



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HERÍQUEZ UREÑA
VICERRECTORÍA DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUADA
ESCUELA DE POSTGRADO**

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA
PARA LA CRIANZA DE TILAPIAS MEDIANTE UN SISTEMA ACUÍCOLAS DE
RECIRCULACIÓN DE AGUA, CASO: PROYECTO ACUÍCOLA GRANJA CV, SANTO
DOMINGO 2023.**

SUSTENTANTE

YENNY ALEXANDRA VIALET JIMENEZ

Para la obtención del título de Magister en Gerencia de Proyectos

ASESORA

ALEJANDRA FLOREZ

Santo Domingo, D.N., República Dominicana

Marzo, 2023

Carta Autorización de Presentación de Tesis



Carta Autorización Presentación de Tesis

Yo, **ALEJANDRA FLOREZ**, profesora de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, por medio de la presente hago constar que la tesis titulada:

“PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PARA LA CRIANZA DE TILAPIAS MEDIANTE UN SISTEMA ACUÍCOLAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA, CASO: PROYECTO ACUÍCOLA GRANJA CV, SANTO DOMINGO 2023”, elaborada por: YENNY ALEXANDRA VIALET JIMENEZ ,bajo mi asesoría, reúne todas las condiciones exigibles para ser presentada y defendida públicamente, considerando la relevancia del tema como el procedimiento metodológico utilizado: revisión teórica adecuada, contextualización, definición de objetivos y estructuración de los datos pertinentes a la naturaleza de la información recogida, así como las conclusiones aportadas.

En consecuencia, de ello, en calidad de asesor y garante del trabajo realizado, siguiendo las normativas del Reglamento de Tesis de Postgrado, manifiesto mi acuerdo para que sea autorizada su presentación.

Declaración que se emite en Santo Domingo, República Dominicana, a los 15 días del mes de Marzo del 2023.

ALEJANDRA FLOREZ
Asesora de Contenido y Metodología

Declaración de Autor de Obra Intelectual Original

Declaración de Autor de Obra Intelectual Original para la Presentación de la Tesis de Maestría, de acuerdo con disposiciones vigentes de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

Yenny Alexandra Vialet Jiménez, portadora de la cédula de identidad No. 073-0017085-4, declaro: Ser la autora de la Tesis que lleva por título: Propuesta de un plan para la optimización de la infraestructura para la crianza de tilapias mediante un sistema acuícolas de recirculación de agua, caso: Proyecto Acuícola Granja CV, Santo Domingo 2023; asesorada por Alejandra Flórez, quien la presentó a la Escuela de Graduados, para que sea defendida y evaluada en sesión pública. En tal sentido reconozco:

Que la tesis es una obra original. Además, puede ser libremente consultable.

Que me consta que una vez la tesis haya sido defendida y aprobada, su divulgación se realizará bajo licencia de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

Que el contenido de la tesis y su publicación no infringe derechos de propiedad intelectual, industrial, secreto comercial o cualquier otro derecho de terceros, por lo que exonero a la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, de cualquier obligación o responsabilidad ante cualquier acción legal que se pueda suscitar derivada de la obra o de su publicación.

Estos datos no vulneran derechos de terceros y, por lo tanto, asumo cualquier responsabilidad que se pueda derivar de las mismas y de su publicación. Como constancia, firmo el presente documento.

Yenny A. Vialet J.

Yenny Alexandra Violet Jimenez
Santo Domingo, DN. República Dominicana,
El 15 del mes de marzo del año 2023.

Agradecimientos

A Dios, Por darme la fortaleza y sabiduría de seguir adelante y culminar esta etapa académica.

A mi esposo: por su apoyo y acompañamiento para motivarme a lograr todo lo que me propongo,

A la Universidad por darme la oportunidad de continuar con mi formación profesional a través de excelentes maestros que compartieron su experiencia y conocimientos.

A mi asesora metodológica y de contenido por su disposición, entrega y comprensión durante este proceso de investigación.

A los asesores del sector acuícola, a los distribuidores de equipo, a los dueños de granjas por compartir conmigo sus experiencias y ofrecernos la información requerida para lograr los objetivos trazados en esta investigación.

Dedicatorias

A mi familia por su constante estímulo, apoyo incondicional y acompañamiento cada día para seguir adelante en mi proceso formativo y por ser el motor inspirador para culminar este proyecto.

Tabla de Contenido

Carta Autorización de Presentación de Tesis.....	2
Declaración de Autor de Obra Intelectual Original	3
Agradecimientos	4
Dedicatorias	5
Tabla de Contenido	6
Lista de Figuras.....	10
Lista de Tabla.....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	14
Introducción	16
Capítulo I	19
Aspectos Generales.....	19
1.1 Planteamiento del Problema.....	19
1.2 Justificación.....	21
1.3 Delimitación del Problema.....	22
Delimitación Espacial.....	22
Delimitación Temporal.....	22
1.4 Objetivos	22
1.4.1 Objetivo General.....	22
1.4.2 Objetivos Específicos	22
Preguntas de Investigación	23
Capitulo II.....	25
Marco Teórico.....	25
2.1 Fundamentos de Acuicultura.....	25
2.1.1 Acuicultura	25
2.1.2 Tilapias	26
2.1.3 Organismos Reguladores del Sector.....	27
2.1.4 Requerimientos Legales	29
2.1.5 Tipos de Cultivo	32
2.1.6 Sistemas de Producción	33

2.2 Requerimientos Técnicos	36
2.2.1 Parámetros de Cultivo	36
2.2.2 Alimentación	40
2.2.3 Medidas de Bioseguridad e Inocuidad.....	41
2.2.4 Requerimientos de Recursos Hídricos y Energía Eléctrica	45
2.3 Descripción de la Infraestructura Actual.....	49
2.3.1 Componentes de la Infraestructura Actual	49
2.3.2 Datos Técnicos de los Componentes de la Infraestructura Actual	52
2.3.3 Identificación de Componentes de la Infraestructura a Optimizar.	59
Capítulo III.....	69
Marco Metodológico.....	69
3.1 Diseño Metodológico	69
3.2 Tipo de Estudio y Método.....	70
3.3 Localización: Delimitación en Tiempo y Espacio	72
3.4 Técnicas de Investigación	72
3.5 Instrumentos de Investigación.....	73
3.6 Procedimiento de Recolección de Datos.....	74
3.7 Criterios de Inclusión y Exclusión	76
3.8 Aspectos Éticos Implicados en la Investigación	76
3.9 Estándar de Dirección del Proyecto	76
Capítulo IV.....	79
Presentación y Discusión de los Resultados	79
4.1 Resultados de las Entrevistas a Asesores e Investigadores Acuícolas	79
4.2 Resultados de las Entrevistas a Suplidores de Equipos Acuícolas.....	80
4.3 Resultados de las Visitas de Campo.....	82
4.4 Retos y Fortalezas del Sistema Actual de la Granja CV	91
4.5 Propuesta de Plan de Optimización de la Infraestructura de la Granja CV:	92
4.5.1 Etapa de Inicio:.....	92
4.5.2 Etapa de Planificación:	93
4.5.3 Etapa de Ejecución:	96
4.5.4 Etapa de Seguimiento y Control:.....	97
4.5.5 Etapa de Cierre:	98

Capítulo V.....	100
Conclusiones y Recomendaciones	100
5.1 Conclusiones	100
5.1.1 Conclusiones Referentes al Sistema de Filtración Mecánica	101
5.1.2 Conclusiones Referentes al Sistema de Filtración Biológica	102
5.1.3 Conclusiones Referentes al Sistema de Oxigenación.....	102
5.1.4 Conclusiones Adicionales.....	102
5.2 Recomendaciones.....	103
Referencias Bibliográficas	106
Anexos	109
Anexo I.....	109
Entrevista a Asesores e Investigadores Acuícolas.....	109
Anexo II.....	111
Entrevista a Suplidores de Equipos Acuícolas	111
Anexo III	113
Visitas de Campo.....	113
Anexo IV	115
Entrevista a Asesores e Investigadores Acuícolas.....	115
Anexo V	117
Entrevista a Suplidores de Equipos Acuícolas	117
Anexo VI.....	120
Acta de Constitución del Proyecto	120
Anexo VII.....	126
Enunciado del Alcance del Proyecto	126
Anexo VIII	129
Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).....	129
Anexo IX.....	130
Diccionario de la EDT	130
Anexo X	136
Carta de Aceptación.....	136
Anexo XI.....	137
Diagrama de Gantt (Cronograma).....	137

Anexo XII.....	138
Matriz de Comunicaciones	138
Anexo XIII	139
Matriz de Poder e Interés.....	139

Lista de Figuras

Figura 1. Licencia para Explotación Acuícola.....	32
Figura 2. Jaulas Flotantes, Presa Hatillo.....	34
Figura 3. Raceway (Aquaculture).....	34
Figura 4. Flujo del Agua en Sistema IPRS.....	35
Figura 5. BIOFLOC.....	35
Figura 6. RAS.....	36
Figura 7. Costos de Operaciones RAS (%).....	48
Figura 8. Infraestructura Granja CV.....	50
Figura 9. Cálculo del volumen de agua del estanque.....	53
Figura 10. Decantador.....	54
Figura 11. Filtro de Arena y Grava.....	55
Figura 12. Sustrato y Calculo de superficie de contacto.....	56
Figura 13. Bomba de Agua.....	57
Figura 14. Luz Ultravioleta.....	57
Figura 15. Bombas de Aire y Jet Venturi.....	58
Figura 16. Identificación de componentes a sustituir en el proceso de filtración mecánica.	61
Figura 17. Concentrador de Oxígeno.....	64
Figura 18. Modelos de Conos Saturadores de Oxígeno.....	65
Figura 19. Diagrama de infraestructura sugerida.....	67
Figura 20. Diagrama de Elección de Diseño de investigación.....	71
Figura 21. Diagrama Proceso de Recolección de Datos.....	75
Figura 22. Propósitos de proyectos visitados.....	83
Figura 23. Locación de proyectos visitados.....	83
Figura 24. Tipos de estructuras.....	84
Figura 25. Cantidad de estanques por proyecto.....	85
Figura 26. Método de filtración mecánica por proyecto.....	85
Figura 27. Métodos de filtración biológica utilizadas en los proyectos visitados.....	86
Figura 28. Métodos de oxigenación utilizados en los proyectos visitados.....	87
Figura 29. Retos y fortalezas de los métodos de filtración y oxigenación utilizados en los proyectos visitados.....	90
Figura 30. Retos y fortalezas del sistema actual Granja CV.....	91

Lista de Tabla

Tabla 1. Requerimientos de OD.....	37
Tabla 2. Requerimientos Nutricionales.....	40
Tabla 3. Tabla de Alimentación.....	41
Tabla 4. Parámetros Fisicoquímicos de la calidad del agua en acuicultura (Tilapias).	47
Tabla 5. Matriz de trazabilidad de requisitos.....	94

Resumen

Esta investigación titulada “Propuesta de un plan para la optimización de la infraestructura para la crianza de tilapias mediante un sistema acuícolas de recirculación de agua, caso: Proyecto Acuícola Granja CV, Santo Domingo 2023.”, tiene como objetivo general: Proponer un plan para la optimización de la infraestructura actual para la crianza de tilapias mediante un sistema RAS.

