde 1968, el rubro se produce de manera industrial y se exporta desde 1970, teniendo sus inicios en el cantón Santa Rosa (FAO, 2015). El producto representa el segundo rubro no petrolero más importante con 506 TM y 3.234 millones de dólares en 2018, año récord para la exportación nacional. (Cámara Nacional de Acuicultura, 2019)

Este escenario estigmatiza al camarón dentro de una extensa cadena de valor, en la que es indispensable la fase de producción primaria. Por ello, para mantener esta producción, se ha optado por la construcción de laboratorios de larvas de camarón con el objetivo de asegurar camarones de alta calidad, y a la vez reducir los niveles de mortalidad de los nauplios de camarón. (Proecuador, 2019)

Un componente clave para reducir los índices de mortalidad es mantener la estabilidad térmica del agua, siendo una condición idónea dentro del proceso de crecimiento de los nauplios. El agua de mar durante el año presenta variaciones térmicas que fluctúan entre 23 a 30°C, por lo que es indispensable diseñar un sistema que mantenga las condiciones térmicas clave para la supervivencia de la especie. (Villamar, 2016)

Otro factor preponderante sobre la mortalidad de las larvas es el efecto de la salinidad del agua. Se considera que existe hasta un 65 % de muerte de las

larvas por un exceso o limitado nivel de salinidad. El medio en el que se desarrollan las fases previas de la crianza de camarón requiere de un estándar de 35 ppm para el normal desarrollo larvario, mientras que, la fase de desove requiere de un medio cercano a las 30 ppm. (Cervantes, 2001)

En virtud de que el agua de mar contiene una salinidad de 35 ppm, es indispensable efectuar actividades para la reducción de salinidad, para el normal desempeño de las variables metabólicas de las larvas.

Por otra parte, existe una incidencia marcada en el proceso alimenticio sobre el comportamiento de variables productivas como peso y tamaño de las larvas. El deficiente nivel de precisión de la dosis y frecuencia de la alimentación en los tanques, influye en el resultado al final de la cosecha de los nauplios.

Estos procesos funcionan de manera integral y conectada con el normal desempeño de las larvas en cada una de las fases. La deficiencia de una temperatura óptima, un nivel de salinidad apropiado o de un oportuno y preciso sistema de alimentación de los nauplios, pueden ocasionar la pérdida de las características organolépticas, la reducción de la productividad de los tanques y la rentabilidad del negocio.

1.2. Justificación

El mejoramiento de la cadena de valor del camarón es casi un paso obligatorio para el sector acuícola. El mejoramiento de las condiciones técnicas de la crianza de las larvas, representa un objetivo superior para los productores.

El grupo empresarial LARDEMA, tiene como una de sus actividades económicas, la explotación en cautiverio de larvas como base fundamental dentro de la cadena agroexportadora del camarón. El grupo empresarial LARDEMA se compone de cinco módulos o laboratorios como son el Módulo San Juan (200 millones de larvas por corrida), Módulo San Ignacio (100 millones de larvas por corrida), Módulo San Pedro (100 millones de larvas por corrida), Módulo San Mateo A (120 millones de larvas por corrida), Módulo Mateo B (120 millones de larvas por corrida).

Todos están ubicados en la ciudad de Manta, pero el laboratorio de larvas de camarón denominado Módulo San Juan, es el más grande que tiene esta compañía. Cuenta con una capacidad de 200 millones de larvas, pero se producen 180 millones. No obstante, la cantidad sembrada por tanque requiere de un esfuerzo físico importante por parte de los empleados, volviendo el proceso ineficiente y antieconómico. (LARDEMA, 2018)

Una de las prioridades de LARDEMA es el mejoramiento del sistema productivo. Este desarrollo productivo debe automatizar parte del proceso incidente en el crecimiento diario de las larvas. Se implementaría un sistema de control automatizado para los periodos de alimentación, control térmico, niveles de salinidad y pH, obteniendo una larva a beneficio de los clientes. Dando como resultado una mayor ganancia en la producción, ahorro de insumos y consumo energético mensual, recorte de gastos en personal.

1.3. Planteamiento del problema

La producción comercial del camarón *Litopenaeus vannamei* empieza con la base de una buena fase larvaria. El proceso inicia con la cría de las larvas

pasando por la etapa naupliar, protozoa, mysis y Postlarval. Cada una de estas fases requiere de adecuación de un sistema aséptico, confiable y sostenible.

En la actualidad, existen innumerables problemas durante el proceso de producción larvaria del camarón. El primer problema surge con la adecuación de la temperatura adecuada para el desarrollo de la larva. El mar entrega el agua con temperatura muy baja, en desmedro del metabolismo del crustáceo. (Garnica, 2016)

Por otra parte, existe hasta un 65 % de muerte de las larvas por un exceso o limitado nivel de salinidad. Los indicadores demuestran que las larvas requieren de un nivel de salinidad de 35 ppm durante las dos primeras fases, mientras que se debe reducir a 30 ppm durante la fase de desove. (Cervantes, 2001)

Los principales parámetros a considerar son temperatura, alimentación, salinidad y pH, por ende, son los factores de control con mayor significancia en el proceso. El incumplimiento de los rangos adecuados en cada fase, produce la muerte de las larvas, en consecuencia, la reducción de la productividad y de la rentabilidad del negocio.

La velocidad de crecimiento del camarón será mayor cuanto más aumente la temperatura, siempre y cuando las otras variables se mantengan óptimas. Al mantenerse la temperatura constante, es más previsible el comportamiento del camarón y se hace más fácil su cultivo. Los efectos biológicos de la temperatura son complejos ya que se encuentran en dependencia con otras variables; y la magnitud de la variación de la temperatura afecta la

reproducción, crecimiento y sobrevivencia de los camarones. (Talavera & Zapata, 2016)

El incremento de la temperatura, aumenta la actividad hasta un nivel límite y por encima de este puede provocar la muerte del animal, conociéndose esto como temperatura letal. En contraste, la disminución de la temperatura también provoca reducción de la actividad fisiológica apropiada para el transporte y manipulación, tanto de post larvas como de reproductores, ocasionando hasta la muerte del animal. (Talavera & Zapata, 2016)

El flujo de procesos para la cría de larvas de camarón, se efectúa dentro de un laboratorio durante 15 a 20 días. Durante este periodo se crea un cronograma de rondas o turnos por los biólogos y el personal encargado para alimentación, chequeo de temperatura, salinidad y análisis en microscopio. (LARDEMA, 2018)

En función del volumen de larvas sembrado y lo delicado que son el índice de supervivencia tiende a disminuir en cada corrida por problemas en el control de dicho proceso y factores climáticos. Por lo cual, se requiere de un sistema de control automatizado para tener una acción inmediata frente a situaciones de riesgo para la larva en sus etapas y así aumentar su producción por corrida disminuyendo su tasa de mortalidad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de control automatizado en el proceso de cría de larvas de camarón para mantener los parámetros establecidos de temperatura,

alimentación, salinidad y pH en los tanques, con el fin de reducir la tasa de mortalidad de la especie y mejorar la producción por corrida.

1.4.2. Objetivos específicos

- Plantear un sistema de control térmico por medio de sensores y alarmas con rangos para alerta de sus bajas o altas en temperatura de cada tanque.
- Estructurar un sistema para censar los niveles de alcalinidad del agua en los reservorios.
- Diseñar de un sistema de riego de alimentación para dieta líquida y seca para ser distribuido en su totalidad en cada tanque.

1.5. Variables de la Investigación

1.5.1. Variable independiente

Diseño de sistema de control. Dentro del proceso de cría de larvas de camarón, es necesario sincronizar todos los factores productivos, en consideración a que los aspectos de temperatura y salinidad del agua, así como la precisión del proceso alimenticio son factores claves para la productividad de la empresa LARDEMA, es imperioso efectuar un eficiente proceso de control a través del diseño de un sistema integrado.

1.5.2. Variable dependiente

Cría de larvas de camarón. El diseño será implementado sobre las diferentes fases del proceso de crías del camarón. Durante la etapa naupliar, protozoa, mysis y post larval, es necesario la implementación de un proceso controlado y preciso. Para este fin, es indispensable regular tres factores críticos en el desarrollo larvario: Temperatura del agua, Salinidad del agua y precisión en la provisión de alimento.

1.6. Hipótesis

La estructuración de un sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón para el Grupo Empresarial LARDEMA, viabiliza la eficiencia en el control de los parámetros establecidos de temperatura, alimentación, salinidad y pH en los tanques, ubicándolos dentro de los parámetros cuantitativos óptimos para la producción.

1.7. Metodología de la investigación

La metodología de la investigación es un proceso organizado, planificado y estratégico que pretende determinar los hechos empíricos existentes en torno a algún fenómeno, transformándolos en evidencias científicas, viabilizando el cumplimiento de objetivos de un estudio de tipo experimental o no. (González, 2016)

1.7.1. Investigación documental

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (Arias, 2012, p. 27)

1.7.2. Investigación de campo

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los

hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna. De allí su carácter de investigación no experimental. (Arias, 2012, p. 31)

1.7.3. Investigación analítica

El método analítico es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos. Al referirnos a diversos saberes en los que la aplicación del método analítico es posible, vemos una gradación que va desde las aplicaciones más empíricas y concretas hasta las más abstractas y simbólicas. Las diferentes ciencias aplican usualmente ambas maneras del método. (Lopera *et al.*, 2010)

Los investigadores cualitativos consideran datos toda una serie de informaciones relativas a las interacciones de los sujetos entre sí y con el propio investigador, sus actividades y los contextos en que tienen lugar, la información proporcionada por los sujetos.

Los datos son entendidos como interacciones, situaciones, fenómenos u objetos de la realidad estudiada, que el investigador recoge a lo largo de su proceso de investigación y que poseen un contenido informativo útil para los objetivos perseguidos en la misma.

El investigador construye los datos y al hacerlo registra la información en algún soporte físico (notas de campo, grabación de audio o vídeo). El dato soporta una información sobre la realidad, implica una mayor o menor elaboración conceptual de la misma. Dado que en la investigación cualitativa se suelen utilizar la entrevista, la observación, las preguntas abiertas presentadas mediante cuestionarios, los diarios, etc.

CAPÍTULO 2

SISTEMA PRODUCTIVO DE LARVAS DE CAMARÓN

2.1. Producción de camarón en el Ecuador

La explotación del camarón en el litoral ecuatoriano se origina al final de la década del sesenta. Los sectores beneficiarios se sitúan en las costas de la provincia de El Oro. Dentro de la geografía oreense, el cantón Santa Rosa fue el primer sector con producción y exportación del rubro en 1972. A partir de estas fechas, la producción comercial del camarón se diseminó por el litoral ecuatoriano.

Ecuador es un reconocido productor de camarón en el mundo. El producto representa el segundo rubro no petrolero más importante producto no petrolero con mayor volumen exportable con 506 TM y 3.234 millones de dólares en 2018, año récord para la exportación nacional. (Cámara Nacional de Acuacultura, 2019)

El camarón ecuatoriano que se explota en cautiverio pertenece a la clase *Litopenaeus vannamei*. Su zona geográfica natural está en el Pacífico americano, desde de California en México hasta el Perú. Para la producción en cautiverio es necesario darle condiciones adecuadas de salinidad y temperatura, lo que establecerá mejores opciones para su supervivencia. Estas condiciones deben prevalecer durante desde su estado de nauplios hasta la cosecha. (Proecuador, 2019)

La cadena del camarón contempla la fase larvaria como paso inexorable y fundamental. Esta sección de la cadena procura mantener los niveles de producción, para a su vez satisfacer la demanda del mercado. Para este fin

es necesario mejorar continua y permanentemente el sistema productivo, esencialmente la tecnología y el manejo de las variables a las que está expuesta la cría de camarón en cautiverio. (Garnica, 2016)

2.2. Proceso productivo

Para el conocimiento apropiado del proceso productivo, es necesario analizar y sintetizar cada una de las fases correspondientes. Así, las fases biológicas son la etapa larvaria o naupliar, fase protozoa, etapa mysis y la etapa postlarval. A continuación, un detalle de cada una de ellas:

2.2.1. Fase larvaria del camarón

El origen de la larva es un aspecto clave para buen desempeño de un ciclo y representa parte de la garantía de la rentabilidad. La calidad larvaria es determinada en función de su origen y debe ser analizadas las ventajas y desventajas de cada una de ellas. (Calderón, 2016)

La postlarva silvestre es considerada la larva con mejor calidad, siendo extraído desde su medio natural por los "larveros". Entre sus principales características está supervivencia que se obtiene tanto a nivel de pre criaderos como a nivel de estanques de engorde (superior al 80%). La disponibilidad es de naturaleza estacional, con mayor presencia durante la época lluviosa (enero-marzo). (Aguilera, 1998)

En segundo lugar de preferencia por los productores, está la larva originada en nauplios silvestres. La cría de estos especímenes se desarrolla en laboratorios comerciales, a pesar de que los nauplios se originan de progenitores madurados y fecundados en el medio natural. Las hembras son

incluidas en desovaderos, para comercializar los nauplios directamente a los laboratorios de larvas. El nivel de supervivencia de este tipo de larva es del 50 y 55%. (Limsuwan, 2005)

La estacionalidad de la disponibilidad de la larva de origen silvestre y la incidencia de fenómenos naturales como El Niño, viabilizaron la proliferación de los laboratorios de larvas. Estos establecimientos se configuraron inicialmente con la idea de asegurar dentro de la cadena el suministro de post larvas de camarón de manera continua y permanente. En la actualidad fluctúan en la cadena aproximadamente 343 laboratorios y nauplieras a lo largo de la costa ecuatoriana, con presencia prioritaria en la provincia del Guayas, abarcando el 64% de la demanda, con un volumen productivo anual aproximado de 10,000 millones de larvas. (Calderón, 2016)

Los laboratorios de producción de larvas cuentan básicamente las siguientes secciones: Maduración, Larvicultura, Cultivo de Algas (cepas y masivos) y Artemia. (Garnica, 2016)

La maduración se desarrolla en una reducida cantidad de laboratorios (siete a nivel nacional). Las salas de maduración tienen tanques circulares de tres a cinco metros de diámetro y de 0.9 a 1.2 metros de profundidad. Para la construcción de los tanques usualmente se emplea fibra de vidrio, plástico y cemento, manteniendo un interior de color negro. (Calderón, 2016)

La temperatura óptima del agua debe fluctuar entre los 27 y 29 grados centígrados, mientras que, la salinidad debe ubicarse entre los 30 y 35 partes por millón. La densidad adecuada para la siembra es de cuatro a cinco

reproductores por metro cuadrado o de 200 a 350 gramos por metro cuadrado, con una relación hembra:macho de 1:1. (Limsuwan, 2005)

Los reproductores deben ser capturados especialmente desde el medio natural. En el mar se emplean barcos arrastreros (velocidad durante la faena 2–3 nudos y máximo tiempo de arrastre 30 minutos), trasmallos, chinchorros de playa, trampas y corrales. Posterior a la captura, las larvas son clasificadas por su estado externo, tamaño y peso (hembras 60 gramos; machos 40 gramos). (Calderón, 2016)

Luego de la llegada de los reproductores, se aclimatan durante un periodo máximo de una semana, procediendo a la ablación del pedúnculo ocular de la hembra. Posterior a la cópula de las hembras maduras, se procede a la verificación de la presencia del espermátforo en el telicum de la hembra. En caso de fecundaciones fallidas se procede a la inseminación artificial, disponiendo su traslado a los tanques de desoves (500–1,000 l) a razón de una hembra por tanque. (Garnica, 2016)