Se llevó a cabo la descripción del sistema actual el cual está basado en investigaciones comprobadas científicamente a través de múltiples estudios evaluando la investigación desde un enfoque mixto. La propuesta del plan de optimización de la infraestructura fue abordada tomando en consideración la disponibilidad de recursos naturales y restricciones del entorno (ruidos y espacio); así también, la viabilidad operativa de los equipos a proponer.

Tomando en consideración que se trata de una investigación mixta en la cual se emplearon múltiples criterios, se aplican las siguientes técnicas: Investigación bibliográfica, entrevistas, visitas de campo a granjas con infraestructuras similares a las que serán propuestas.

Los objetivos específicos de esta investigación pretenden describir la infraestructura actual, identificar los elementos de esta que ameritan ser sustituidos, modificados o agregados para establecer las opciones disponibles que permitan alcanzar el objetivo de proponer un plan para incrementar la productividad. Posterior al establecimiento de las opciones disponibles se disertará cuál de estas se ajusta mejor a las necesidades. Una sección importante de la investigación presenta la propuesta de plan con detalles de las diferentes etapas del proyecto basadas en la metodología PMBOK. Los datos se analizan objetivamente con el propósito de llegar a una conclusión al respecto de la viabilidad operativa de materializar el plan tomando en cuenta: disponibilidad de espacio y restricciones del entorno.

Las conclusiones de la investigación detallan los componentes recomendados a optimizar basados en las investigaciones bibliográficas, observaciones realizadas a través de visitas de campo y las recomendaciones obtenidas de entrevistas a investigadores y asesores acuícolas; así como, suplidores de equipos acuícolas. Los equipos e infraestructuras por

optimizar son agrupados en tres etapas: Filtración mecánica, filtración biológica y sistema de oxigenación. Como parte de la investigación se realizan recomendaciones finales que abarcan aspectos fuera de las etapas anteriormente mencionadas.

Abstract

This research titled "Proposal of a plan for the optimization of the infrastructure for the rearing of tilapias through an aquaculture system of recirculating water, case: Proyecto Acuícola Granja CV, Santo Domingo 2023.", has as a general objective: Propose a plan for the optimization of the current infrastructure for tilapia farming through a RAS system.

The description of the current system was conducted based on scientifically proven research through multiple studies evaluating the research from a mixed approach. The proposed infrastructure optimization plan was approached taking into consideration the availability of natural resources and environmental restrictions (noise and space); as well as the operational feasibility of the equipment to be proposed.

Taking into consideration that it is a mixed investigation in which multiple criteria were used, the following techniques were applied: Bibliographic research, interviews, field visits to farms with infrastructures like those that will be proposed.

The specific objectives of this research are intended to describe the current infrastructure, identify its elements that deserve to be replaced, modified, or added to establish the available options that allow the objective of proposing a plan to increase productivity to be achieved. After establishing the available options, it will be discarded which of these best suits the needs. An important section of the investigation presents the proposal of plan with details of the various stages of the project based on the PMBOK Methodology. The data was objectively analyzed with the purpose of reaching a conclusion regarding the operational feasibility of materializing the plan considering: space availability and environmental restrictions.

The conclusions of the investigation detail the recommended components to be optimized based on bibliographical research, observations made through field visits and recommendations obtained from interviews with researchers and aquaculture advisers, as well as suppliers of aquaculture equipment. The equipment and infrastructures to be optimized are grouped into three stages: mechanical filtration, biological filtration, and

oxygenation system. As part of the investigation, additional recommendations are made that cover aspects outside the aforementioned stages.

Introducción

La presente investigación “Proponer un plan para la optimización de la infraestructura actual para la crianza de tilapias mediante un Sistema de Recirculación de Agua (RAS, Recirculating Aquaculture System)” pretende ilustrar la viabilidad operativa que podría implicar el migrar de una infraestructura de un sistema RAS artesanal a uno con un enfoque más industrializado.

El caso de estudio de esta investigación se lleva a cabo en el proyecto acuícola Granja CV, este es un proyecto traspatio relativamente nuevo puesto que solo tiene 1 año en producción, el cual cuenta con una infraestructura auxiliar meramente artesanal. En este proyecto se han realizado dos cosechas las cuales en promedio rondan las 1,000 libras y el tipo de comercialización ha sido la venta directa y al detalle.

La Granja CV ubicada en la calle 17, no. 24, del sector de los Ángeles, en el Km. 13 de la Autopista Duarte, perteneciente al Distrito Nacional, es un proyecto familiar el cual cuenta con múltiples componentes fabricados de manera artesanal y otros que se adaptaron y acondicionaron para ser utilizados en acuicultura.

Durante el desarrollo de esta investigación será realizado una descripción de la infraestructura actual esquematizando el proceso a través del cual se está llevando a cabo la crianza; así como también, las razones que promueven los cambios sugeridos.

El capítulo I estará explorando los aspectos generales de la investigación: Se plantea el problema, se justifica la investigación y se establecen los límites de las condiciones del proyecto; así también, se presentan los objetivos generales y específicos propuestos.

El capítulo II expone el marco teórico de esta investigación, durante el mismo se exploran conceptos, datos estadísticos regionales y locales que soportan esta

investigación y están íntimamente ligados a los objetivos planteados en el capítulo anterior.

En el capítulo III se aborda el marco metodológico donde se exploran las técnicas utilizadas para la recopilación y análisis de las informaciones levantadas producto de esta investigación.

El capítulo IV presenta los resultados obtenidos de la investigación, ilustrando su paralelismo con los objetivos planteados en el capítulo I. Así también, se presenta la propuesta de plan de optimización.

En el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones que surgen producto de la investigación.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

Capítulo I

Aspectos Generales

1.1 Planteamiento del Problema

En el año 2019 se publicó el documento: sistemas de recirculación (RAS) para peces considerando presupuestos, equipos y energía disponible Red LarvaPlus (CYTED) de los investigadores Juan Carlos Pérez-Urbiola, Jonathan Chacón-Guzmán y Germán E. Merino para el Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste, en el cual se plantea que para el funcionamiento de un RAS se deben considerar índices de producción (biomasa, especie), parámetros de bioingeniería y variables de calidad de agua para definir el requerimiento tecnológico y eléctrico. La incorporación de más equipos aumenta la capacidad de carga del RAS y con ello la biomasa de cultivo. Sin embargo, hay restricciones económicas y/o de carga eléctrica para implementar los RAS. En virtud de lo planteado en la investigación citada para llevar a cabo un aumento considerable en la capacidad de producción se hace imprescindible la optimización de la infraestructura del RAS del proyecto Granja CV. En los párrafos a continuación se estará cotejando los elementos mencionados en la investigación anterior con la realidad del proyecto Granja CV.

En cuando a los índices de producción (biomasa y especie) se debe considerar que en el sistema RAS de la Granja CV para la producción de tilapias (*Oreochromis Niloticus*) la biomasa final al momento de las cosechas oscila las 1,000 libras y se pretende incrementar en un 500% la capacidad de producción del sistema. Dicho incremento implica múltiples desafíos tanto en el manejo de las excretas de los peces, el mantenimiento las condiciones y calidad del agua, así como la oxigenación de esta para el correcto desarrollo de los animales.

De cara a los parámetros de bioingeniería de la semilla (alevines) a utilizar en la producción se debe garantizar que sean óptimos tomando en consideración que la granja que suplirá los alevines de tilapia cuenta con los reproductores genéticamente modificados (YY) y los alevines engendrados a partir de estos reproductores pasen por el debido proceso de reversión sexual necesario para garantizar que los peces a cultivar desarrollen en el tiempo previsto la biomasa esperada.

En cuando a la calidad del agua un incremento tan ambicioso como el propuesto implica una merma considerable en los índices de los parámetros y características mínimas requeridas en el agua para la crianza de tilapias, algunos de estos parámetros son:

Oxígeno disuelto en el agua, pH, componentes nitrogenados, turbidez del agua entre otros.

En adición a los problemas planteados anteriormente se agrega la atenuante de que el área en la cual se desarrolla el proyecto Granja CV está ubicada en una zona urbana en la cual no se disponen de grandes extensiones de tierra ni de grandes cantidades de agua provenientes de fuentes naturales; así también, se deben tomar en consideración el mantener los niveles de ruido por debajo de los 60dB.

Es por lo anterior que con miras a generar mayores ingresos económicos incrementando la capacidad productiva del sistema RAS de la Granja CV se hace imperioso la necesidad de proponer un plan para la optimización de la infraestructura para la crianza de tilapias mediante un sistema RAS.