El desove se registra entre 4 a 5 post cópula, con una capacidad biológica de 50,000–300,000 huevos por hembra y desove. La fecundidad de las hembras fluctuará de la cantidad de desoves registrados, así como parámetros físicos y nutricionales a los que se expusieron los reproductores. La eclosión de los huevos se produce después de 14 a 16 horas post desove y se cosechan por el fototaxismo positivo que poseen. Se procede a la desinfección de los nauplios y su posterior transporte a los tanques definitivos. (Limsuwan, 2005)

Los tanques de cría fluctúan en forma y volumen, con capacidades que van desde 2 y 20 toneladas de agua. Se debe proveer el medio de la suficiente

aireación en el fondo (tuberías de PVC perforadas o piedras difusoras). Todo el sistema se desinfecta integralmente con cloro y se seca por completo antes de cada corrida. Los tanques son llenados con agua filtrada (1 μ). (Calderón, 2016)

De acuerdo al sistema que se utilice para el cultivo, se tratará el agua antes de que ingrese al sistema. Una vez llenado el estanque con un volumen bajo se procede a la siembra de los nauplios a una densidad de 100/1 inicialmente, terminando con el volumen completo a una densidad de 60–80 larvas por 1. (Garnica, 2016)

El ciclo larval termina luego de 21 días aproximadamente, habiendo pasado por los estadios de Nauplio (5 estadios), Protozoa (3 estadios), Mysis (3 estadios) y Postlarva. Los productores practican varias pruebas de “calidad” a las postlarvas producidas en los laboratorios. Una de estas pruebas es la de estrés, la cual consiste en someter a un cierto número de individuos a un cambio brusco de salinidad (30 minutos en agua dulce y transferirlos nuevamente a agua salada) para determinar la mortalidad durante el proceso (una supervivencia del 80% es aceptable). De acuerdo con la información colectada por varias granjas que controlan las dos fases (laboratorio y engorde) no existe una correlación entre esta prueba de estrés y el rendimiento en la fase de engorde. (Garnica, 2016)

El aspecto nutricional juega un rol importante en la reducción de la mortalidad y la mala calidad de las larvas, especialmente en su constitución bioquímica-nutricional, lo que les permite tener diferentes grados de resistencia a condiciones adversas (Brock & Bullis, 2001). Los laboratorios por lo tanto

intentan simular en lo posible todas las condiciones del medio natural e igualar o compensar la deficiencia nutricional con diferentes dietas y prácticas de alimentación. (Velásquez, 2011)

2.2.2. Estadios o etapas de crecimiento larvario

El reconocimiento de la morfología de las formas larvales y juveniles es de vital importancia en los estudios biológicos de crustáceos, pero también su diferenciación es importante desde el punto de vista parasitológico y patológico. Algunos parásitos suelen atacar a estos estadios causando importantes injurias y mortalidades, inclusive en aquellos casos en que no las producen cuando atacan a los estadios adultos. (Calderón, 2016)

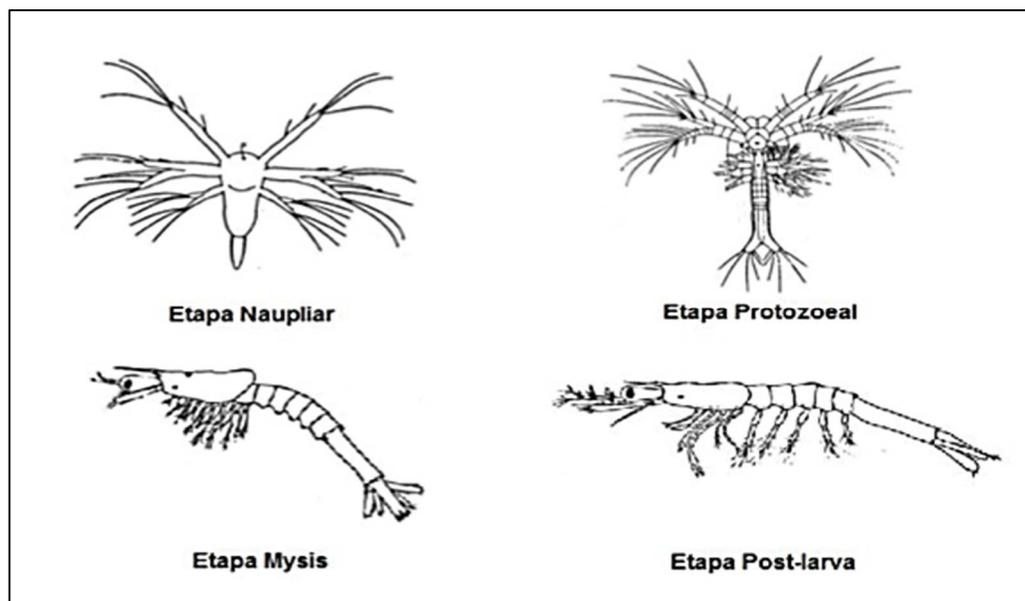


Figura 2.2.1 Estadios o etapas de crecimiento larvario de *Litopenaeus vannamei*
Fuente: FAO (2016)

Según Garnica (2016) las larvas de camarón atraviesan 3 etapas distintas: etapa naupliar, etapa protozoa y etapa mysis, antes de su metamorfosis a camarón post larva. Se estima que 1 de 4 nauplios llegan a desarrollarse hasta ser un camarón maduro (Ver tabla 2.1).

En la siguiente tabla se describe cada etapa en su proceso larvario:

Tabla 2.2.1. Estadios o etapas de crecimiento larvario *Litopenaeus vannamei*
Fuente: Calderón (2016)

Etapa	Duración	Parámetros de Cría	Detalles
Naupliar	18-24 horas	Temperatura: 32 C Salinidad: 25% pH: 7.5 - 7.8	El nauplio sale del huevo en posición doblada, pero se endereza de manera rápida. Estos nauplios son fototrópicos y nadan en dirección a la fuente de luz.
Protozoea	3 días	Temperatura: 33-34 C Salinidad: 25% pH: 7.5 - 7.8	En esta etapa el movimiento natatorio la realiza con la ayuda de la primera y segunda antena. La búsqueda inmediata a la luz es un indicador de un zoeal saludable.
Mysis	3 días	Temperatura: 33 C Salinidad: 30% pH: 7.5 - 7.8	Sus antenas se reducen. En esta etapa hay una menor tendencia de búsqueda de luz.
Postlarva	10 -15 días	31-33 C Salinidad: 3-35% pH:7.5 – 7.8	Muy parecida en su aspecto al camarón juvenil o adulto, talla entre 5 y 25 mm, presenta un rostro romo, pleópodos con sedas, reducción notoria de los exopoditos de los pereiópodos, cosa que ocurre gradualmente en unas pocas especies.

2.2.2.1. Etapa naupliar

Larva de 0.2 y 0.6 mm, que pasa por 4 o 5 subestadios (por el tamaño). Presenta forma periforme, furca caudal, antena, anténula y mandíbula. A medida que va creciendo se produce un alargamiento del cuerpo, variaciones en la anténula y antena y en la furca caudal con el agregado de espinas. (FAO, 2017)

2.2.2.2. Etapa protozoea

De 0.6 – 2.8 mm. Cuerpo dividido en cabeza y resto del cuerpo formado por el tórax y abdomen, la cabeza está cubierta por un caparazón hexagonal, característica distintiva de la protozoea, se lo puede dividir en tres subestadios: (Gross, Bartlett, Browdy, Chapman, & Warr, 2001). El proceso completo se explica a continuación:

- Protozoea I: Caparazón sin espinas, pleon o abdomen no segmentado, telson bilobulado, ojo naupliar presente. (Gross *et al.*, 2001)

- Protozoa II: Caparazón con espina rostral, ojos compuestos pedunculados. (Gross *et al.*, 2001)
- Protozoa III: Caparazón igual al del subestadio anterior, espinas supraorbitales más desarrolladas, telson separado del sexto segmento, maxilipedios birramosos y pereiópodos rudimentarios, urópodos presentes rudimentarios. (Gross *et al.*, 2001)

2.2.2.3. Etapa mysis

Tiene una dimensión promedio de 2.8 – 5.2 milímetros. Su cuerpo es de forma alargada, parecido al de un camarón, pereiópodos bien desarrollados y funcionales, sin pleópodos, en el primer estadio. En general suele haber 3 o 4 subestadios (Valles, Cruz, & Pérez, 2004). A continuación, se explica el proceso completo:

- Mysis I: Cuerpo parecido a un camarón, pereiópodos bien desarrollados y funcionales del primero al tercero con quela rudimentaria, pleon sin pleópodos. (Valles *et al.*, 2004)
- Mysis II: Escama antenal conspicua con espina externa, pereiópodos del primero al tercero con que las desarrolladas, pleópodos rudimentarios. (Valles *et al.*, 2004)
- Mysis III: Flagelo de la antena sobrepasa o alcanza la escama, pleópodos más desarrollados y articulados. (Valles *et al.*, 2004)
- Mysis IV: Este estadio ha sido descrito por Boschi y Scelzo (1974) para *Artemesia longinaris* y como característica tiene el flagelo antenal casi el doble de largo que la escama y pleópodos segmentados muy desarrollados. (Valles *et al.*, 2004)

2.2.2.4. Etapa postlarval

Muy parecida en su aspecto al camarón juvenil o adulto, talla entre 5 y 25 mm, presenta un rostro romo, pleópodos con sedas, reducción notoria de los exopoditos de los pereiópodos, cosa que ocurre gradualmente en unas pocas especies. Este estadio es muy importante para la formación comercial del producto, requiriendo de la provisión adecuada de todos los factores productivos del proceso biológico. (FAO, 2017)

2.3. Proceso de cría de larvas de camarón

Según Cuéllar, Lara, Morales, De Gracia y García (2010), para el desarrollo larvario no hay un protocolo fijo debido a factores climáticos y fallos de operación en equipos durante el proceso intensivo, sin embargo, en la mayoría se maneja el siguiente proceso:

2.3.1. Limpieza de tanques

Los recipientes o tanques que reciben a los nauplios deben ser desinfectados asépticamente según el siguiente procedimiento:

- Se limpia cada tanque de concreto con agua a propulsión y químicos.
- Se hace un chequeo de liner por tanque en caso de ruptura en alguna parte del plástico. (Cuéllar *et al.*, 2010)

2.3.2. Limpieza de agua en reservorios

Los reservorios que reciben a los nauplios deben ser desinfectados asépticamente según el siguiente procedimiento:

- Se almacena 600 toneladas de agua salada en el reservorio grande
- El agua es bombeada hacia los otros 4 reservorios de 70 toneladas y pasa por unos *butch* para eliminar impurezas.
- Cada reservorio tiene una bomba de 4 hp.
- Esta etapa dura de 2 a 3 días.
- El agua debe mantener los parámetros de temperatura, salinidad y pH para ser trasladada a los tanques de concreto antes de sembrar los nauplios. (Cuéllar *et al.*, 2010)

2.3.3. Siembra de nauplios

Una vez trasladada el agua a los tanques de concreto se distribuye los millones de nauplios de acuerdo a la capacidad de cada tanque. El Nauplio es la etapa inicial de la larva, llega de forma microscópica dentro de fundas

especiales con agua en de cajas de cartón (Cuéllar *et al.*, 2010). La secuencia integral se estable a continuación:

- Se agrega la cantidad de nauplios designado para cada tanque, un estimado de 10 millones por piscina.
- Cada tanque es de 1 m de alto x 15 m de profundidad.
- El agua es circulada por medio de *blowers*, los cuales se mantienen en funcionamiento desde el día que está sembrado hasta que se coseche. Un *blower* de 10 hp es designado para 4 tanques de 50 000 litros cada uno.
- Los calefones tienen que mantener la temperatura determinada para cada etapa en cada etapa de la larva.
- Los calefones funcionan entre 6 a 18 horas de acuerdo a las condiciones climáticas. (Cuéllar *et al.*, 2010)

2.3.4. Etapa de protozoa a mysis, duración: día #1 a día #3

Durante esta etapa se alimenta el nauplio con dieta líquida, el cual lleva una mezcla de alga y vitamina B2 y 2 gramos de probióticos (Morales, Ruiz, Moura, Montiel, & Conroy, 2011). A continuación, el proceso completo:

- La dieta líquida se agrega en baldes, un aproximado de 2 gramos por millón de nauplios, es decir en cada tanque se agregan 20 gramos de mezcla disueltos en agua en rondas de 4 horas.
- También se agrega vitamina C y poliésteres la cantidad de medio o 1 gramo por millón de larva. Dependiendo de la dieta, puede ser cada 5 horas.
- El agua tiene que mantener una temperatura de 33 centígrados en esta etapa.
- El nivel de salinidad se mantiene entre 25 partes por millón o 25%.
- En el análisis microscópico la larva se ve con varias patas y dos ojos. (Morales *et al.*, 2011)

2.3.5. Etapa de mysis a postlarva, duración: día #3 a día #6

Durante esta etapa se alimenta la larva con dieta seca, es decir se agrega 10 a 12 gramos por millón de larva de: artemia, alga y un gramo de vitamina y 2 gramos de probióticos. Se disuelven en poca agua y se tiran a los tanques

(Miranda, Valles, Sánchez, & Álvarez, 2010). A continuación, la secuencia completa:

- Se alimenta cada 4 horas.
- La temperatura se mantiene de 33 a 34 centígrados.
- El nivel de salinidad se mantendrá en 30%.
- En el análisis microscópico la larva se ve nadando con su tórax completo. (Miranda et al., 2010)

2.3.6. De postlarva #1 a postlarva #14, duración: día #6 a día #20

En esta etapa se basa en puro balanceado, de 15 a 30 gramos por millón de larva de: balanceado, artemia, 2 gramos de vitaminas y 2 gramos de probióticos. Es decir, de acuerdo al crecimiento irá aumentando el alimento (Rodríguez, Cedeño, Molina, Otero, Valenzuela, Sotomayor, 2000). A continuación, el proceso ordenado:

- Se alimenta cada 4 horas dosis en polvo o secos.
- La salinidad en esta etapa se deja a requerimiento del cliente puede ir de 1% al 30%.
- La temperatura se mantiene en 31 a 33 centígrados.
- En el análisis microscópico la larva se ve con un aumento de tamaño y usa sus patas abdominales para nadar. (Rodríguez *et al.*, 2000)

2.3.7. Cosecha de tanques

Varía de acuerdo a los requerimientos del comprador, puede variar la etapa de postlarva en que la quiere, es decir de acuerdo al peso que le convenga recibirla, el porcentaje de salinidad, tipo de despacho ya sea en tinas o en cajas. Por lo que se realiza un cronograma tratando de encajar cada uno de los clientes y sus requerimientos (Godínez *et al.*, 2011). A continuación, se establece el proceso establecido:

- El tiempo de cosecha por lo general puede ir desde 5 a 7 días debido a la cantidad de siembra del laboratorio.

- Primero se hace un traspaso de tanque a tinas de menor dimensión por medio de tuberías.
- Luego los biólogos con redes grandes agarran una gran cantidad y se lo coloca en gramerías para ir colocándolas ya sea en cajas o en tinas, hasta que se saque toda la larva de cada tanque. (Godínez *et al.*, 2011)

2.4. Factores influyentes en el proceso de cría de larvas de camarón

Existen diferentes factores que inciden en el proceso de cría de larvas de camarón. Cada uno de los componentes tiene igual significancia que el otro, por lo que trabajan como un universo reduciendo o incrementando la capacidad productiva larvaria de un laboratorio. (Ochoa, 2016)

La temperatura del agua, la salinidad del medio en el que se desarrollan las larvas, la calidad del alimento que se provea en el medio y la puntualidad con la que se alimente a los millones de nauplios, son componentes determinantes en el nivel productivo de un laboratorio y en la rentabilidad del mismo. (Scelzo, 1997)

Por ello, es fundamental el estudio y análisis independiente de cada componente con la finalidad de obtener certezas teóricas sobre el manejo adecuado de cada elemento.