1.2 Justificación

La tilapia tiene altos valores nutricionales puesto que es una excelente fuente de proteínas y cuenta con bajos niveles de grasa saturada lo cual implica que no aporta una gran cantidad de calorías. Así también cuenta con múltiples micronutrientes dentro de los que resaltan: vitamina B, fosforo, entre otros.

Durante el periodo gubernamental actual de la República Dominicana (2020-2024) se han llevado a cabo esfuerzos para desarrollar el sector a través de instituciones públicas como CODOPESCA, IDIAF, FEDA, entre otras. Parte de estos esfuerzos incluyen la capacitación de los acuicultores, financiación de proyectos y asesorías, esto es un claro indicativo del interés actual en fortalecer esta área del rubro agropecuario.

En la República Dominicana la inmensa mayoría de los proyectos que utilizan sistemas RAS y más si son de traspatio son del tipo artesanal dado que para industrializar este tipo de sistemas se debe tomar en consideración los costes implicados en la adquisición, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura adicional requerida para lograr satisfacer los parámetros, características y requerimientos necesarios para el apropiado crecimiento de las tilapias.

Dado este escenario, la investigación contempla la utilización un tipo de cultivo intensivo específicamente un sistema de recirculación de agua (RAS, Recirculating Aquaculture System), para ilustrar la viabilidad operativa que podría implicar el migrar de una infraestructura de un sistema RAS artesanal a uno con un enfoque más industrializado, tomando en consideración las limitaciones de espacio, recursos naturales y entorno. Debido a la demanda del producto (tilapia) y la baja producción del sistema actual se entiende prudente aprovechar el nicho de mercado existente para aportar una mayor

proporción de tilapias en el mercado; así también, proveer a los propietarios del proyecto acuícola Granja CV de mayores ingresos mientras proveen a la comunidad de alimentos frescos y de calidad.

1.3 Delimitación del Problema

Delimitación Espacial

La investigación busca proponer un plan para optimizar la infraestructura del sistema de recirculación de agua (RAS, Recirculating Aquaculture System) utilizado en el proyecto acuícola Granja CV, ubicado en Santo Domingo. En esta área se cuenta con espacio para el montaje de las infraestructuras adicionales requeridas y los recursos naturales necesarios.

Delimitación Temporal

La investigación estima que el tiempo requerido para llevar a cabo la elaboración de la propuesta de un plan para la optimización del sistema requiere un periodo de 1 año comprendidos en los meses de abril 2023 a marzo 2024.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Proponer un plan con duración de un año para la optimización de la infraestructura actual con el propósito de incrementar la producción de tilapias mediante un sistema RAS en el proyecto acuícola Granja CV.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Describir la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV.
- b) Identificar los elementos de la infraestructura que se deben sustituir, modificar o agregar para aumentar la producción de tilapias de 1000 a 5000 libras por cosecha.
- c) Determinar la viabilidad operativa de llevar a cabo la optimización de la infraestructura del sistema.

Preguntas de Investigación

A partir del problema descrito en el cual se busca incrementar la producción de tilapias en el proyecto acuícola de la Granja CV mediante la propuesta de un plan para la optimización de la infraestructura se plantean las siguientes preguntas que guiaran la investigación:

¿Cuál es la situación actual de la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV?

¿Cuáles elementos deben ser sustituidos, modificados o agregados para incrementar la producción de tilapias de 1000 a 5000 libras por cosecha?

¿Cuáles son las opciones más viables operativamente para llevar a cabo la optimización de la infraestructura del sistema actual?

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Fundamentos de Acuicultura

2.1.1 Acuicultura

Según el sitio web de la FAO:

La acuicultura es una actividad antigua y de crecimiento lento, a menudo basada en el conocimiento tradicional y progresada a través de la curiosidad, las necesidades, las experiencias positivas y los errores o la cooperación de los agricultores. Como tal, se ha expandido a lo largo de los siglos, integrándose con su entorno natural, social, económico y cultural. Los principales avances en la acuicultura se han basado en los avances científicos realizados en los siglos XX y XXI. El resultado ha sido un crecimiento sin precedentes, con la acuicultura suministrando ahora más de la mitad del pescado del mundo para el consumo humano.

Acuicultura: En el sitio web de la FAO se profundiza en la definición de acuicultura y se establece como acuicultura:

Cultivo de organismos acuáticos, entre ellos, peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. Lo que implica alguna forma de intervención en el proceso de reproducción para incrementar los rendimientos, como el almacenamiento regular, la alimentación, la protección contra los depredadores, etc. La cría también implica la propiedad individual o corporativa del stock que se cría y la planificación, el desarrollo y el uso de sistemas, sitios, instalaciones y prácticas acuícolas, así como la producción y el transporte.

2.1.2 Tilapias

La FAO a través de sus múltiples investigadores ha compilado hojas de datos de especies acuáticas cultivables, dentro de estas especies esta la tilapia. En el documento editado y compilado por los investigadores Crespi y New se establecen los siguientes antecedentes históricos de la especie:

La tilapia es un tipo de pez que da lugar a cientos de subespecies. El cultivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) se remonta a la época del antiguo Egipto, como lo demuestran los bajorrelieves de las tumbas egipcias que datan de hace más de 4000 años. La tilapia, principalmente *Oreochromis Mossambicus*, se generalizó en todo el mundo en las décadas de 1940 y 1950, mientras que la tilapia del Nilo, más valiosa, se generalizó más en las décadas de 1960 y 1980. Originario de Japón, el cíclido del Nilo se introdujo en Tailandia en 1965, desde donde se envió a Filipinas. Originaria de Costa de Marfil, la tilapia del Nilo se introdujo en Brasil en 1971 y se envió desde Brasil a los Estados Unidos en 1974. La tilapia del Nilo se introdujo en China en 1978 y ahora es el mayor productor mundial, produciendo constantemente más de la mitad de la producción mundial entre 1992 y 2003. El cultivo descontrolado de tilapia en estanques ha resultado en un reclutamiento excesivo, enanismo y una disminución en la proporción de peces de tamaño vendible, para solucionar esta situación en la década del 1970 se implementaron avances en las técnicas de reversión sexual las cuales permitían tener cultivos de peces de un solo sexo. Desde mediados de la década de 1980, la investigación sobre los hábitos alimentarios y los sistemas acuícolas, así como los

avances en el desarrollo del mercado y el procesamiento, han llevado a una rápida expansión de la industria, en la que predomina la tilapia de río.

En el ámbito local los antecedentes históricos de las tilapias según el documento: Plan Estratégico para el Desarrollo de la Acuicultura en la República Dominicana se establece que:

En República Dominicana el cultivo de Tilapias se inició en la década de los 50, en Nigua San Cristóbal. Durante las décadas de los años 60 y 70 se introdujeron algunas especies adicionales de tilapias ya en la década de los años 80 el gobierno de Taiwán ofrece cooperación y se introducen una mayor variedad de especies de tilapia.

2.1.3 Organismos Reguladores del Sector

CODOPESCA: Consejo Dominicano de Pesca y Acuicultura. Creado por Ley No. 307-04 del 3 de diciembre de 2004, con personería jurídica, autonomía administrativa y derechos de propiedad independientes, encargado de la regulación, desarrollo, promoción y fiscalización de la explotación de los recursos biológicos, la investigación y/o extracción pesquera y acuícola en la República Dominicana. Creado en respuesta a las necesidades existentes en la República Dominicana en ese momento, para regular la pesca y establecer mecanismos para la sostenibilidad de los ecosistemas y productos pesqueros. (CODOPESCA 2022).

IDIAF: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Se creó como organismo descentralizado del Estado Dominicano, mediante la Ley 289 de año 1985. La Estación Experimental Acuícola de Santiago pertenece al centro de producción animal del IDIAF (EEAS) es una estación especializada en generación y

validación de tecnologías avanzadas en acuicultura y producción de alevines mejorados. Esta estación se cuenta con treinta y seis infraestructuras acuícolas para investigaciones y producción de alevines. Se desarrollan investigaciones que buscan generar, validar y adaptar tecnologías que ayuden a mejorar el rendimiento, los costes de producción y la condición de los productos acuícolas en sistemas de agua dulce y salada. (IDIAF 2022).

FEDA: Fondo Especial de Desarrollo Agropecuario. La Dependencia de la Presidencia de la República Dominicana, amparada por la Ley N° 367 de 30 de agosto de 1972, cuenta con políticas encaminadas a fomentar el crecimiento rural sostenible, con un enfoque en propiciar el bienestar de las familias rurales del país, cooperar con la disminución de la pobreza en zonas rurales e incrementar la capacidad competitiva de la agroindustria del país a través de la transferencia de conocimientos acerca de técnica e innovaciones a los pequeños y medianos agricultores. (FEDA 2022).

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. La FAO (Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la Agricultura y la Alimentación) es la agencia de las Naciones Unidas que dirige los esfuerzos internacionales para acabar con el hambre. Su propósito es alcanzar la seguridad alimentaria mundial, a su vez garantizando el acceso frecuente a alimentos de calidad y suficientes para una vida activa y saludable. (FAO 2022).

2.1.4 Requerimientos Legales

El Consejo Dominicano de Pesca y Acuicultura (CODOPESCA) en el artículo I de la ley No. 307-04 establece:

La finalidad de esta ley es establecer en la República Dominicana, un sistema de pesca sostenible y un uso justo y sostenible del medio ambiente. Para lograr esto, los requisitos legales, reglamentarios y administrativos para la realización de actividades de pesca y acuicultura deben basarse en los mejores criterios científicos disponibles, aplicando la mejor tecnología y las mejores prácticas ambientales, para que la industria prospere y se garantice la sostenibilidad de la minería y el mantenimiento del equilibrio del ecosistema.

En el capítulo VI de la ley se aborda el ejercicio de la acuicultura específicamente en los artículos 21 al 23 y en este último se especifican las obligaciones de los acuicultores.

El artículo #21 de la ley indica:

CODOPESCA promoverá la práctica de la acuicultura, por medio del establecimiento, apoyo técnico y financiero, subvenciones e incentivos que CODOPESCA considere oportuno. Las personas físicas y jurídicas, nacionales o extranjeras, podrán utilizar el espacio terrestre, fluvial, lacustre, costero o marítimo para construir instalaciones para el cultivo y aprovechamiento de los recursos biológicos acuáticos, conforme a las disposiciones de las Leyes, en las condiciones previstas por la presente ley y la Ley Núm. 64.-00, por la que se crea la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En tanto que el artículo #22 indica:

La práctica de la acuicultura requerirá de los permisos correspondientes de CODOPESCA.

Además de los permisos de CODOPESCA, en caso de que el cultivo se realice en un lugar de dominio público se requieren las concesiones administrativas necesarias de conformidad con la legislación interna aplicable. CODOPESCA expedirá los permisos de acuicultura en las condiciones que establezca el reglamento y en todos los casos deberán respetarse los siguientes requisitos:

- I. Se debe adjuntar una evaluación de impacto ambiental a la solicitud del permiso, en la que se identifique específicamente el impacto potencial que puedan tener sobre el ecosistema y su entorno, así como sobre las especies. Adoptar las sugerencias ambientales formuladas en la evaluación ambiental;
- II. No se expedirán permisos para proyectos acuícolas que pretendan realizarse en áreas especialmente protegidas por leyes, decretos o reglamentos vigentes en la República Dominicana o en virtud de convenios de derecho internacional de los que sea parte, así como en áreas de especial interés que el Estado y sus organismos dependientes determinen reglamentariamente.

Los deberes de los acuicultores están contenidos en el artículo #23:

Los practicantes de la acuicultura deberán cumplir con la presente ley, así como con las normas reglamentarias y administrativas que se adopten para su aplicación. En particular, estas personas deben:

- a) Dar cumplimiento estricto de las condiciones estipuladas en el permiso;

- b) No introducir en el sitio de acuicultura especies autóctonas o exóticas que no hayan sido aprobadas por la autoridad competente;
- c) no interferir injustificadamente otro uso lícito de la tierra o cuerpo de agua donde se realice la operación;
- d) Observar las medidas definidas por CODOPESCA para garantizar la seguridad de los sitios y la integridad física de las personas;
- e) Respetar las medidas de protección ambiental prescritas por los organismos competentes, en especial, no verter o descargar desechos resultantes de los procesos de producir y procesar especies acuícolas que puedan causar contaminación o toxicidad.

En el portal web de CODOPESCA se encuentran los pasos para la adquisición de la licencia de explotación acuícola haciendo una dicotomía a partir de si el solicitante es una persona jurídica o una persona física.

Las personas físicas y/o jurídicas que cumplen con estos requerimientos son agraciados con la obtención de licencias similares a la mostrada debajo en la figura 1, los datos de este documento se ocultaron por razones de privacidad y seguridad; sin embargo, en el mismo se indica que la duración de esta licencia en particular es de dos años a partir de la fecha de expedición:



Figura 1. Licencia para Explotación Acuicola. Fuente: Piscicultura Ecosostenible Chireno

2.1.5 Tipos de Cultivo

Existen múltiples tipos de cultivo de la especie, dentro de los cuales destacan los métodos extensivos e intensivos, el método extensivo implica la utilización de grandes extensiones de terreno e implica una baja densidad de peces; en tanto, el método intensivo implica mejor uso de los recursos y permite una mayor densidad en la población de peces a cultivar, la única desventaja es la utilización de una mayor cantidad de equipos e infraestructuras auxiliares para mantener la calidad del agua.

En curso gratuito publicado para el canal de YouTube: Piscicultura Ecosostenible Chireno el Ingeniero Edwin Reyes quien se desempeña como asesor y técnico acuícola realiza las siguientes precisiones al respecto de los tipos de cultivos:

Extensivo: Básicamente se desarrolla en estanque de tierra, tiene la particularidad de proveer la alimentación a partir de los alimentos naturales que genera el estanque, en este no hay elementos de aireación externos o control de las condiciones del agua y no se les provee alimentación adicional a los peces. Los peces son colocados a una baja densidad, dicha densidad es de aproximadamente 1-5 peces/m² de espejo de agua.

Semi Intensivo: Este tipo de cultivo puede realizarse en estaques en cemento, tierra, geomembrana, etc. Existen elementos de aireación artificial y un cierto control de la calidad del agua y se utilizan alimentos suplementarios. La densidad de los peces colocados en este tipo de cultivos se estima de 5-20 peces por metro cubico de agua.

Intensivo: Existe un control total del medio de producción y la calidad del agua, la utilización de alimento suplementario es constante. El uso de tecnologías de producción juega un rol muy importante puesto que se pueden utilizar bombas de agua, aireación artificial, filtros, luces ultravioletas, entre otros. Las densidades manejadas en este tipo de cultivo son de 25-150 o superior por metro cubico de agua. Los cultivos de este tipo utilizan sistemas como el RAS, BIOFLOC, IPRS, Race Way, entre otros.

2.1.6 Sistemas de Producción

En curso citado en la sección anterior presentado por el Ingeniero Edwin Reyes se realizan las siguientes precisiones al respecto de los sistemas de producción:

Jaulas Flotantes: Este tipo sistemas en República Dominicana son utilizados primordialmente en ríos de gran profundidad. Implican la instalación de jaulas con dispositivos flotantes y mallas para contener a los peces. Estos cultivos requieren de permisos especiales de medio ambiente y otras entidades. Ver figura 2:

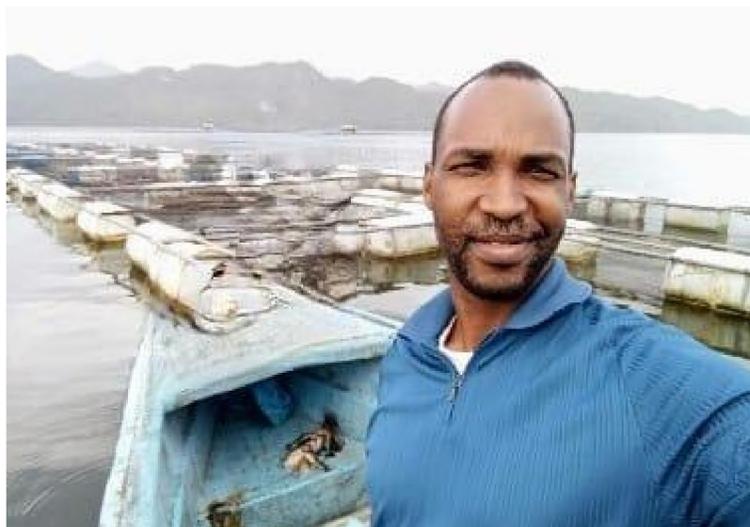


Figura 2. Jaulas Flotantes, Presa Hatillo. Fuente: (Violet,2022)

Race Way: Son canales de alto caudal los cuales cuentan con un gran flujo de agua, un ejemplo del caudal requerido sería la renovación del total del volumen de agua total del agua en 1 minuto. Ver figura 3:



Figura 3. Raceway (Aquaculture). Fuente: Wikipedia.

IPRS: Por sus siglas en inglés IPRS (In Pond Raceway System) Es un sistema instalado en una gran laguna en la cual se instala un Raceway y se genera un flujo entrando por un extremo y saliendo por el otro, dado el gran tamaño de la laguna los contaminantes son tratados naturalmente y el agua entrante es renovada. Ver figura 4

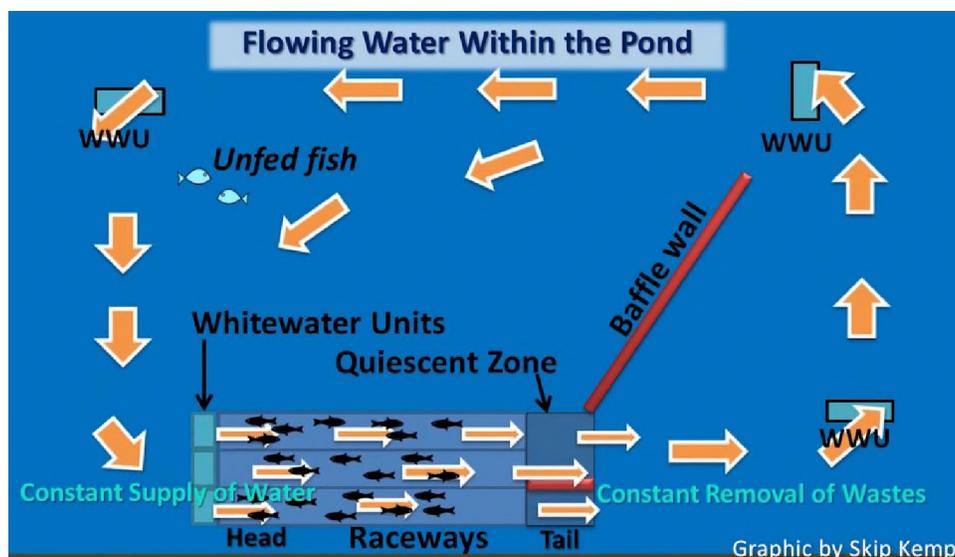


Figura 4. Flujo del Agua en Sistema IPRS. Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=NkD9SlzjMQ>

BIOFLOC: La tecnología BIOFLOC, es un sistema en acuicultura el cual se centra en un uso más eficiente del ingreso de nutrientes con mínimo o cero intercambios de agua en los sistemas de cultivo. El principio fundamental es el reciclaje de los nutrientes mediante el mantenimiento de una alta proporción carbono/nitrógeno (C:N) en el agua a fin de estimular el crecimiento de bacterias heterotróficas que convierten amoníaco en biomasa microbiana (Avnimelech 1999). Estos sistemas están basados en la absorción de compuestos nitrogenados inorgánicos (NAT, N-NO₂ y N-NO₃) por la comunidad microbiana presente en el agua del cultivo (Avnimelech 2006). Ver figura 5



Figura 5. BIOFLOC. Fuente: (Violet, 2022)

RAS: Recirculating Aquaculture System (RAS) es un sistema que procesa el agua de los estanques acuícolas a través de una serie de etapas de filtración mecánica y biológica con la finalidad de descontaminar la mayor parte de los componentes que pueden ser tóxicos para los peces. Ver figura 6:



Figura 6. RAS. Fuente: FAO

2.2 Requerimientos Técnicos

2.2.1 Parámetros de Cultivo

Un elemento crítico en el cultivo de tilapias es el mantenimiento de la calidad del agua, esta debe ser monitoreada periódicamente con el objetivo de mantener los parámetros adecuados para el correcto desarrollo de los peces. En un webinar publicado para el canal de YouTube: RB Aquaculture el Ingeniero Edwin Reyes quien se desempeña como asesor y técnico acuícola indica que las propiedades y/o características a tomar en consideración son las descritas a continuación:

Físicos: Densidad, conductividad, velocidad, tensión superficial, etc.