2.4.1. Manejo de la calidad del agua

La calidad del agua utilizada para la producción de larvas de camarón *Litopenaeus vannamei*, es un factor septentrional para la sostenibilidad del sistema productivo. Su calidad es fiel reflejo de las buenas prácticas de manejo durante la cadena productiva del sistema. El desmejoramiento de la calidad del agua puede ser efecto de un inadecuado manejo de los diferentes componentes como la naturaleza misma del agua, la desinfección de los

tanques de recepción, la deficiente alimentación y nutrición de los nauplios, entre otros aspectos significativos en el proceso. (Garnica, 2016)

El agua salada como medio hospedante del proceso de eclosión, debe ser lo más aséptica posible (Cervantes, 2001). Una mala calidad del agua, podría incidir en el porcentaje de supervivencia de los nauplios. A menor calidad, menor nivel de supervivencia, lo que irreversiblemente afectará el nivel productivo de cualquier sistema de explotación. (Aguilera, 1998)

Según Cervantes (2001) para alcanzar los mayores niveles de limpieza en el agua, es necesario renovar el agua después de cada proceso de eclosión. En tal virtud, es requisito inalienable del agua salada, el cumplimiento de ciertos parámetros.

2.4.1.1. Temperatura

Es obligatorio mantener una temperatura de 31 °C a través del proceso de eclosión. Una reducción en la temperatura, retrasaría inexorablemente la eclosión. Al contrario, en caso de registros de temperatura más altos, se produce la cocción de los huevos, ocasionando pérdidas directas. (Garnica, 2016)

2.4.1.2. Salinidad

De manera natural el agua de mar contiene una salinidad de 35 ppm, por lo que requiere que el proceso de eclosión del camarón el medio tenga una salinidad máxima de 30 ppm. Esto obliga a la organización a la reducción salina del medio, implementándose diferentes tipos de sistemas para este fin. (Ochoa, 2016)

2.4.1.3. pH

El potencial de Hidrógeno es un elemento esencial para el normal desarrollo de los nauplios. Un medio excesivamente alcalino o excesivamente ácido tiende a alterar el proceso metabólico o fisiológicos de las larvas, en desmedro de su crecimiento. El nivel de pH adecuado para la cría de los nauplios debe mantenerse en un rango de entre 7,5 a 7,7. (Garnica, 2016)

2.4.2. Sistema productivo adecuado

La explotación comercial de los nauplios de camarón debe realizarse entre cinco áreas de trabajo:

2.4.2.1. Área de almacenamiento de camarones

El área de almacenamiento es clave para la sostenibilidad del sistema. Se registran camarones machos y hembras en etapa reproductiva. Estos camarones deben distribuirse en 130 estanques de cinco m³ cada uno. El agua debe poseer una salinidad de 35 ppm a 28,5°C. (Ochoa, 2016)

2.4.2.2. Área de desove

Esta área representa el espacio consignado para que los camarones se reproduzcan, obteniendo como producto los huevos, que a la postre, será el instrumento reproductivo del sistema. Esta área debe contener 230 estanques de 0,55 m³ cada uno. Aquí el agua debe tener una salinidad no mayor a 30 ppm a 28,5 °C. (Tizol, Jaime, Laria, Pérez, Machado, Silveira, 2004)

Se trata de un área muy significativa para la sostenibilidad del sistema. De su estabilidad dependerá todo el proceso consiguiente.

2.4.2.3. Área de eclosión

Representa el espacio con condiciones adecuadas para el proceso de eclosión previo a la obtención de los nauplios de camarón. Esta área debe tener un espacio acondicionado a 50 estanques de 1,20 m³ cada uno. El agua debe contener una salinidad de 30 ppm a 31°C. (Ochoa, 2016)

2.4.2.4. Área de resiembra

Esta área es importante, pues representa una zona de amortiguamiento de pérdidas financieras. Aquí se deben depositar los huevos que no eclosionaron durante el proceso. En esta área deben existir estanques en la misma cantidad y condición de y capacidad que el área de eclosión. (Tizol *et al.*, 2004)

2.4.2.5. Área de despacho

El área de despacho mantiene a los nauplios que se comercializarán de manera definitiva. Como producto de la eclosión, las larvas deben estar en un espacio de tiempo no prolongado, pues, una estancia excesiva, podría incrementar los costos afectando a la rentabilidad. (Tizol *et al.*, 2004)

2.4.2.6. Distribución sistemática del sistema productivo larvario

El proceso productivo sostenible de los nauplios debe desarrollarse de una manera organizada y planificada. Cada componente es importante y cada fase viabiliza el desarrollo óptimo del crecimiento de los nauplios. A continuación un modelo tipo de desarrollo larvario del camarón:

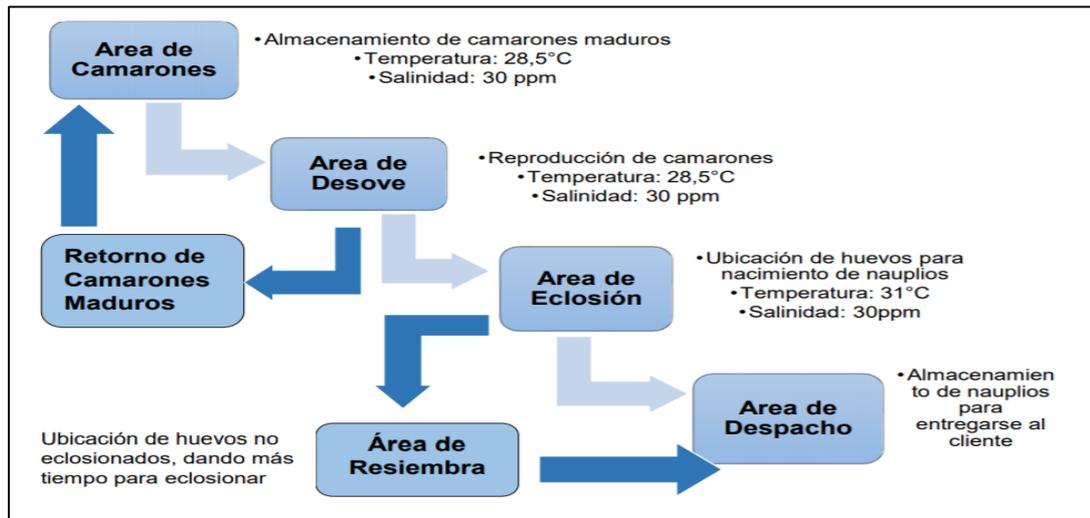


Figura 2.2.2 Sistematización del proceso productivo de larvas de camarón
Fuente: Garnica (2016)

2.5. Balanceados

Para el adecuado crecimiento de las larvas de camarón en cautiverio, es necesario reemplazar en algunos casos y complementar en otros, el alimento que naturalmente consume el crustáceo en su ambiente normal. Por ello, se hace una caracterización de los principales balanceados disponibles en el mercado:

2.5.1. Ez larva

La dieta líquida ha sido formulada como una ración exclusivamente balanceada para larvas marinas. Sus partículas micro encapsuladas tienen una textura suave y húmeda que las hace fáciles de consumir. Sus ingredientes han sido seleccionados por su alta calidad y digestibilidad, bioseguro por haber sido probado con resultados negativos contra sus virus patógenos como el causante de la Macha Blanca (WSSV). Durante su fabricación se utiliza un proceso frío que preserva los elementos de la dieta sensibles a la temperatura, pigmentos, ácidos grasos, Omega 3, enzimas y otros nutrientes presentes en estado. (Wicki, 2016)

2.5.1.1. Ingredientes y micronutrientes

Colesterol, almidones naturales, betaglucanos, lecitina de soya, betaine, iodato de potasio, xantofila, krill, aceite de pescado, espirulina, alginato de sodio, etoxiquina, cloruro de colina, probióticos, immustim, colesterol, sulfato de magnesio, cloruro de zinc, sulfato de cobre, sulfato ferroso, carbonato de cobalto, carbonato de calcio, selenita de sodio, acetato de vitamina A, estero-
D activada de origen animal (como fuente de vitamina D3), acetato de d-alfa tocoferol (suplemento de vitamina E), suplemento de B12, biotina y contiene Vpak™ para aumentar la resistencia al vibrio y otras enfermedades. (AGROANDES, 2019)

DOC	ESTADO LARVARIO	Predicted survival (%)	EZ LARVA 1 10-50		EZ LARVA 1 10-50		EZ LARVA 1 10-50	
			% of Daily Ration	Daily Ration ml/day	% of Daily Ration	Daily Ration ml/day	% of Daily Ration	Daily Ration ml/day
1	N5/Z1	100%	100%	18				
2	Z1	98,3%	100%	53				
3	Z2	96,5%	100%	69				
4	Z3	94,8%	50%	43	50%	43		
5	M1	91,3%			100%	96		
6	M2	89,5%			100%	134		
7	M3	87,8%			33%	61	33%	61
8	PL1	84,3%					50%	120
9	PL2	82,5%					50%	155
10	PL3	80,8%					33%	113
11	PL4	79,0%					50%	201
12	PL5	77,3%					33%	158
13	PL6	75,5%						
14	PL7	73,8%						
15	PL8	72,0%						
16	PL9	70,3%						
17	PL10	68,5%						
18	PL11	66,8%						
19	PL12	65,0%						

Figura 2.2.3 Composición química de AZ LARVA Fuente: AGROANDES (2019).

2.5.2. Advance feed

Son una dieta de mejor calidad para post larvas (excelente durante los estadios de Zoea, Mysis y PL). Tienen gran estabilidad, flotabilidad en el agua y atracción para una nutrición balanceada y completa. Este alimento está científica y nutricionalmente formulado para el óptimo desarrollo y sobrevivencia de las larvas. (PRILABSA, 2019)

2.5.2.1. Ingredientes y micronutrientes

Formulada a base de proteínas marinas, proteínas vegetales, levadura, aceites de pescado, artemia, colesterol, pro mezclas de vitaminas y minerales, antioxidantes, pigmentos y aglutinantes biodegradables. (PRILABSA, 2019)

DÍAS	ESTADIO	ADVZ (g/día)	ADV1 (g/día)	ADV2 (g/día)	ADV3 (g/día)	ADV4 (g/día)
1	Z1	19				
2	Z2	25				
3	Z3	16	16			
4	M1		35		50%	
5	M2		49		100%	
6	M3		34	34	100%	
7	PL1			88	33%	
8	PL2			113		
9	PL3			62	62	
10	PL4				148	
11	PL5				87	87
12	PL6					203
13	PL7					160
14	PL8					93

Figura 2.2.4 Composición química de Advance Feed
Fuente: PRILABSA (2019).

2.5.3. Artemia congelada o biomasa

Contiene 100% artemia adulta, cosechada en el lago Monolake, norte de California, enriquecida con emulsiones formuladas con ingredientes marinos

de alta calidad que aseguran la disponibilidad apropiada de micronutrientes esenciales tales como AE (aminoácidos esenciales), HUFAS (ácidos grasos altamente insaturados y de cadena larga), vitaminas, minerales y pigmentos carotenoides requeridos para el desarrollo y maduración de post larvas, así como de reproductores de camarón. (MEGASUPPLY, 2019)

El producto es congelado logrando así el propósito de hacer que en el menor tiempo se conserven intactas las propiedades y beneficios nutricionales de la artemia adulta enriquecida. Teniendo muy seriamente en cuenta que la bioseguridad es un factor vital en la industria acuícola, certificamos que la artemia congelada está libre de patógenos virales específicos tales como: WSSV (White Spot Syndrome Virus), IHNV (Infectious Hipodermal and Hemotipoietic Necrosis Virus), TSV (Taura Syndrome Virus), YHV (Yellow Head Virus). (MEGASUPPLY, 2019)

DOC	ESTADO LARVARIO	EZ ARTEMIA 50 – 200 (ml/day)	EZ ARTEMIA 300 - 500 (ml/day)
1	Z1	24	
2	Z2	29	
3	Z3	57	
4	M1	82	
5	M2	72	36
6	M3	66	66
7	PL1	70	141
8	PL2		248
9	PL3		303
10	PL4		296
11	PL5		270
12	PL6		227
13	PL7		148
14	PL8		108
15	PL9		105
16	PL10		123
17	PL11		147
18	PL12		169

Figura 2.2.5 Composición química de Artemia congelada
Fuente: MEGASUPPLY (2019).

2.5.4. Probióticos

Los probióticos son componentes empleados para reducir o mitigar la aplicación de antibióticos dentro de protocolos de manejo de patogénico o algunas enfermedades características en las larvas.

2.5.4.1. Terminate

Terminate es una mezcla que contiene siete tipos de bacterias de diferentes y múltiples usos, las cuales sirven para degradar desechos orgánicos, logrando promover un ambiente sano para el cultivo de camarones o peces. Se compone de cepas de bacterias liofilizadas, las cuales son microorganismos encargados de digerir altas concentraciones de materia orgánica de una manera segura y natural, reduciendo el amonio a través de procesos de oxidación natural. (PRILABSA, 2019)

2.5.4.2. Composición

La composición de Terminate es la siguiente:

1. Bacillus Coagulans.
2. Bacillus Laterosporus.
3. Bacillus EHC 100 Strain Bacillus Pumilus.
4. Bacillus Subtilis.
5. Bacillus Amyloliquefaciens.
6. Bacillus Licheniformis. +Enzimas
7. Cocentración 2 x 10⁹. (PRILABSA, 2019)

2.5.5. Aditivos

Los aditivos son componentes químicos sintéticos u orgánicos empleados en el proceso de larvas de camarón como alternativa para optimizar la alimentación y crecimiento de los nauplios dentro de los tanques. Son muy importantes para el desarrollo óptimo de los nauplios.

2.5.5.1. Astaxantina

La Astaxantina es una levadura seca inactiva, que se usa como fuente de pigmentación en alimentos para peces y camarones. Es una fuente natural que imparte el color rojo característico a la carne del salmón, trucha u otras especies acuáticas. Esta levadura es especialmente formulada para maximizar la biodisponibilidad de los pigmentos. (Meyers, 2016)

La astaxantina es el carotenoide antioxidante más potente cuando se trata de captación de radicales libres, es 65 veces más potente que la vitamina C, 54 veces más potente que el betacaroteno y 14 veces más potente que la vitamina E. (Meyers, 2016)

La astaxantina no sufre descoloramiento por lo que la coloración rojiza de los peces y crustáceos que la ingieren se conserva incluso al cocinarlos como es el caso de las gambas o los langostinos. Al ser un pigmento liposoluble se incorpora en las membranas celulares. (Meyers, 2016)

2.6. Componentes estructurales para la explotación larvaria

El control automático ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. El control automático se ha convertido en una parte importante e integral en los sistemas de vehículos espaciales, en los sistemas robóticos, en los procesos modernos de fabricación y en cualquier operación industrial que requiera el control de temperatura, presión, humedad, flujo, etc. Es deseable que la mayoría de los ingenieros y científicos estén familiarizados con la teoría y la práctica del control automático. (Ogata, 2010)

La teoría de control moderna se basa en el análisis en el dominio temporal de los sistemas de ecuaciones diferenciales. La teoría de control moderna simplificó el diseño de los sistemas de control porque se basa en un modelo del sistema real que se quiere controlar. Sin embargo, la estabilidad del sistema depende del error entre el sistema real y su modelo. (Ogata, 2010)

Esto significa que cuando el controlador diseñado basado en un modelo se aplica al sistema real, éste puede no ser estable. Para evitar esta situación, se diseña el sistema de control definiendo en primer lugar el rango de posibles errores y después diseñando el controlador de forma que, si el error del sistema está en dicho rango, el sistema de control diseñado permanezca estable. El método de diseño basado en este principio se denomina teoría de control robusto. (Ogata, 2010)

2.6.1. Sistema eléctrico para el control de cría de larvas de camarón

La calidad de los nauplios dependerá del sistema empleado para su producción. La naturaleza vulnerable del proceso obliga a la aplicación de sistemas con altos niveles de precisión en la medición de la temperatura y salinidad del medio. (Treece & Yates, 1993)

Así mismo, la automatización del sistema nutricional de los tanques o piscinas, es un aspecto clave. El control absoluto de la dosificación de balanceados y otros nutrimentos, juegan un rol preponderante en los resultados obtenidos dentro del proceso de cría en cautiverio de larvas de camarón para abastecer la cadena. (Cervantes, 2001) En este contexto, es indispensable diagramar el tipo del sistema integral que debe estructurar un sistema automatizado para la producción de larvas de camarón, considerando para este efecto cada una

de las etapas y los factores incidentes para registrar un proceso productivo adecuado y eficiente.