Químicos: pH, salinidad, oxigenación, nitritos, nitratos, amonio, etc.

Microbiológicos: Virus, bacterias, hongos, parásitos, etc.

Organolépticos: Temperatura, sabor, color, olor.

Para la crianza de tilapia existen parámetros específicos determinados a través de múltiples estudios, experimentos y mediciones realizados con el pasar de los años; los cuales, nos aseguran el correcto desarrollo de los peces durante el proceso de crianza. La inobservancia de dichos parámetros puede resultar en proliferación de patógenos, mortalidades, un pobre desarrollo de los peces y como consecuencia final una baja calidad en el producto final. Los rangos específicos que servirán de guía para el desarrollo del cultivo son los siguientes:

Oxígeno Disuelto (OD) en el agua: El gas más importante disuelto en el agua es el oxígeno (O_2). El oxígeno disuelto (OD) es esencial para la respiración de la mayoría de los organismos vivientes. El oxígeno es también necesario para la degradación de la materia orgánica muerta durante el proceso llamado descomposición. El contenido de OD del agua se puede expresar de varias formas: miligramos por litro (mg/l), gramos por metro cúbico (g/m^3) y partes por millón (ppm). La cantidad de OD en el agua se puede medir química o eléctricamente. Como ocurre con todos los demás gases, la cantidad máxima de oxígeno puede contener el agua, la solubilidad del oxígeno en el agua, depende de tres factores: la temperatura, la presión atmosférica y la salinidad. El requerimiento de oxígeno de los peces está determinado por tres factores: tipo de pez, tamaño y temperatura. (Colección FAO Capacitación, N° 21/1, Gestión de la piscicultura de agua dulce: estanques y prácticas acuícolas)

OD requerido en las distintas etapas de la vida de la tilapia			
Especie	Alevines y Juveniles	Adultos	
		OD mínimo	OD al menos igual a:
Tilapia	Al menos 70%	2 mg/l	4 mg/l o 50%

Tabla 1. Requerimientos de OD. Fuente: FAO

Temperatura del agua: El crecimiento y la actividad de los peces depende de su temperatura corporal. La temperatura corporal del pez se aproxima a la del agua y varía con la misma. Las temperaturas del agua relativamente bajas pueden tener los siguientes efectos negativos en los peces: ralentizar el desarrollo de los alevines, reducir el crecimiento de los juveniles y adultos, disminuir o incluso detener la maduración y el desove, reducir o detener la ingesta de alimentos y aumentar las posibilidades de infección y enfermedad. Diferentes especies de peces se han adaptado para crecer y reproducirse dentro de un rango bien definido de temperaturas del agua, pero el crecimiento y la reproducción óptimos ocurren dentro de un rango de temperatura aún más estrecho. Por esto, es importante estar familiarizado con la temperatura del agua existente en la granja. La tilapia es un pez de aguas cálidas que necesita temperaturas en el agua superiores a los 15 °C para reproducirse, crece muy bien a temperaturas en el agua superiores a los 20 °C y puede sobrevivir a temperaturas en el agua muy altas por encima de los 30-35 °C. (Colección FAO Capacitación, N° 21/1, Gestión de la piscicultura de agua dulce: estanques y prácticas acuícolas)

pH: El agua puede ser ácida, alcalina o neutra. Según cual sea el caso, el agua reacciona de forma diferente con los solutos que contiene. De la misma manera, afecta de formas diferentes a las plantas y los animales que allí habitan. La medición de la acidez o alcalinidad del agua es expresada como el valor de pH. El valor de pH varía de 0 a 14, un pH de 7 indica que el agua es neutra. Los valores inferiores a 7 indican acidez y los superiores alcalinidad. La producción de peces puede verse muy afectada por un pH demasiado bajo o muy alto. Los valores de pH extremos pueden incluso matar a los peces. El crecimiento de los organismos naturales que sirven de alimento para los peces

también puede verse reducido. Los valores críticos de pH también varían según la especie de pez, el tamaño y también de otras condiciones ambientales. El agua con pH entre 6.5 y 8.5 (al amanecer) es generalmente la más adecuada para mantener los peces en un estanque. La mayoría de los peces de piscifactorías mueren en aguas con un pH inferior a 4.5 e igual o superior a 11. (Colección FAO Capacitación, N° 21/1, Gestión de la piscicultura de agua dulce: estanques y prácticas acuícolas)

Amoniaco: El amoniaco es un gas compuesto por nitrógeno e hidrógeno combinados (NH_3), que es un producto de los desechos del metabolismo del pez, dicho producto puede producir toxinas que afectan la salud del pez en caso de acumularse en niveles elevados, lo que conlleva a la muerte del animal o a una enfermedad crónica del mismo. Estas situaciones pueden presentarse en estanques con una calidad de agua no controlada apropiadamente, con altas densidades de peces; así como, una sobrealimentación y cambios de agua deficientes. El nivel deseado para el cultivo de tilapia es <0.1 mg/l (FAO, Manual Básico de Sanidad Piscícola 2011).

Nivel de Nitritos: Según el Manual Básico de Sanidad Piscícola para Paraguay elaborado por la FAO, se ha demostrado que la toxicidad de nitrito (NO_2) en peces, siendo los alevines y juveniles los más afectados. Una concentración superior a 0.2 mg/l es considerada insegura para la mayoría de las especies de peces.

Turbidez: Según el Manual Básico de Sanidad Piscícola para Paraguay elaborado por la FAO, la turbidez se refiere a la dificultad de la luz para atravesar la columna de agua. El nivel de claridad del agua puede estar relacionado con la presencia de plancton y/o materia orgánica e inorgánica en suspensión. Generalmente se desea la turbidez que produce el fitoplancton, los valores recomendados son entre 30 y 50 cm, registrados con

un disco Secchi, que es un disco de 50 cm de diámetro dividido en cuatro triángulos. El triángulo tiene un vértice en el medio, pintado alternativamente en blanco y negro.

2.2.2 Alimentación

Según un trabajo de la FAO-Italia elaborado durante las operaciones del proyecto AQUILA I (GCP/RLA/075/ITA), publicado durante la segunda etapa operativa del proyecto “APOYO A LAS ACTIVIDADES REGIONALES DE ACUICULTURA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE”, AQUILA II (GCP/RLA/102/ITA) donde se publica una tabla con los requerimientos nutricionales de las tilapias y otras especies en sus distintas etapas se extrae la siguiente tabla (ver tabla 2):

Requerimientos nutricionales de las tilapias en distintas etapas		
Etapas	Peso en gramos	Requerimiento de Proteína %
Alevín		45-50
Alevín	0.02 a 1.00	40
Alevín	1 a 10	35-40
Juvenil	10 a 25	30-35
Adultos	25>200	30-32
Adultos	>200	38-30

Tabla 2. Requerimientos Nutricionales. Fuente: FAO

En el mercado dominicano existen múltiples suplidores de alimentos para tilapias que cumplen con los requerimientos nutricionales establecidos en la tabla anterior. Se pueden citar los siguientes:

- AGRIFEED
- PISCIS
- TECNUTRAL
- ITACOL

Cada fabricante al momento de vender sus alimentos genera una tabla de alimentación con las raciones recomendadas en sus múltiples etapas, debajo un ejemplo (ver tabla 3) para una cantidad de 1000 tilapias:

TABLA DE ALIMENTACION						
Cantidad Sembrada	Proteína	Semana	Peso Promedio (Gramos)	No. de Raciones Diarias	Ración/día (Lbs)	Ración/Semanal (Lbs)
1,000	40%	1	0.8	5	0.14	0.98
		2	4		0.69	4.83
		3	9		1.49	10.43
		4	18	4	2.78	19.46
		5	30		4.3	30.1
		6	45		5.95	41.65
	32%	7	60	3	7.4	51.8
		8	85		9.74	68.18
		9	115		11.91	83.37
		10	145		14.05	98.35
		11	180		15.07	105.49
	28%	12	225	2	17.35	121.45
		13	275		18.17	127.19
		14	335		18.45	129.15
		15	385		19.5	136.5
		16	455		20.04	140.28

Tabla 3. Tabla de Alimentación. Fuente: Agrifeed

2.2.3 Medidas de Bioseguridad e Inocuidad

En el Manual Básico de Sanidad Piscícola elaborado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay 2011 redactado con la asistencia de la FAO se establecen los posibles orígenes de las enfermedades en los peces, en el documento se profundiza en enfermedades de origen: Biológico, Fisicoquímico, nutricional y denso-dependientes. En el referido documento también son listadas enfermedades de origen infeccioso. Algunas de las enfermedades producidas por parásitos listadas en el documento anteriormente mencionado son:

Ichthyophthiriosis: A este parasito se le atribuye la enfermedad denominada punto blanco.

Chilodonellasis: Este parasito es responsable de la enfermedad denominada opacidad de la piel.

Argulosis: Este parasito es responsable de la enfermedad denominada piojo de los peces de agua dulce.

Dactylogyrus: Estos parásitos son pequeños gusanos que se localizan en las branquias, aunque no exclusivamente. Se denomina comúnmente como gusanos de las branquias.

Algunas de las enfermedades producidas por hongos listadas en el documento anteriormente mencionado son:

Saprolegniasis: Es el más importante de los agentes fúngicos que ataca a los peces de agua dulce, normalmente actúa como patógeno secundario de los peces enfermos o que estén inmunodeprimidos por la presencia de otras afecciones o por desnutrición.

Branquiomycosis: En los cultivos de peces de agua dulce es un padecimiento considerado de importancia económica por la mortandad que genera, alcanzando el 95% a las 24 horas de infección y el 100% en 48 horas. El nombre común con el que se conoce esta enfermedad es de la putrefacción de las agallas.

Algunas de las enfermedades producidas por bacterias listadas en el documento anteriormente mencionado son:

Pseudomoniasis: La septicemia por Pseudomonas ocurre en todo el mundo y todos los peces que viven en agua dulce y salobre son susceptibles. Esta infección ocurre con

mayor frecuencia en estanques cuando los peces están estresados debido a malas condiciones ambientales.

Streptococosis: Estas bacterias viven en la flora intestinal normal de los peces, donde algunas especies pueden causar enfermedades en sus huéspedes en condiciones de estrés. La enfermedad se transmite horizontalmente de pez a pez y del medio ambiente a pez. En el laboratorio con métodos convencionales, los patógenos oportunistas como *Streptococcus pyogenes* y *Streptococcus Agalactiae* pueden identificarse fácilmente.

Columnaris: La enfermedad es causada por bacterias filamentosas entre los que destacan *Flavobacterium Columnare* y *Flexibacter Columnaris*, hasta el momento la clasificación del grupo está en constante revisión, es importante mencionar que algunos investigadores indican que esta enfermedad es provocada por diversas especies de bacterias y no por un único microorganismo.

Algunas de las enfermedades producidas por virus listadas en el documento anteriormente mencionado son:

Necrosis Pancreática Infecciosa: Enfermedad que ataca a los alevines de trucha, pero circula mundialmente y puede afectar a peces continentales. Las tasas de mortalidad son muy altas, superiores al 90 % en los alevines, mientras que su gravedad disminuye en peces de mayor edad.

Viremia Primavera de la Carpa (SVC): Esta enfermedad contagiosa e infecciosa afecta a la mayoría de las especies de ciprínidos, sufriendo sepsis con sangrado intenso en varios órganos.

En el manual de sanidad citado indica que existen múltiples medidas de bioseguridad para reducir las posibilidades de que las enfermedades anteriormente mencionadas se presenten, algunas de las medidas a destacar son:

- Monitorear la calidad del agua en los estanques, intentando mantener rangos de pH y temperatura óptimos para las tilapias.
- No comprar alevines de fincas que no tengan certificación sanitaria.
- Observar rutinariamente los peces, para identificar anomalías.
- Evitar introducir peces al estanque de los cuales se desconoce su procedencia
- verificar el estado de salud de los peces previo a introducirlos en el estanque.
- Cuando necesite agregar animales de dudosa procedencia o sanidad, es importante adherirse a un período de cuarentena de al menos 2 semanas en tanques de aislamiento y seguimiento clínico.

Algunos de los pasos a seguir en caso de presentarse enfermedades que diezmen en gran medida la población de peces y por obligatoriedad se requiera reiniciar la cosecha son:

- Sacrificar todo el cultivo infectado.
- Vaciar el agua de los estanques.
- Secar el estanque hasta al fondo y exponga el mismo al sol.
- Cubrir el fondo con agua y drenar nuevamente para desalojar los desechos
- Llenar los estanques con agua dulce y alimentarlos solo si la enfermedad no se ha detectado en otros estanques de la granja.
- Dar seguimiento a la producción en dicho estanque para identificar cualquier regeneración.

2.2.4 Requerimientos de Recursos Hídricos y Energía Eléctrica

Luego de haber examinado en secciones anteriores los parámetros de cultivo y específicamente los relacionados a la calidad del agua, es propicio profundizar en la importancia del agua para un proyecto acuícola. Por otra parte dada la necesidad de utilizar elementos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento es importante especificar algunos consumos asociados.

Requerimientos hídricos:

En los proyectos acuícolas el agua es fundamental puesto que este es el hábitat en donde se desarrollan los peces. Una regla general es tener suficiente agua disponible para proporcionar un intercambio de agua del 100% del volumen total del sistema por día (Timmons, 2000).

Existen múltiples fuentes de agua dulce para la acuicultura: aguas superficiales, aguas subterráneas, agua del acueducto, etc.

De las fuentes de agua mencionadas no se recomienda el uso de aguas superficiales por los riesgos de bioseguridad asociados que pueden introducir enfermedades al sistema a través de contaminación, así también existen otros riesgos asociados como la introducción al sistema de larvas de insectos como por ejemplo las ninfas de libélulas, huevos de otros peces no pertenecientes al sistema y múltiples microorganismos que pueden llegar a desestabilizar el ecosistema creado para la crianza de los peces.

Las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas de la fuente de agua utilizada en el proyecto acuícola deben ser monitoreadas regularmente. Si bien es cierto que debe existir un monitoreo continuo no es menos cierto que se debe establecer una

línea base a partir de los parámetros iniciales del agua a utilizar para el cultivo. En secciones anteriores se detallan parámetros de cultivo a tomar en consideración algunos de estos son: Oxígeno disuelto en el agua, saturación de oxígeno disuelto, temperatura, dureza, salinidad, alcalinidad, componentes nitrogenados, pH, entre otros.

Conocer el agua, sus características y cómo se comporta; es lo más importante en un cultivo acuícola (Reyes, 2022). En libro *Recirculating Aquaculture 4th Edition* (Timmons, Guerdat, Vinci, 2018) se establecen los parámetros físicos-químicos de la calidad del agua en acuicultura que permiten un óptimo desarrollo en las tilapias mostrados en la tabla 4:

Parámetro	Concentración
Temperatura	24-30 °C, Optima 28-30 °C
Alcalinidad (CaCO ₃)	50-300
Oxígeno Disuelto	>4.5 o el 60% de saturación
Amoniaco (NH ₃)	<0.2
Amonio (NH ₄)	<1
Nitritos (NO ₂)	<1
Nitratos (NO ₃)	0-400 o mas
Dureza (CaCO ₃)	>100
Dióxido de Carbono (CO ₂)	<60
Aluminio (Al)	<0.01
Arsénico (As)	<0.05
Bario (Ba)	<5
Calcio (Ca)	4-160
Cloro (Cl)	<0.003
Cianuro de Hidrogeno (HCN)	<0.005
Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	<0.002
Hierro (Fe)	<0.15
Plomo (Pb)	<0.02
Magnesio (Mg)	<15
Manganeso (Mn)	<0.01
Mercurio (Hg)	<0.02
Níquel (Ni)	<0.1
Ozono (O ₃)	<0.005
pH	6.5-8.5
Fosforo (P)	0.01-3.0
Potasio (K)	<5
Salinidad	0-35%
Selenio (Se)	<0.01
Plata (Ag)	<0.003

Sodio (Na)	<75
Azufre (S)	<1
TSS (Total Solidos Suspendidos)	<25
Uranio (U)	<0.1
Vanadio (V)	<0.1
Sulfato (SO ₄)	<50
TDS (Total Solidos Disueltos)	<400

Tabla 4. *Parámetros Fisicoquímicos de la calidad del agua en acuicultura (Tilapias). Fuente (Timmons, 2018)*

Requerimientos de energía eléctrica:

En los proyectos acuícolas que utilizan como sistema de cultivo los RAS se hace imprescindible la necesidad de utilizar dispositivos que requieren energía eléctrica. En el documento: sistemas de recirculación (RAS) para peces considerando presupuestos, equipos y energía disponible Red LarvaPlus (CYTED) de los investigadores Juan Carlos Pérez-Urbiola, Jonathan Chacón-Guzmán y Germán E. Merino para el Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste publicado en 2019 se establece que hay restricciones económicas y/o de carga eléctrica para implementar los RAS.

En Estados Unidos el profesor y reconocido investigador de sistemas RAS Michael B. Timmons en su libro *Recirculating Aquaculture 4th Edition* presenta una gráfica de los costos asociados a la operación de un RAS tomando en consideración que su proyecto estaba ubicado en New York. En la figura 7 cabe destacar que los costos asociados a agua y alcantarillado corresponden al 5% en cambio los costos asociados a Electricidad representan el 6%.

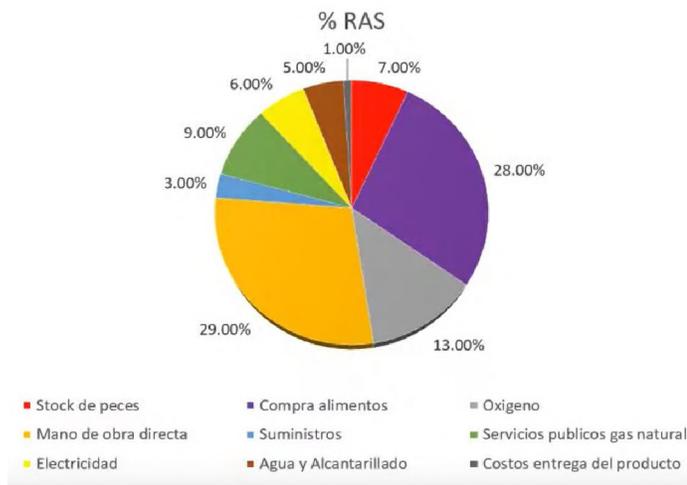


Figura 7. Costos de Operaciones RAS (%). Fuente: (Timmons, 2018)

En la República Dominicana en los proyectos a los cuales se les realizó una visita de campo durante la investigación se obtuvieron comentarios por parte de los administradores y/o propietarios al respecto de los costos de operación asociados a la crianza de tilapias en RAS y los comentarios nos indican que las mayores inversiones para la operación de una granja son realizadas en alimentación y energía eléctrica.