La base fundamental del sistema automatizado para la producción de larvas de camarón, estará directamente influenciado por la eficiencia del sistema eléctrico utilizado. De allí, la necesidad imperiosa de contar con el mejor sistema posible, empleando componentes de calidad, cálculos adecuados e instalación apropiada. (Aguilera, 1998)

2.6.2. Sistema de control de temperatura en tanques

La calidad del agua de un estanque en el campo de la acuicultura tiene un papel muy importante para el éxito del cultivo o crianza de camarones. Los parámetros del agua son variables que pueden afectar la salud del animal o afectar en un crecimiento tardío y una reproducción lenta. (Flores & Pizarro, 2018)

Los parámetros del agua se miden comúnmente de manera manual con la ayuda de instrumentos de medición para conocer su estado. Los datos de las mediciones permiten notar cambios y tomar decisiones ante emergencias. (Flores & Pizarro, 2018)

Los parámetros del agua se miden comúnmente de manera manual con la ayuda de instrumentos de medición para conocer su estado. Los datos de las mediciones permiten notar cambios y tomar decisiones ante emergencias. (Flores & Pizarro, 2018)

Las primeras fases del sistema obligan al productor a tener una temperatura óptima de 28.5 °C, mientras que esta temperatura debe incrementarse a 31

°C durante la fase de eclosión. Por estos factores, el sistema debe contar con un estricto control sobre los parámetros de temperatura en cada una de las fases.

2.6.3. Sistema de control de salinidad en tanques

Dentro de los parámetros sustanciales para medir la calidad del agua de un estanque, juega un rol indispensable la salinidad del medio. El agua en la fase inicial (camarón adulto), viene desde el mar con 35 ppm, mientras que el uso óptimo para el desarrollo del sistema larvario debe ser de 30 ppm. (Garnica, 2016)

En este contexto, el sistema debe contar con un procedimiento que reduzca la salinidad del agua. Para este fin se debe diseñar el mecanismo adecuado en función de la disponibilidad tecnológica y logística que se disponga. (Cantón, Delgado, & Hernández, 2010)

Usualmente, el sistema de control de salinidad depende de una bomba peristáltica para dosificación de agua salada y dulce, de este modo se equilibra la concentración salina, dotando al medio del nivel adecuado que garantice el normal desarrollo de las larvas. (Curbelo *et al.*, 2011)

Es esencial la toma diaria de las variables físico-químicas y biológicas de cada estanque de la Camaronera. Los datos representan una fotografía instantánea de la situación del medio de cría. Como el médico se basa en los resultados de análisis de laboratorio para hacer su diagnóstico y recetar un medicamento, el camaronero debe basarse sobre los datos del medio de cría para identificar los problemas y determinar las acciones

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL

3. Ubicación Geográfica del proyecto

Los laboratorios de larvas de camarón del Grupo LARDEMA se encuentran ubicados en Manta, Ecuador. Cuenta con cinco módulos como son Módulo San Juan (200 millones de larvas por corrida), Módulo San Ignacio (100 millones de larvas por corrida), Módulo San Pedro (100 millones de larvas por corrida), Módulo San Mateo A (120 millones de larvas por corrida), Módulo Mateo B (120 millones de larvas por corrida).

Cada uno de los módulos cuenta con una producción promedio de 150 millones de larvas por corrida. El módulo San Juan tiene una capacidad de 200 millones de larvas, pero por seguridad biológica se explotan 180 millones de larvas por corrida. Se ubica en el Km 1.5 Vía a San Juan en la ciudad de Manta. (LARDEMA, 2018)

3.1.1. Estructura del laboratorio

El laboratorio se compone estructuralmente de los siguientes componentes:

3.1.1.1. Reservorio de agua salada (600 Tn agua).

Es el reservorio principal de agua salada, en el cual se almacena toda el agua a utilizar para la siembra y cosecha de larvas en el laboratorio modulo San Juan. Está cubierto por un *liner* el cual protege el agua de bacterias y otros microorganismos, se requiriere de 30 viajes de tanquero de capacidad de 30 toneladas de agua para llenar este reservorio. El agua aquí no es tratada solo se almacena.



Figura 3.1. Reservorio de Agua Salada
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.2. Reservorios de agua salada con *butch* (70 Tn agua).

Estos reservorios tienen una capacidad de 70 ton de agua, la misma que pasa por tuberías impulsada por una bomba la cual comienza a distribuir el agua en cada uno de los cuatro reservorios, dentro en cada reservorio hay unos filtros o bolsas llamadas *butch* por las cuales pasa el agua y recircula y tratada con otros químicos para que esté limpia y así poder ser distribuida a los tanques de concreto. todo el proceso de filtrado lleva de 2 a 3 días.



Figura 3.2. Reservorios de agua salada con *butch*
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.3. Patio de embarque y desembarque

En el área de desembarque se dispondrán los diferentes vehículos que ingresan para cargar la larva. La carga se produce a través de cajas o tinas, en donde la larva va distribuida.



Figura 3.3. Patio de embarque y desembarque
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.4. Cuarto de análisis larvario

En el cuarto de análisis se realizan pruebas de microscopio larvario para poder observar el crecimiento de la larva en cada etapa. En caso de anomalías, los biólogos encargados reportarán o tomarán acciones correctivas con la finalidad de mantener el adecuado desarrollo de los nauplios.



Figura 3.4. Cuarto de análisis larvario
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.5. Oficina administrativa del laboratorio

Dentro de la oficina de efectúa la contabilidad de insumos u otras actividades legales relacionadas al laboratorio y facturación de larva vendida en cada corrida.



Figura 3.5. Oficina administrativa del Laboratorio
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.6. Comedor de laboratorio, capacidad para 15 personas

En el área de comedor, se alimenta al personal del laboratorio y choferes u otros invitados que estén en los días de cosecha.



Figura 3.6. Comedor de laboratorio
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.7. Cuartos de Empleados, capacidad para 8-10 personas

Son habitaciones con literas para capacidad de 10 personas, son utilizadas por el personal, choferes, biólogos extranjeros, entre otros.



Figura 3.7. Cuartos de Empleados
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.8. 18 tanques de concreto recubiertos con liner (12 mill. de larvas)

Los tanques de concreto de siembra van cubiertos por un plástico especial denominado *liner*, el cual protegerá a los nauplios durante dicho proceso de crecimiento. Cada tanque es enumerado para poder organizar las jornadas de trabajo entre el personal y no haya confusión alguna.



Figura 3.8. Tanques de concreto recubiertos con *liner*
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.9. Área de siembra

En el área de siembra se ubican los tanques que contendrán los nauplios durante la primera fase del proceso.



Figura 3.9. Área de siembra
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.10. Tanques de sembrado

En este medio crecerán los nauplios, controlando los parámetros seleccionados durante todo el proceso. Irán cubiertos de un plástico grueso de un material especial para protegerlos de variaciones climáticas.



Figura 3.10. Tanques de sembrado
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.11. Área de micro algas marinas

Las microalgas se mantienen en tanques pequeños de concreto, cubiertos de liner. Estas algas son fundamentales en la dieta líquida en las primeras etapas de la larva, es distribuida de manera equitativa en los tanques sembrados cada jornada de alimentación.



Figura 3.11. Área de Micro algas marinas
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.12. Área de insumos

En esta área se realiza el inventario de todos los balanceados, probióticos y aditivos para la dosificación de alimento para el proceso de cría larvario.



Figura 3.12. Área de insumos
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.13. Área de cría de artemia

En estos tanques se cría artemia que es un tipo de crustáceo el cual es rico en proteínas, es esencial en todo el proceso de alimentación, para dieta líquida y seca.



Figura 3.13. Área de cría de artemia
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.14. Bodega

Dentro de la bodega se guarda todo tipo de equipos de limpieza, congeladores y cajas vacías utilizadas al momento de despachar.



Figura 3.14. Bodega
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.1.15. Área de despacho

Área limitada para el conteo de cajas y despacho de larvas.



Figura 3.15. Área de despacho
Fuente: LARDEMA (2018)

3.1.2. Capacidad instalada

La capacidad instalada máxima de siembra del Módulo San Juan es de 200 millones de larvas, pero por razones técnicas se siembran hasta 180 millones, con una producción del 70-75% de sobrevivencia (LARDEMA, 2018).

3.2. Diseño eléctrico de sistema de control automatizado

El diseño eléctrico es la base fundamental para la conexión y comunicación de un sistema de control automatizado. Representa la sincronización y nivel de exactitud del protocolo sobre un proceso productivo, incrementando de manera sistemática las actividades desarrolladas (Wicki, 2016).

Un sistema eléctrico debe estructurar de manera armónica dos cosas: el uso adecuado de cada componente y la calidad adecuada de los componentes, garantizando así, la sostenibilidad del sistema (Cervantes, 2001).

La primera parte determina la eficiencia de cada componente en virtud de la función cumplida, mientras que la segunda parte determina la durabilidad,

solidez y sostenibilidad del sistema. Este último punto es muy significativo para el desarrollo de un alto nivel de precisión, garantizado un proceso productivo de calidad y una rentabilidad apropiada (Segura & Carbajal, 2018).

3.2.1. Simulación de las conexiones del PLC en programa CADE SIMU

Se procede hacer las conexiones tanto de control como de fuerza del sistema en PLC LOGO V8 en el programa CADE SIMU. Se registran como elementos del circuito los siguientes componentes:

- Disyuntor monofásico (1)
- Fuente del CPU PLC (1)
- PLC LOGO V8 (1)
- Pulsador normalmente abierto (2): conectados (I1 para marcha de todo el proceso) (I5 activa solo el proceso de riego).
- Pulsador normalmente cerrado: conectados (i2 paro de emergencia de todo el sistema)
- Detectores inductivos (2): conectados simulando sensor de temperatura y de salinidad en ese orden (IA2 sensor de temperatura) (IA3 sensor de salinidad).

Estas entradas analógicas físicamente se las encuentra como: I2 = IA2, I3 = IA3. Con esto queremos decir que este módulo tiene entradas configurables para trabajar tanto digital como analógicamente. Salida digital adicional (1): Se referencia una expansión adicional ya que el PLC LOGO V8 tiene 4 salidas a relés y nuestro sistema posee 5 salidas

Relé de estado sólido SSR (5): este módulo va conectado a las salidas del PLC LOGO V8, teniendo dos lados de conexión, la parte de DC va conectada a las salidas del PLC LOGO V8 y la parte de AC conectada a la carga referenciando en las salidas (actuadores: motores, bombas para agua dulce o salada, resistencias eléctricas para el calentamiento del agua, peltier enfriamiento).

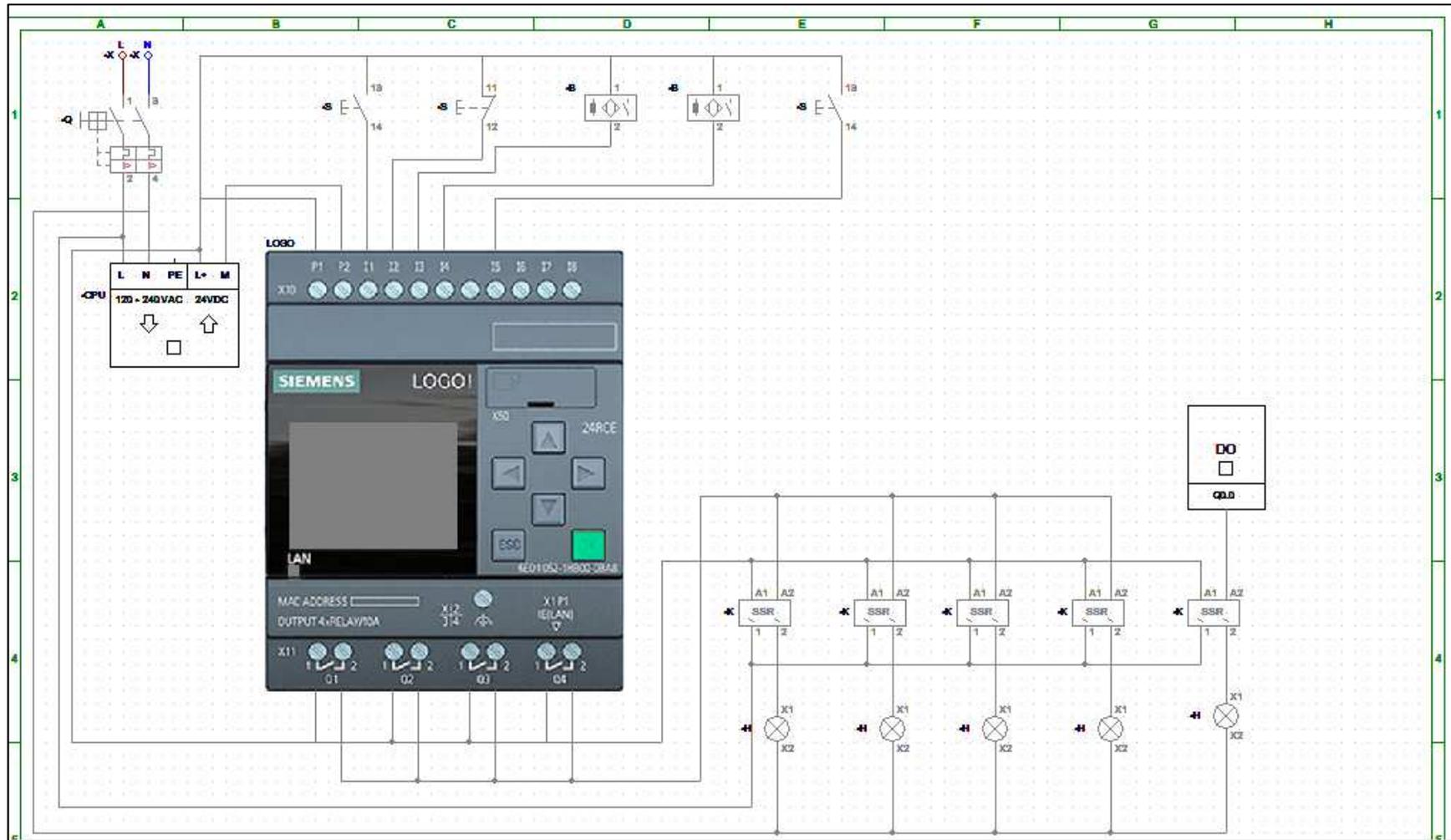


Figura 3.16. Diagrama de circuito de fuerza 220V monofásico. Fuente: El autor, (2019)

En la imagen se procede al inicio del sistema el cual vemos que se enciende la pantalla del PLC LOGO v8 y su entrada i2 de paro del sistema.

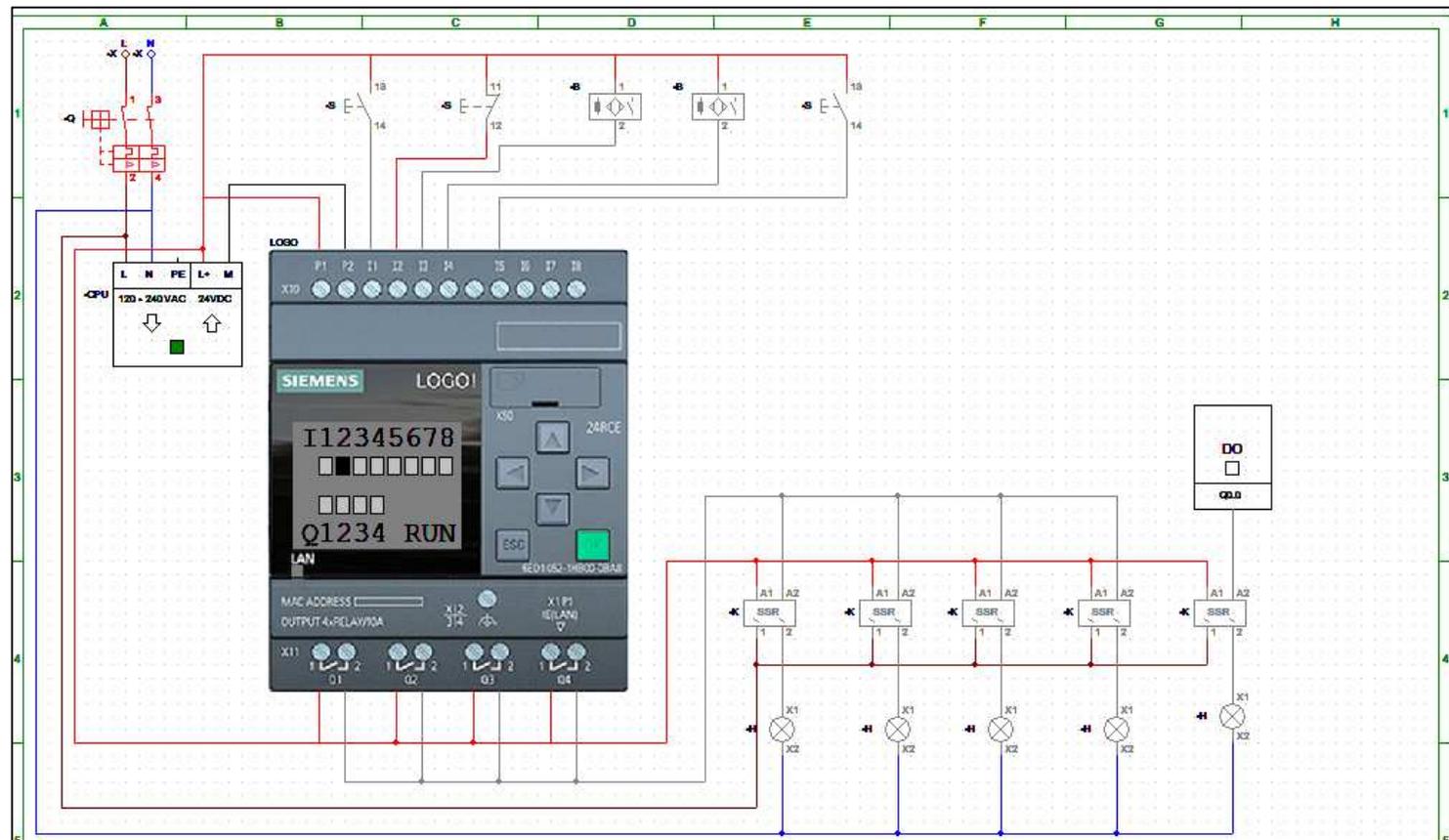


Figura 3.17. Simulación de conexión del sistema en CADE SIMU. Fuente: El autor, (2019)

En este caso tenemos 3 motores (bombas para sistema de agua dulce, agua salada, sistema de riego).

Componentes: Guardamotor (3): protege el motor en caso de superar la corriente nominal del motor, en este caso sus salidas son (Q3, Q4, Q5). Contactores: Q3, Q4, Q5.

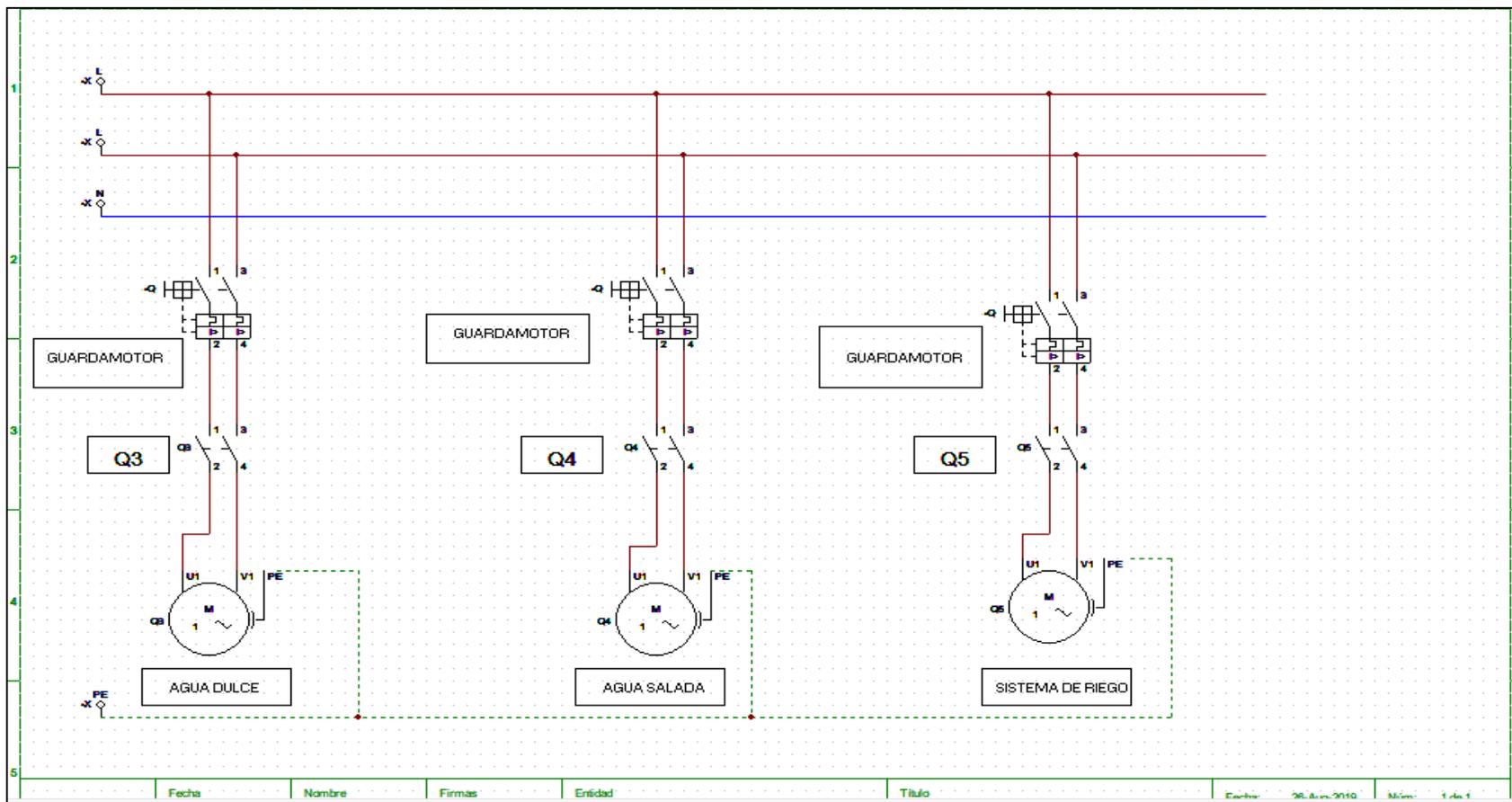


Figura 3.18 Circuito de fuerza. Fuente: El autor, (2019)

Circuito de control en programa FESTO FLUID SIM – p

Es el circuito del sistema de riego el cual tenemos dos tiempos de temporización un tiempo t1 para el encendido de la bomba cada 4 horas, después de 4 horas tendrá un tiempo de temporización t2 de apagado y el ciclo se repite para cumplir con las condiciones del sistema.

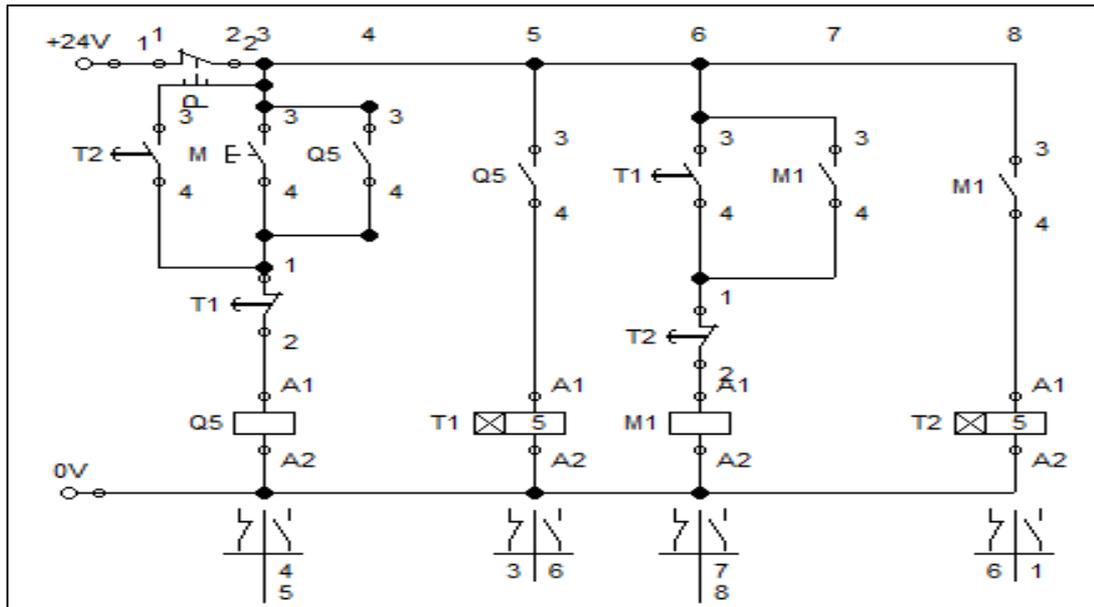


Figura 3.19. Circuito de control en programa FESTO FLUID SIM – p. Fuente: El autor, (2019)

3.3. Diseño de sistema de control de temperatura en tanques

A continuación, se presenta el protocolo del sistema de control de temperatura en tanques:

- Consta de dos entradas digitales: I1 Marcha, I2 Paro.
- Una entrada analógica: AI1 que es la que vendría a ser el sensor que va a condicionar la temperatura del agua del tanque.
- Dos salidas digitales: Q1 calentador de agua, Q2 enfriador de agua.
- Valores umbrales de calentador de agua:
 - Encendido: 0 grados
 - Apagado: 33 grados
- Valores umbrales de Enfriador de agua:
 - Encendido: 34 grados
 - Apagado: 33 grados
- Al presionar Marcha o I1 se enciende el sistema, se encuentra la entrada analógica o AI1 que va medir la temperatura del agua. El calentador se activará si el sensor marca 0 a 33 grados, una vez que llegue a 33 se apagará.
- En caso contrario que la temperatura del ambiente haga aumentar el sensor a más de 34 grados se activara el enfriador de agua para disminuir

la temperatura del agua del tanque y se apagara cuando este alcance los 33 grados centígrados de nuevo.

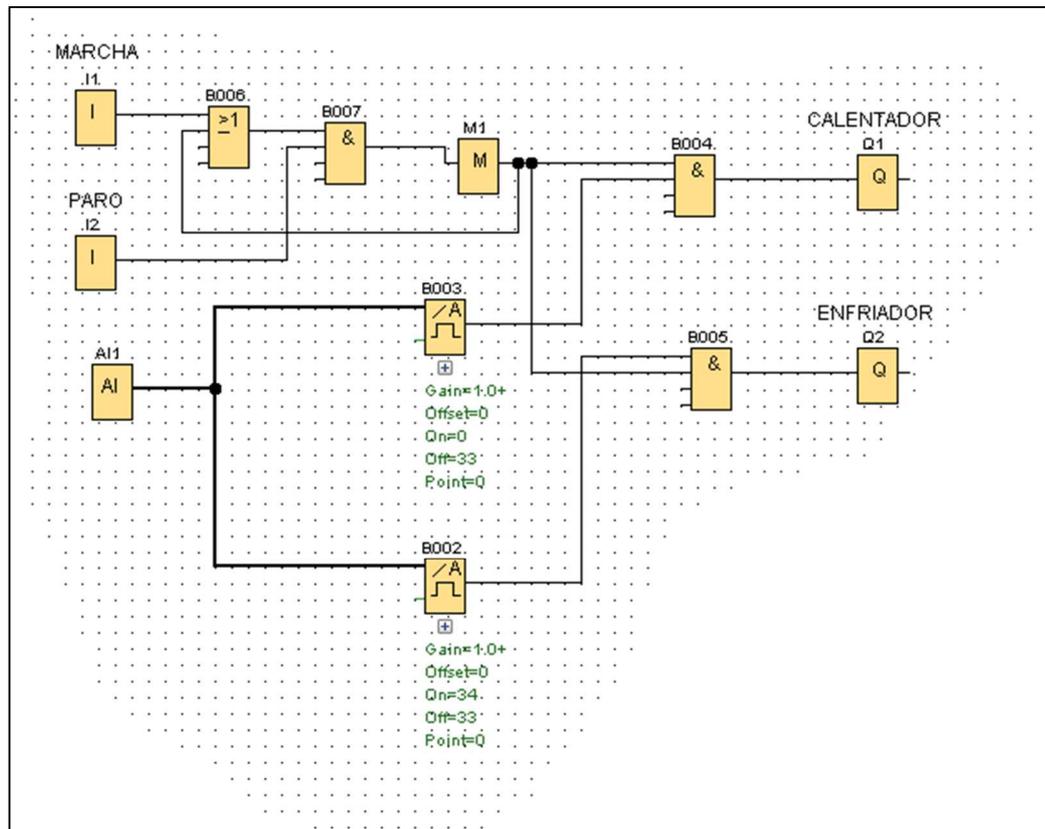


Figura 3.20. Diseño de Sistema de control de temperatura en tanques.
Fuente: El autor, (2019)

3.4. Sistema de control de salinidad

A continuación, se presenta el protocolo del sistema de control de salinidad en tanques:

- Consta de dos entradas digitales: I3 Marcha, I4 Paro.
- Una entrada analógica: AI3 (sensor condicionante de la salinidad del agua del tanque).
- Dos salidas digitales: Q3 Bomba de agua dulce, Q4 Bomba de agua salada.
- Valores umbrales de bomba de Agua Dulce:
- Encendido: 31 ppt (partes por toneladas) o 31%
- Apagado: 30 ppt (partes por toneladas) o 31%
- Valores umbrales de bomba de agua salada:
- Encendido: 0 ppt (partes por toneladas) o 0%
- Apagado: 30 ppt (partes por toneladas) o 30%
- Al presionar Marcha o I3 se enciende el sistema, se encuentra la entrada analógica o AI2 que va medir el porcentaje de salinidad del agua. El reservorio de agua salada cuenta con una bomba que se

activará si el sensor marca 0 a 30%, una vez que llegue a 30% se apagará.

- En caso contrario si el sensor marca un nivel de salinidad mayor a 31%, se activará la bomba del reservorio de agua dulce para disminuir la salinidad y se apagará una vez que el sensor marque los 30 ppt o 30% de nuevo.