Adicionalmente al respecto de la energía eléctrica se debe contar con un sistema de respaldo de energía que permita dar continuidad al funcionamiento del sistema, dado que un RAS no debe ser detenido.

Existen otras formas de suministrar energía eléctrica a los proyectos como son las energías renovables, pero en muchos casos por los costos asociados a la implementación inicial no les resultan atractivas dichas soluciones.

2.3 Descripción de la Infraestructura Actual

2.3.1 Componentes de la Infraestructura Actual

La Granja CV ubicada en la calle 17, no. 24, del sector de los Ángeles, en el Km. 13 de la Autopista Duarte, perteneciente al Distrito Nacional. Es un proyecto familiar el cual cuenta con múltiples componentes fabricados de manera artesanal y otros que se adaptaron y acondicionaron para ser utilizados en acuicultura. El consumo eléctrico de encender todos los equipos al mismo tiempo es de aproximadamente 1kW/h y en caso de cortes eléctricos el proyecto cuenta con una planta eléctrica de 5.5kw.

La infraestructura principal es un estanque circular en PVC de 5.49 metros de diámetro y una altura de 1.2 metros que contiene un total de 26,000 litros de agua lo cual se traduce en 26m³. En cuanto a las infraestructuras auxiliares la filtración mecánica está compuesta por un decantador confeccionado a partir de un tanque IBC que contiene 1,000 litros de agua y varios tanques de 55 galones llenos de grava y arena; así también, en la etapa de filtración biológica la infraestructura utilizada es un tanque IBC lleno de agua y bio bolas artesanales creadas a partir de rolos utilizados en las impresoras de facturas de vouchers. Para el movimiento del agua se utiliza una bomba de agua y para la aeración se utilizan 2 bombas de aire que proveen el preciado gas tanto al estanque como al filtro biológico.

La capacidad productiva actual del proyecto es de 1,000 libras por cosecha lo que se traduce en una densidad en el estanque de aproximadamente 40 libras/m³.

Dado el escenario de que el proyecto es del tipo familiar y no produce una gran cantidad del producto (tilapias) el tipo de venta es directo y al detalle, la forma de mercadear el

mismo es a través de publicaciones en redes sociales y primordialmente a través del boca en boca de conocidos y allegados del entorno.

La infraestructura actual utilizada en la Granja CV incluye los componentes de la figura 8:

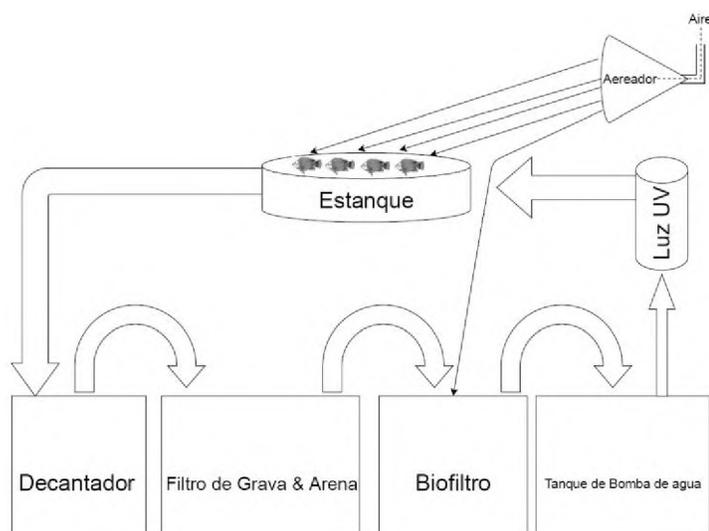


Figura 8. Infraestructura Granja CV. Fuente: (Violet,2022)

Estanque: Es el contenedor del agua y los peces. Esta estructura debe estar diseñada de forma tal que los residuos se concentren en un punto desde el cual los mismos serán enviados al decantador.

Decantador: El primer paso en el proceso de filtrado del agua es enviar el agua desde el estanque hasta un filtro mecánico conocido como decantador con el propósito de reducir los residuos sólidos generados a partir de las excretas de los peces y el alimento no aprovechado. La función del decantador es enviar los desechos sólidos más pesados al fondo del contenedor para que luego de que los mismos se sedimenten sean drenados y no tengan presencia en el sistema.

Filtro de Grava y Arena: Los residuos que se escapan del decantador pasan por un filtro mecánico adicional compuesto por grava y arena con el propósito de capturar las partículas más finas para suministrar un agua de mejor calidad a la siguiente etapa del proceso de filtrado.

Biofiltro: Posterior a retirar la mayor cantidad posible de residuos, el agua es enviada a un filtro biológico o biofiltro. En esta etapa del proceso de filtrado se pretende reducir los elementos nitrogenados presentes en el agua producto de la descomposición del alimento sobrante y del metabolismo de las tilapias. El filtro biológico contiene bacterias nitrificantes que ayudan a reducir el nivel de nitrógeno total amoniacal (TAN) en el agua. Estas bacterias requieren de un sustrato el cual colonizan, para su sobrevivencia se requiere mantener ciertos niveles de oxigenación en el agua del biofiltro y un flujo de agua con elementos nitrogenados, estos elementos vienen en el agua proveniente del estanque del alimento no consumido y los desechos de los peces. El proceso descrito anteriormente en el cual se lleva a cabo la oxidación biológica del amonio con oxígeno para producir nitritos y posteriormente estos son oxidados para llevarlos de nitros a nitratos se le conoce como nitrificación o ciclo del nitrógeno descubierto por un microbiólogo ruso llamado Serguéi Nikoláievich Vinogradski.

Tanque de Bomba de Agua: Luego de procesar el agua a través de filtros mecánicos y biológicos el agua es acumulada en un tanque o sumidero desde donde el agua será bombeada de regreso al estanque.

Luz Ultravioleta: Previo a que el agua llegue al estanque esta pasa por un proceso adicional de esterilización al conducir el agua a través de un tubo que contiene una luz ultravioleta tipo C la cual funciona entre las longitudes de onda 10-280 nanómetros y en

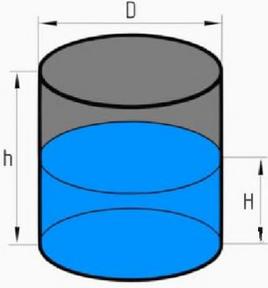
los sistemas de recirculación de agua ayuda a reducir la presencia de algas, bacterias y virus penetrando en los mismo y afectando su composición de forma tal que sean incapaces de reproducirse.

Aereador: Este es un dispositivo fundamental del sistema el cual tiene propósito ayudar a suplir la necesidad de oxígeno en el agua necesaria para el desarrollo de los peces; adicionalmente, ayuda a suministrar el oxígeno necesario en el filtro biológico en donde se generan reacciones bioquímicas que ayudan a mejorar la calidad del agua.

2.3.2 Datos Técnicos de los Componentes de la Infraestructura Actual

Estanque: El estanque utilizado en la Granja CV está fabricado a partir de PVC y cuenta con un diámetro de 5.49 metros, una altura de 1.2 metros y cuando el estanque está lleno el nivel del agua alcanza los 1.1 metros. Para calcular el volumen del agua del estanque se utiliza la siguiente formula: $V = \pi r^2 h$ donde **V** es el Volumen, π es una constante que vale 3.1416, **r** es el radio y **h** es la altura. Para el cálculo de nuestro estanque si se sustituyen los valores se obtendrá como resultado: $26.0392 = \pi(2.745)^2 1.1$

Para confirmar los cálculos anteriormente realizados se puede ver en la figura 9 que el volumen absoluto del agua es de aproximadamente 26,000 litros lo cual equivale a 26 m³ de agua.



US Units

Diámetro D, m	<input type="text" value="5.49"/>
Altura h, m	<input type="text" value="1.2"/>
Nivel H, m	<input type="text" value="1.1"/>
Densidad, kg/m ³	<input type="text"/>

CALCULAR

Volumen absoluto 26.0392 m³ (26039.18 L.)
 Volume libre 2.3672 m³ (2367.20 L.)
 Volumen total 28.4064 m³ (28406.38 L.)
 Masa 0.000 kg

Figura 9. Cálculo del volumen de agua del estanque. Fuente: Aplicación Móvil "Calcula Volumen de tanque".

Decantador: Esta confeccionado a partir de un tanque IBC que puede llegar a contener hasta 1,000 litros de agua, este recibe el agua con los desechos del estanque a través de una tubería de 3 pulgadas y sale del mismo a través de un tubo de 3 pulgadas que está ubicado dentro del decantador y que es recubierto por otro tubo de 6 pulgadas que sirve de campana con el objetivo de reducir la velocidad del agua y minimizar el paso de las partículas más grandes y pesadas antes del siguiente paso de filtración mecánica. Ver figura 10:

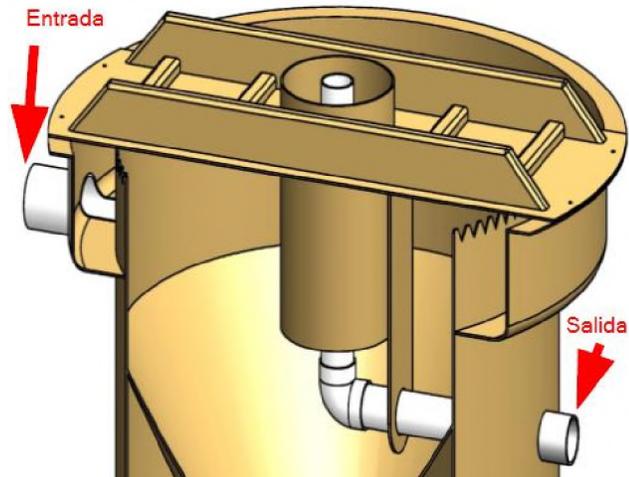


Figura 10. Decantador. Fuente: Integrated Aqua System Inc.