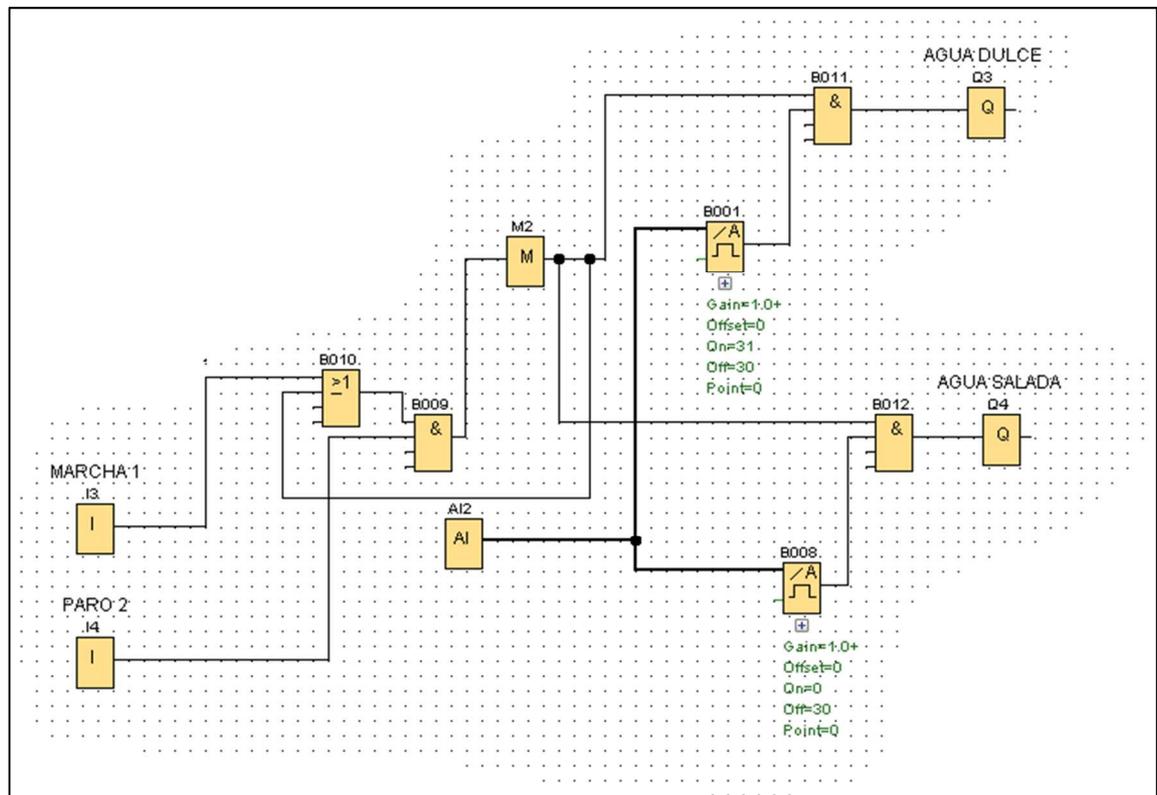


Figura 3.21. Diseño de Sistema de control de salinidad en tanques

3.5. Sistema de Dosificación de alimento

A continuación, se define el protocolo del sistema de control de dosificación de alimento en tanques:

- Consta de una entrada digital: I5 Marcha.
- Una salida digital: Q5
- Un temporizador M3
- Tiempo de conexión: 5sg
- Tiempo de desconexión: 4sg
- Retardo de conexión M3 o temporizador #1:
- Encendido: 0 sg
- Apagado: 5sg
- Retardo de conexión M4 o temporizador #2:
- Encendido: 0sg
- Apagado: 5sg

Al pulsar I5 o Marcha se inicia el sistema, el temporizador comienza a correr y cuando marque 5 sg se activará la bomba o la salida Q5 que dosificará el alimento al tanque, pasan 4 sg y se desactivará Q5.

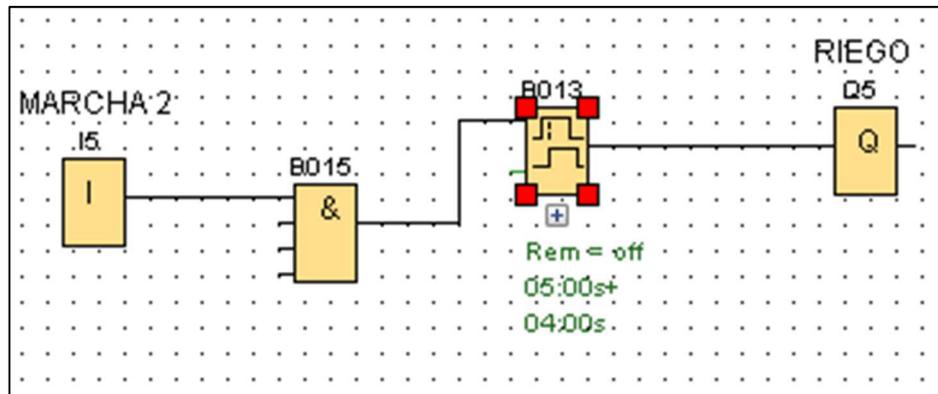


Figura 3.22. Sistema de Dosificación de Alimento. Fuente: El autor, (2019)

Al unificar el sistema contará con dos temporizadores M3 y M4, se encenderá en 0 sg y se apagará en 5 sg respectivamente.

Se inicia el sistema con I5 o marcha, el temporizador de M3 comienza a correr y cuando llegue a 5 sg se encenderá M3 y apagará Q5, cuando se enciende M3 comenzara a correr el temporizador de M4 y cuando marque 5 sg se encenderá momentáneamente para activar Q5 y también nuevamente comenzara a correr el temporizador de M3. El ciclo se vuelve a repetir nuevamente. Con esto representará las jornadas de alimentación en el proceso larvario.

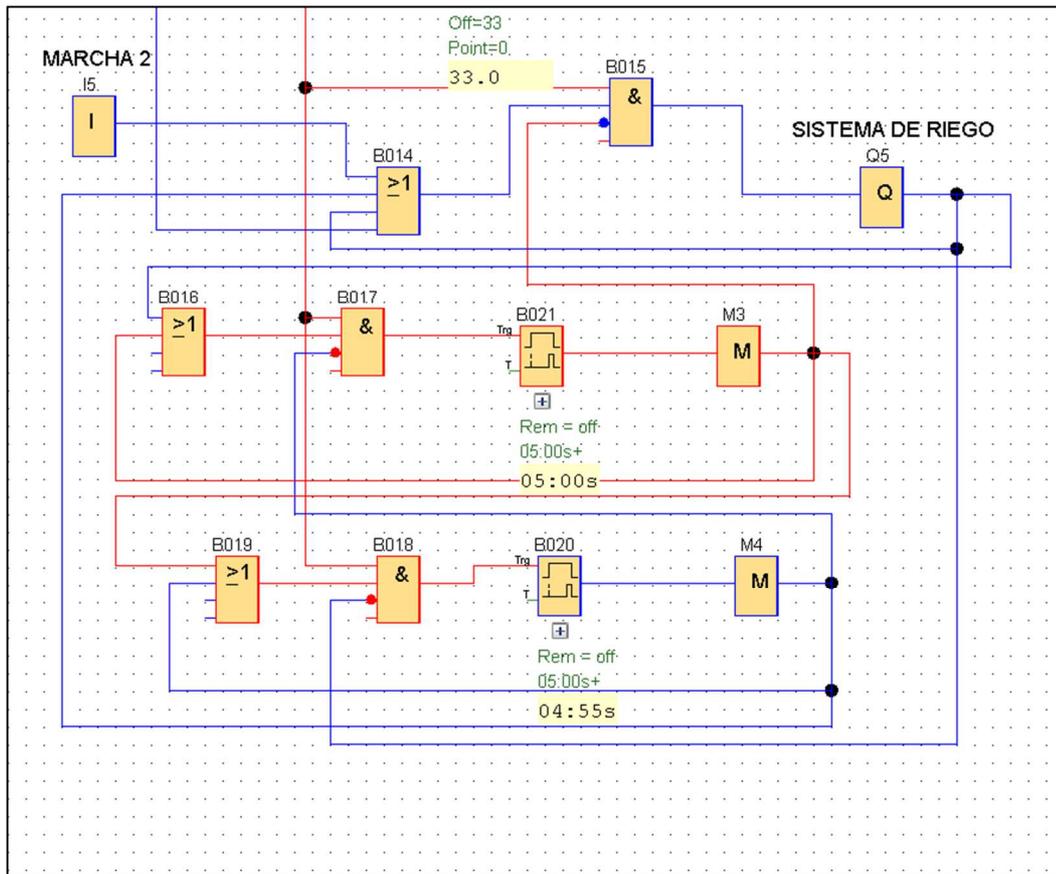


Figura 3.23. Sistema de control de alimento unificado. Fuente: El autor, (2019)

3.6. Sistema de control de dosificación unificado

Un sistema control unificado tiene como prioridad ejecutar de manera integral y armónica, las órdenes de cada uno de los sistemas (Wicki, 2016). A continuación, se caracteriza a cada uno de los componentes del sistema:

3.6.1. Componentes empleados para el sistema de control unificado

Logo 8 (230 RCE 12 / 24 VDC)

El LOGO 8 comprende una buena herramienta para las tareas de automatización básica. Destacable por su capacidad de integración en buses estándares industriales, así como en KNX, bus específico para automatización del sistema.



Figura 3.24. Logo 8
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Cable calibre 20 AWG 100MTS

Cable calibre 20 sirve para la transmisión de la energía entre componentes. Mientras mayor sea el calibre, mejor calidad tendrá el cable en su funcionamiento.



Figura 3.25. Cable calibre 20 AWG
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Sensor de salinidad PCE - PH 30

Sensor de salinidad PCE será utilizado para detectar el nivel de concentración salina en el agua entrante al tanque. A través del sensor se obtendrá información oportuna para el encendido de la bomba peristáltica de regulación salina.



Figura 3.26. Sensor de salinidad PCE - PH 30
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Sensor de temperatura PT100 TIPO K

El sensor de temperatura medirá la temperatura del agua durante el proceso. A través de este implemento se evidenciará el momento justo en el que el agua reduzca o incremente su temperatura de los que se requiere para un proceso de cría eficaz.



Figura 3.27. Sensor de temperatura PT100 TIPO K
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Bomba peristáltica para dosificación balanceado

La bomba peristáltica tendrá utilidad en la dosificación sincronizada y oportuna del alimento surtido en los tanques. A través de su activación se obtendrá precisión en la cantidad de alimento y la puntualidad de la aplicación del mismo.



Figura 3.28. Bomba peristáltica para dosificación balanceado
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Resistencia eléctrica 220V 5500 W

La resistencia eléctrica tiene utilidad para la regulación eléctrica de los circuitos dentro del sistema.



Figura 3.29. Resistencia eléctrica 220V 5500 W
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Breaker MCB

El Breaker MCB sirve para la regulación de la electricidad que entre al sistema. A través de este dispositivo se podrá mantener la sostenibilidad eléctrica del programa.



Figura 3.30. Breaker MCB
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Relé de estado sólido

El relé tendrá utilidad como interruptor electrónico en la conmutación del paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control.



Figura 3.31. Relé de estado solido
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Tablero de control

El tablero de control se empleará para emitir las órdenes en el control del sistema. Este tipo de control determinará el éxito del sistema.



Figura 3.32. Tablero de control
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Peltier

El *Peltier* hará pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura.

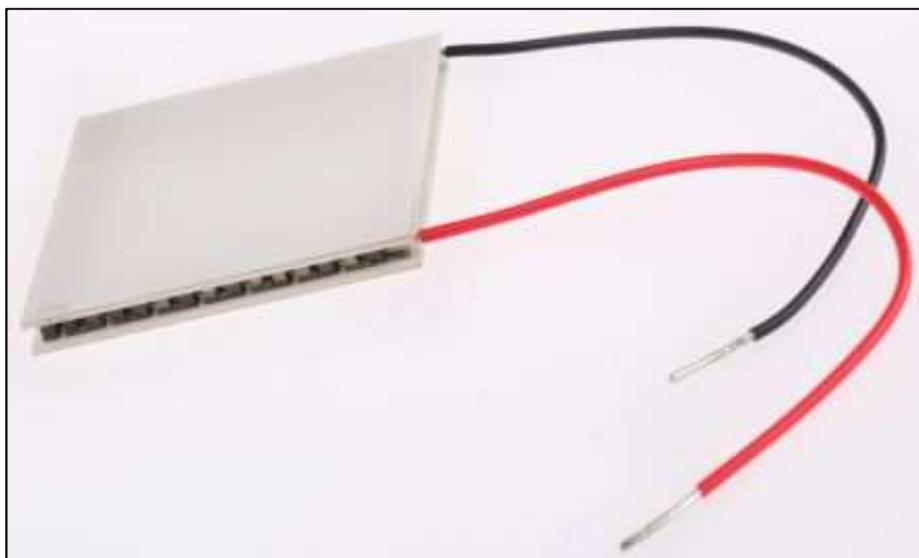


Figura 3.33. Peltier
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Bomba peristáltica para dosificación de agua salada

La bomba peristáltica para dosificación de agua salada se activará cuando exista un nivel salino por debajo del deseado en cada tanque.



Figura 3.34. Bomba peristáltica para dosificación de agua salada
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

Bomba peristáltica para dosificación de agua dulce

Al contrario, la bomba peristáltica para dosificación de agua dulce se activará cuando exista un nivel salino excesivo al deseado en cada tanque.



Figura 3.35. Bomba peristáltica para dosificación de agua dulce
Fuente: Lightner y Pantoja (2001)

3.6.2. Pruebas de simulación el LOGO V8

Al unificar el diseño de control se conservan las siguientes entradas digitales y analógicas con sus valores umbrales.

- I1: Marcha Sistema de temperatura
- I2: Paro Sistema de temperatura
- I3: Marcha sistema de salinidad
- I4: Paro sistema de salinidad
- I5: Control independiente dosificación de alimento
- Entradas analógicas:
- AI1: Sensor Temperatura
- AI2: Sensor Salinidad

3.6.3. Marcas internas

Las marcas digitales internas regulan la automatización del sistema con la finalidad de distribuir con precisión cada proceso.

- M1: Marca de sistema de temperatura
- M2: Marca de sistema de salinidad
- M3: marca de temporizador #1 de dosificación
- M4: Marca de temporizador #2 de dosificación
- Valores Umbrales Calentador o Q1:
- Encendido: 0 grados
- Apagado: 33 grados
- Valores umbrales Enfriador o Q2:
- Encendido: 34 grados
- Apagado: 33 grados
- Valores umbrales bomba de agua dulce o Q3:
- Encendido: 31 ppt
- Apagado: 30 ppt
- Valores umbrales bomba de agua salada o Q4:
- Encendido: 0 ppt
- Apagado: 30 ppt
- Retardo de conexión M3 o temporizador #1:
- Encendido: osg
- Apagado: 5sg
- Retardo de conexión M4 o temporizador #2:
- Encendido: 0sg
- Apagado: 5sg
- Salidas digitales:
- Q1: calentador de agua
- Q2: Enfriador de agua

- Q4: bomba de agua salada

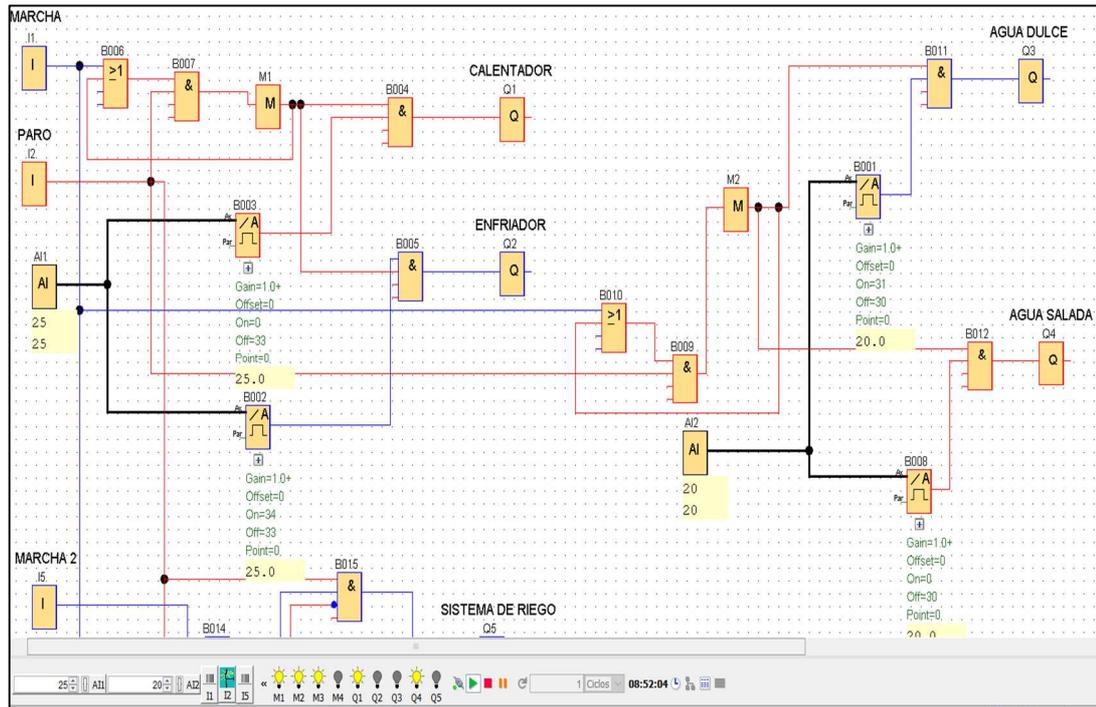


Figura 3.36. Se observa Q1 y Q4 encendidos, con los valores umbrales de AI1 en 25 grados y AI2 en 20ppt. Fuente: El autor, (2019)

3.7. Aplicabilidad económica del diseño

De acuerdo con la tabla 3.1, el presupuesto general para la siembra de 10 millones de larvas es de \$ 6500. Entre los principales rubros se constata la semilla (larvas) a un costo de \$ 250 por cada millón. Los insumos como balanceado, aditivos, la artemia, las algas, entre otros, con un valor total de \$ 4000.

Tabla 3.1. Presupuesto general (siembra 10 millones de larvas)

COSTO DE PRODUCCIÓN POR TANQUE (10 MILLONES DE LARVAS)				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
SEMILLAS (larvas)	larvas	10	250	2500
INSUMOS (Aditivos, balanceado, artemia, algas)	varios	1	4000	4000
T. SUMATORIA DE COSTOS				6500.00

Fuente: El autor, (2019)

En la tabla 3.2, se registra el presupuesto utilizado para la implementación del sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón. Se

registran valores por el logo 8 (\$ 185), 100 metros de cable calibre 20 (\$ 50), sensor de salinidad (\$ 400), sensor de temperatura (\$ 30), bomba peristáltica para dosificación de balanceado (\$ 1000), resistencia eléctrica (\$ 80), breaker (\$ 5), relé de estado sólido (\$ 160), tablero de control (\$ 150), peltier (\$ 30), bomba peristáltica para dosificación de agua salada (\$ 1000), bomba peristáltica para dosificación de agua dulce (\$ 1000).

Para la implementación del sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón, se consideró una inversión total de \$ 4090.00.

Tabla 3.2. Presupuesto sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas

MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
LOGO 8 (230 RCE 12 / 24 VDC)	1	\$ 185.00	\$ 185.00
CABLE CALIBRE 20 AWG 100MTS	1	\$ 50.00	\$ 50.00
SENSOR DE SALINIDAD PCE - PH 30	1	\$ 400.00	\$ 400.00
SENSOR DE TEMPERATURA PT100 TIPO K	1	\$ 30.00	\$ 30.00
BOMBA PERISTÁLTICA PARA DOSIFICACIÓN DE BALANCEADO	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
RESISTENCIA ELÉCTRICA 220V 5500 W	1	\$ 80.00	\$ 80.00
BREAKER MCB	1	\$ 5.00	\$ 5.00
RELÉ DE ESTADO SÓLIDO	4	\$ 40.00	\$ 160.00
TABLERO DE CONTROL	1	\$ 150.00	\$ 150.00
PELTIER	1	\$ 30.00	\$ 30.00
BOMBA PERISTÁLTICA PARA DOSIFICACION DE AGUA SALADA	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
BOMBA PERISTÁLTICA PARA DOSIFICACION DE AGUA DULCE	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
TOTAL			\$ 4,090.00

Fuente: El autor, (2019)

De acuerdo con la tabla 3.3, el costo variable entre el tanque con diseño y sin diseño es de \$ 930. La variación se fundamenta en la diferencia de costos para el control de temperatura, la diferencia de costos para el control de la salinidad y la diferencia para el control de la alimentación.

Tabla 3.3. Costos variables (comparativo con diseño-sin diseño)

Costos variables de insumos (con diseño-sin diseño)					
DETALLE	Control de temperatura de tanques	Control de salinidad en tanques	Control de riego para alimentación	Salario para administración y control	Total
SIN DISEÑO	300	1200	860	2500	4860
CON DISEÑO	530	2400	1160	1700	5790

Fuente: El autor, (2019)

Según la tabla 3.4, existe una utilidad neta de \$ 7260.00 con la aplicación del diseño, mientras que sin la intervención se tiene una utilidad neta de \$ 5890.00.

Tabla 3.4. Análisis económico

Detalle	TRATAMIENTOS	
	SIN DISEÑO	CON DISEÑO
Beneficio Bruto (\$/T)	17250.00	19550.00
Total costos que varían	4860	5790
Costos fijos	6500.00	6500.00
Beneficios Netos	5890.00	7260.00

Fuente: El autor, (2019)

De acuerdo con la tabla 3.5, existe una utilidad neta marginal de \$ 1370.00 con la aplicación del diseño por cada ciclo de siembra (30 días). Con el nivel de utilidad marginal mencionado, se recuperará la inversión después de tres ciclos o tres meses.

Tabla 3.5. Utilidad neta Marginal

CICLO (30 DÍAS)	UTILIDAD NETA (SD)	UTILIDAD NETA	
		(CD)	DIFERENCIA
CICLO 1	5890.00	7260.00	1370.00
CICLO 2	5890.00	7260.00	1370.00
CICLO 3	5890.00	7260.00	1370.00
	TOTAL		4110.00

Fuente: El autor, (2019)

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El diseño del sistema de control térmico se efectuó a través de la instalación de sensores y alarmas con rangos para alerta de las bajas o altas temperaturas en los tanques de cría de las larvas. El sistema eléctrico que fundamenta el sistema de control térmico, cuenta con entradas analógicas físicamente se las encuentra como: I2 = IA2, I3 = IA3. Para el diseño de la salida digital adicional (1) Se toma como referencia a una expansión adicional ya que el PLC LOGO V8 tiene 4 salidas a relés y el presente sistema posee 5 salidas.
- El diseño de sistema digital que regula los niveles de alcalinidad del agua en los reservorios, se compone de un sensor que diagnostica la salinidad del agua al ingreso al tanque. AI3 (sensor condicionante de la salinidad del agua del tanque), dos salidas digitales Q3 Bomba de agua dulce, Q4 Bomba de agua salada, activando la bomba peristáltica para dosificación de agua salada, manteniendo un medio de hasta el 30 % y la bomba de agua dulce cuando el nivel se incrementa por sobre el 31 % de salinidad, apagándose cuando se registre el 30 % en todo el tanque.
- El sistema de riego de alimentación para dieta líquida y seca diseñado, funciona al pulsar I5 o Marcha se inicia el sistema, el temporizador comienza a correr y cuando marque 5 sg se activará la bomba o la salida Q5 que dosificará el alimento al tanque, pasan 4 sg y se desactivará Q5. Al unificar el sistema contará con dos temporizadores M3 y M4, se encenderá en 0 sg y se apagará en 5 sg respectivamente.

4.2. Recomendaciones

- Establecer un sistema de control térmico para la producción larvaria de camarones a mayor y menor escala. De este modo, se aportará con futuros estudios que puedan desarrollar módulos a escala para la posible implementación del sistema en pequeños y grandes laboratorios productores de larvas de camarón.
- Establecer futuros estudios que adopten diferentes tipos de tecnologías relacionados con la regulación de los niveles de alcalinidad del agua en los reservorios. De esta forma se podrá contribuir con la replicación del sistema en laboratorios con menor capital para la inversión, fomentando el desarrollo empresarial de los Microproductores.
- Desarrollar futuras investigaciones que adopten el sistema de riego de alimentación diseñado, empleando escalas más pequeñas con la finalidad de beneficiar a laboratorios de menor tamaño. De esta manera se podrá contribuir positivamente en el desarrollo del sector productivo, desde una perspectiva socioeconómica, fomentando la economía popular y solidaria.

Bibliografía

- AGROANDES. (2019). *Az larva*. Obtenido de <https://agroandres.com.ec/producto-agropecuario/dietas-liquidadas-y-alimentos-secos/ez-larva/>
- Aguilera, M. (1998). Los cultivos de camarones en la costa Caribe colombiana. *Serie Documentos de Trabajo sobre Economía Regional, 2*.
- Aguilera, M. (1998). Los cultivos de camarones en la costa Caribe colombiana. *. Serie Documentos de Trabajo sobre Economía Regional, 2-3*.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme.
- Brock, J., & Bullis, R. (2001). Disease prevention and control for gametes and embryos of fish and marine shrimp. *. Aquaculture, 197(1-4), 137-159*.
- Calderón, J. (2016). *El estado actual de la acuicultura en Ecuador y perfiles de nutrición y alimentación*. Guayaquil: Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas.
- Cámara Nacional de Acuicultura. (31 de julio de 2019). *Estadísticas*. Obtenido de <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Cantón, M., Delgado, G., & Hernández, T. (2010). Disponibilidad alimentaria del camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*), en zonas de cría del golfo de Ana María, Sureste de Cuba. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, 11(3), 1-8*.
- Cervantes, U. (2001). *Diseño de un sistema de tratamiento de agua*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

- Cuéllar, J., Lara, C., Morales, V., De Gracia, A., & García, O. (2010). *Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco Penaeus vannamei*. Cartagena: Camarones.
- Curbelo, R., Leal, S., Núñez, N., & Almaguer, Y. (2011). Alimentación de las primeras postlarvas de camarón *Litopenaeus schmitti* con una especie de diatomea bentónica. *Revista de Investigaciones Marinas*, 27(3), 231-236.
- FAO. (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Visión general del sector acuícola nacional: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es
- FAO. (2016). *Ecología y ciclos vitales del camarón*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ad015s/AD015S02.htm>
- FAO. (2017). *Las formas Larvales*. Obtenido de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es
- Flores, S., & Pizarro, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26, 55-64.
- Garnica, F. (2016). *Rediseño de un Sistema térmico para la producción de nauplios de camarón*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97065/D-CD88353.pdf>
- Godínez, D., Chávez, M., & Gómez, S. (2011). Acuicultura epicontinental del camarón blanco del pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 55-62.
- Gross, P., Bartlett, T., Browdy, C., Chapman, R., & Warr, G. (2001). Immune gene discovery by expressed sequence tag analysis of hemocytes and

hepatopancreas in the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, and the Atlantic White Shrimp, *L. setiferus*. *Developmental & Comparative Immunology*, 25(7), 565-577.

LARDEMA. (2018). *Evaluación del sistema productivo de larvas de camarón*. Manta: LARDEMA.

larvaria, L. d. (2007).

Lightner, D., & Pantoja, C. (2001). Bioseguridad en el cultivo de camarones. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. *MC, Haws y CE, Boyd (eds)*, 123-165.

Limsuwan, C. (2005). Cultivo intensivo de camarón blanco. *Boletín NICOVITA, Edición octubre-diciembre*, 2 (1), 11-17.

Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M., & Ortiz, J. (2010). El método analítico como método natural. *Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 25 (1) .

MEGASUPPLY. (2019). *frozen Ocean*. Obtenido de <https://www.megasupply.net/laboratorio-peces/frozen-ocean-biomasa-de-artemia-congelada/>

Meyers, S. (2016). *Papel del Carotenoide Astaxantina en la Nutrición de Especies Acuáticas* . Baton Rouge: Oceanography & Coastal Sciences Louisiana State University.

Miranda, I., Valles, J., Sánchez, R., & Álvarez, Z. (2010). Cultivo del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en agua dulce. *Revista Científica*, 20(4), 339-346.

Morales, M., Ruiz, A., Moura, A., Montiel, T., & Conroy, G. (2011). Prevalencia de enfermedades de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

- cultivado en ocho regiones de Latinoamérica. *Revista Científica*, 21(5), 434-446.
- Ochoa, A. (2016). Programa de bioseguridad para la cría de camarón orgánico *Litopenaeus vannamei* en cautiverio. *Revista AquaTIC*, 21.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: Pearson.
- PRILABSA. (2019). *Advanced Feed*. Obtenido de <http://www.prilabsa.com/alimentos--advance-feed.html>
- PRILABSA. (2019). *Terminate*. Obtenido de Catálogo de productos: http://prilabsa.com/pdf/prilabsa_2017.pdf
- Proecuador. (29 de julio de 2019). *Ficha del camarón*. Obtenido de <https://www.proecuador.gob.ec/ficha-de-camaron/>
- Rodríguez, J., Cedeño, R., Molina, C., Otero, V., Valenzuela, E., & Sotomayor, M. (2000). Efecto de la calidad de la dieta sobre la respuesta inmune del camarón *Penaeus vannamei*. *Avances en Nutrición Acuícola. Memorias del V Simposium Internacional de de Nutrición Acuícola* (págs. 19-22). Mérida: Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas.
- Scelzo, M. (1997). Toxicidad del cobre en larvas nauplii del camarón comercial *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Investigaciones marinas*, 25, 177-185.
- Talavera, V., & Zapata, L. (2016). *Influencia de la temperatura en los camarones*. Trujillo: TUMPIS-NICOVITA.
- Tizol, R., Jaime, B., Laria, R., Pérez, L., Machado, R., & Silveira, R. (2004). Introducción en Cuba del camarón blanco del pacífico *L. vannamei*. *Etapa I Cuarentena*, 1 (2), 22-31.

- Treece, G., & Yates, M. (1993). *Manual de laboratorio para el cultivo de larvas de camarón peneido*. Veracruz: IMPC.
- Valles, R., Cruz, P., & Pérez, R. (2004). Population genetic structure of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from Mexico to Panama: microsatellite DNA variation. *Marine Biotechnology*, 6(5), 475-484.
- Velásquez, J. (2011). *El estado actual de la acuicultura en Ecuador y perfiles de nutrición y alimentación*. Guayaquil: FAO.
- Villamar, F. (2016). Bioensayo para calcular el CL50 del dispersante de petróleo BP 1100-WD con larvas de camarón *Penaeus vannamei*. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 1 (11), 34.
- Wicki, G. A. (2016). Producción del Langostino de Agua Dulce o Camarón Gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*). *Revista AquaTIC*, (3).

Anexos

Anexo 1.1. Nauplio visto desde el microscopio



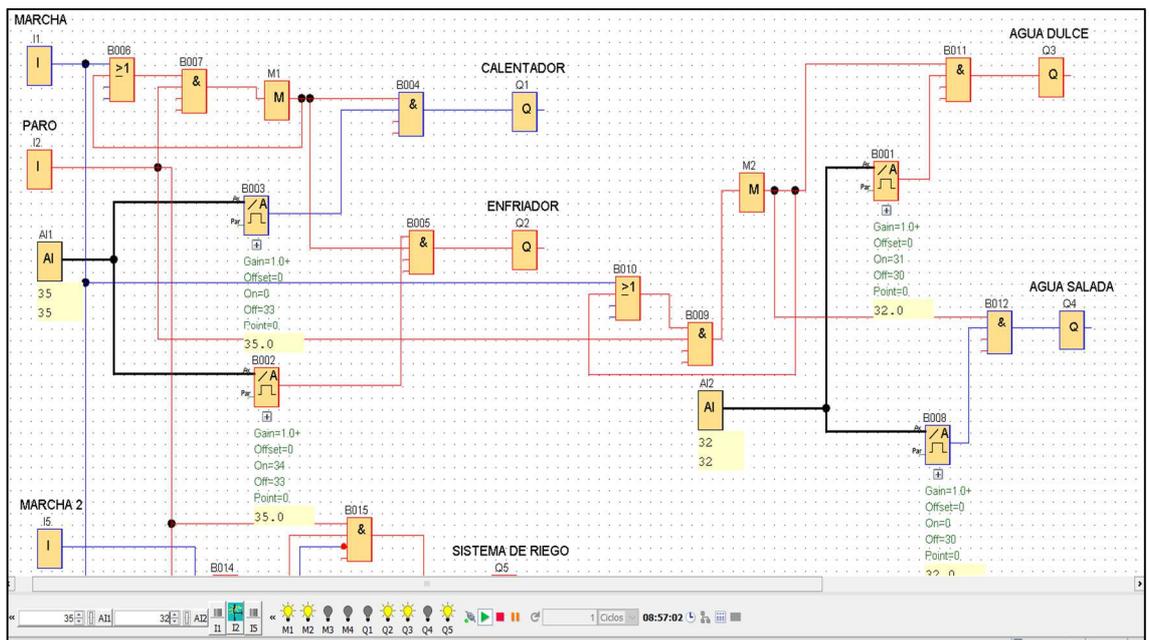
Anexo 1.2. Nauplios en estadio avanzado



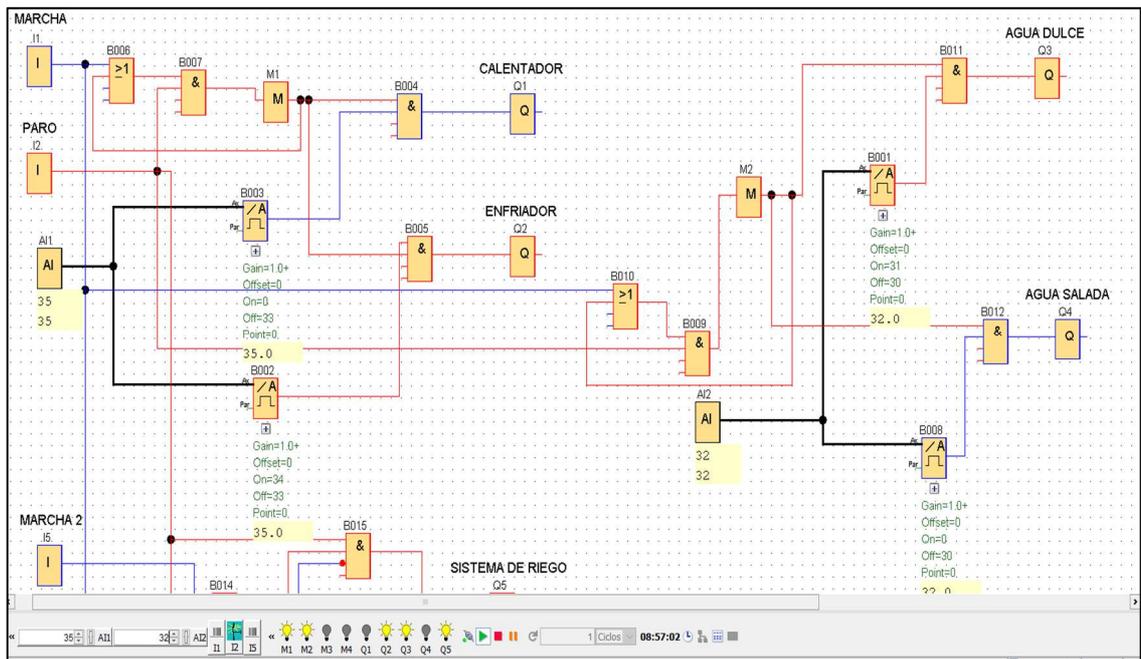
Anexo 1.3. Nauplios a punto de cosecha



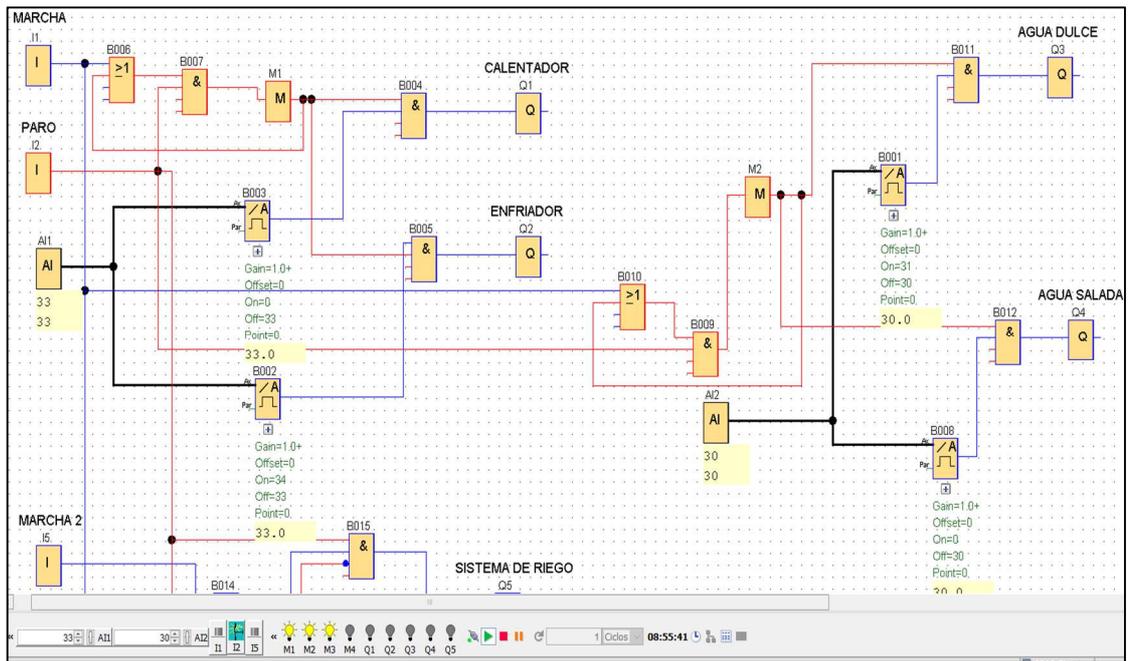
Anexo 3.1. Prueba de simulación de diseño unificado



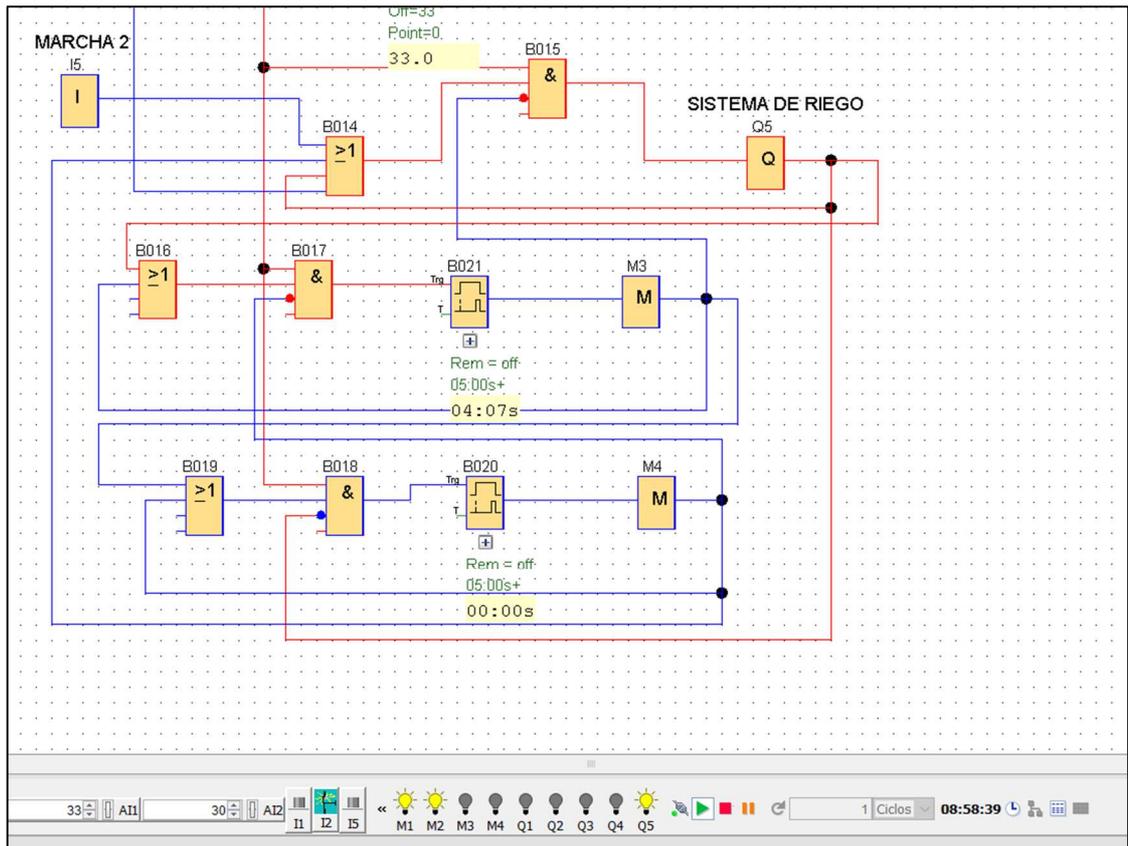
Anexo 3.2. Prueba de simulación de diseño unificado (Q2 y Q3 encendidos con valores umbrales en AI1 35 grados y AI2 32 ppt)



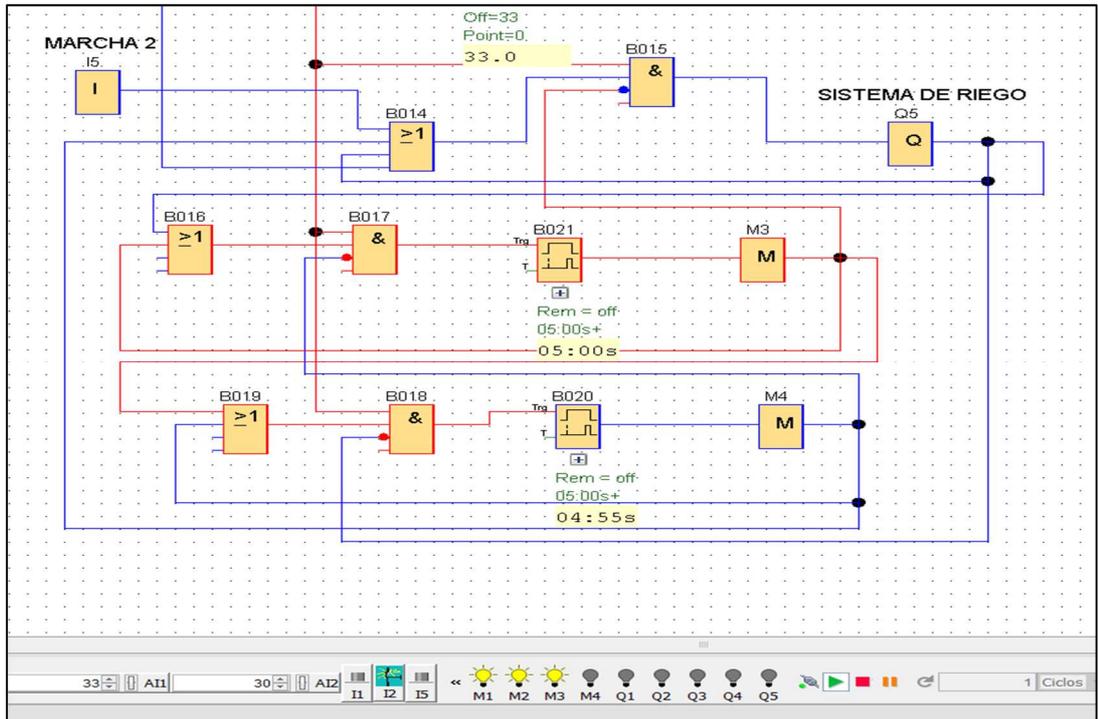
Anexo 3.3. Prueba de simulación de diseño unificado (Q2 y Q3 apagados, con valores umbrales de AI1 33 grados y AI2 30 ppt)



Anexo 3.4. Prueba de simulación de diseño unificado (Q5 encendido, con el temporizador de M3 4sg y el temporizador M4 en 0sg).



Anexo 3.5. Prueba de simulación de diseño unificado (Q5 apagado, con el temporizador M3 encendido en 5sg y el temporizador M4 en 4 sg).





**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Delgado Samaniego Pedro Alejandro** **CON** C.C: 1310224876 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón para el Grupo Empresarial LARDEMA, Módulo San Juan**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 13 de septiembre del 2019

Delgado Samaniego, Pedro Alejandro

C.C: 1310224876

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de un sistema de control aplicado al proceso de cría de larvas de camarón para el Grupo Empresarial LARDEMA, Módulo San Juan.		
AUTOR(ES)	Delgado Samaniego Pedro Alejandro		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Luis Ezequiel Palau De La Rosa MSC.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 de septiembre del 2019	No. DE PÁGINAS:	85
ÁREAS TEMÁTICAS:	Control, automatización de procesos, instrumentación		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Salinidad, nauplios, alcalinidad, bomba peristáltica, riego de alimentación.		
RESUMEN:	<p>El presente estudio tuvo como finalidad contribuir al sector camaronero en su fase de producción larvaria, a través del diseño de un sistema de control automatizado. Se pretende intervenir el proceso de cría de larvas para mantener los parámetros adecuados de temperatura, alimentación, salinidad y pH en los tanques, con el fin de reducir la tasa de mortalidad de la especie y mejorar la productividad por corrida. Para este fin se desarrolló una investigación de tipo descriptiva en función del diagnóstico de la infraestructura productiva del Módulo San Juan, perteneciente al Grupo Empresarial LARDEMA. Entre los principales hallazgos científicos, se constató un alto nivel de incidencia de factores preponderantes como la temperatura, la alcalinidad y el deficiente nivel de precisión de alimento sobre el proceso de producción de los nauplios. Cumpliendo con los objetivos propuestos se diseñó un sistema de control térmico a través de la instalación de alarmas con rangos para alerta de las bajas o altas temperaturas en los tanques, empleando sensores automáticos que se encienden para calentar el agua hasta los 33 °C y para enfriar el agua en caso que por efecto de la temperatura ambiente, se requiera reducir la misma hasta los 33 °C. Adicionalmente, el diseño cuenta con un sistema digital que regula los niveles de alcalinidad del agua en los reservorios. El sistema se compone de un sensor que diagnostica la salinidad del agua al ingreso al tanque que enciende una bomba peristáltica para dosificación de agua salada, y otra de agua dulce para la regulación del medio en 30 partes por millón. Finalmente, se integra un sistema de riego de alimentación para dieta líquida y seca a través de la activación y desactivación de bombas que dosificarán el alimento al tanque, hasta que se provea de la cantidad temporizada de alimento requerido.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593968847961	E-mail: alejandros-27@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. Orlando philco Asqui		
	Teléfono: +593-9-80960875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			