Filtro de Arena y Grava: Este completa el proceso de filtración mecánica y esta confeccionado a partir de un tanque plástico que puede llegar a contener hasta 55 galones de agua. El agua entra a través de un tubo de 3 pulgadas y el interior del tanque está distribuido en 4 capas: en la parte del fondo por piedras lisas del río y ocupan $\frac{1}{4}$ del tanque, la siguiente capa está compuesta por grava ocupando el segundo $\frac{1}{4}$ del tanque, en la tercera capa se utiliza arena filtrada del río y en la última capa que ocupa el $\frac{1}{4}$ superior de la altura del tanque se puede ver el agua filtrada luego de pasar por las capas inferiores. En la parte superior está ubicado un tubo de 3 pulgadas que sirve de salida del agua para ser procesada en la siguiente etapa de filtrado. En la figura 11 se puede observar el diagrama con los elementos y flujo del agua del filtro de arena y grava:

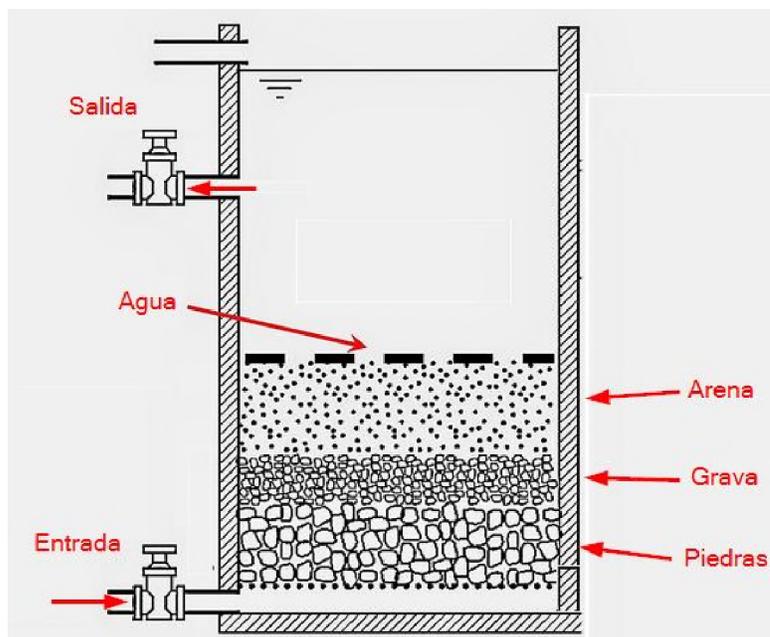


Figura 11. Filtro de Arena y Grava. Fuente: OMS

Biofiltro: Esta confeccionado a partir de un tanque IBC que contiene hasta 1m^3 de agua. El sustrato utilizado en el biofiltro está fabricado a partir de cortar rollos utilizados por impresoras de facturas. Estos trozos de rollos sirven de superficie a ser colonizada por las bacterias nitrificantes, la superficie de contacto específica de cada trozo es de 0.0052m^2 y si se llena un tanque IBC es de $600\text{m}^2/\text{m}^3$ en el caso del filtro biológico de la Granja CV se cuenta con la mitad de un tanque IBC lo que implica que la superficie de contacto es de $300\text{m}^2/\text{m}^3$ según cálculos realizados por el Ing. Amin Marte para el canal de YouTube Piscicultura Ecosostenible Chireno y el detalle de los cálculos, así como fotografías de los trozos de rollos pueden ser vistos en la figura 12:

7.9cm
 $D_i = 2.1\text{cm}$
 $R_i = 1.05\text{cm}$
 $D_e = 1.2\text{cm}$
 $R_e = 0.55\text{cm}$
 AREA ASPAS $\rightarrow 2.32\text{cm}^2$
 $(0.30\text{cm} \times 7.7\text{cm}) \times 24 = 55.44\text{cm}^2$

* AREA BASE INT y EXT CIRCUNF 1
 $= 2 \cdot \pi \cdot R$
 $= 2 \cdot 3.1416 \times 1.05 = 6.6\text{cm}$
 SUPERFICIE (cm^2) = BASE X ALTURA
 $= 6.6\text{cm} \times 7.7\text{cm}$
 $= 50.8\text{cm}^2$
 SUPERFICIE INT y EXT = $50.8\text{cm}^2 \times 2 = 101.6\text{cm}^2$

* AREA BASE INT y EXT CIRCUNF 2
 $= 2 \cdot 3.1416 \cdot 0.55 = 3.45\text{cm}$
 SUPERFICIE (cm^2) = $3.45\text{cm} \times 7.7 = 26.56\text{cm}^2$
 SUPERF INT y EXT = $26.56\text{cm}^2 \times 2 = 53.12\text{cm}^2$

SUPERFICIE TOTAL = $55.44\text{cm}^2 + 101.6\text{cm}^2 + 53.12\text{cm}^2 = 210\text{cm}^2$
 $\approx 0.021\text{m}^2$

COMO CORTA CILINDRO EN 4 PIEZAS
 $\frac{0.021\text{m}^2}{4} = 0.0052\text{m}^2$ POR PIEZA CORTADA
 CANT PIEZAS POR $\text{m}^2 = \frac{1\text{m}^2}{0.0052\text{m}^2} = 200$ PIEZAS

VOLUMEN DE 1 PIEZA CORTADA
 $V = \pi \cdot R^2 \cdot \text{ALT}$
 $V(\text{m}^3) = 0.0000059\text{m}^3$
 $V(\text{cm}^3) = 6.58\text{cm}^3$
 CANT PIEZAS POR $\text{m}^3 = \frac{1000000\text{cm}^3}{6.58\text{cm}^3} \approx 152,000$ PIEZAS CORTADAS
 SUPERFICIE DE 1 PIEZA CORTADA (m^2/m^3) = $\frac{210}{152,000} \times 80\%$
 $\approx 600\text{m}^2/\text{m}^3$
 EL DOBLE DE 1 TAPA PLASTICA

NOTA: 80% PORQUE EN CONTENEDOR LAS PIEZAS NO ESTAN ORDENADAS Y HABRA ESPACIOS ENTRE ELLAS.

Amir Alito



Figura 12. Sustrato y Calculo de superficie de contacto. Fuente: Canal de YouTube Piscicultura Ecosostenible Chireno.

Tanque de Bomba de Agua: Posterior al proceso de filtrado el agua es acumulada en un tanque IBC el cual tiene en el fondo una bomba de agua sumergible que tiene una capacidad de bombeo de 13,000 litros por hora, esto implica que la totalidad del agua del estanque 26,000 litros es bombeada en un total de 2 horas. Ver en figura 13:



Figura 13. Bomba de Agua. Fuente: Amazon.

Luz UV: En el sistema RAS de la Granja CV el último paso en el proceso de recirculación del agua previo a que la misma retorne al estanque implica desinfectar el agua de bacterias, virus, algas y parásitos utilizando una luz ultravioleta tipo C con una potencia de 36W. Ver en figura 14:



Figura 14. Luz Ultravioleta. Fuente: Amazon

Aerador: Tanto el estanque como el filtro biológico requieren oxigenación la cual es provista en forma de aire por compresores y un jet Venturi. En la fase inicial de la crianza (tres primeros meses) se utilizan 2 pequeñas bombas de aire: La principal provee un flujo

de aire de 225 litros por minuto al estanque a través de 4 mangueras difusoras de una longitud de 1 metro y la secundaria provee un flujo de aire de 110 litros por minuto al filtro biológico a través de un tubo múltiple (manifold) de 12 salidas que termina en piedras difusoras. En la fase final se continúa utilizando la bomba de aire que va al filtro biológico y se agrega un jet Venturi para suplir mayor caudal de aire, específicamente $10\text{m}^3/\text{h}$. Ver en figura 15:



Figura 15. Bombas de Aire y Jet Venturi. Fuente: Amazon.

2.3.3 Identificación de Componentes de la Infraestructura a Optimizar.

En este apartado de la investigación como parte del diagnóstico de la infraestructura de la Granja CV se explorarán las opciones técnicas disponibles para sugerir los componentes que pueden ser sustituidos, agregados, removidos o redimensionados con el objetivo de posteriormente deliberar y tomar las mejores decisiones al respecto de la propuesta de un plan para la optimización de la infraestructura actual para aumentar la producción en la crianza de tilapias mediante un sistema RAS del proyecto acuícola Granja CV.

Las tres grandes áreas por explorar para la identificación de los componentes serán:

Filtración Mecánica, Filtración Biológica y Oxigenación.

2.3.3.1 Propuestas de mejoras para la filtración mecánica.

Existen diversos métodos para realizar filtración mecánica, en la acuicultura tecnificada la solución más ampliamente aceptada es la utilización de filtros de rotación tipo tambor en ingles Rotary Drum Filters (RDFs). Los RDFs son maquinas que remueven los sólidos suspendidos en el agua parámetro conocido como TSS en ingles Total Suspended Solids. Esto es posible haciendo que el flujo del agua atraviese un cedazo con poros ultrafinos que pueden variar de los 50-200 μm en donde los sólidos serán capturados y posteriormente retirados del sistema a través de tuberías de desagüe utilizando boquillas con alta presión de agua que cuando un sensor les indique que el cedazo esta obstruido procederá a lavar el mismo.

En el proyecto Granja CV la inclusión de este dispositivo implica la sustitución del sistema de filtración mecánica compuesto por 2 elementos; esto quiere decir que se sustituyen el decantador y el filtro de grava y arena por un RDF los componentes actuales de la infraestructura requieren bastante esfuerzo por parte del encargado de realizar los

mantenimientos regulares de limpieza. La inclusión de un RDF automatiza el proceso de limpieza, aunque implica un mayor consumo de energía eléctrica. Además, para mejorar los indicadores del parámetro TSS solo se requiere la sustitución del cedazo por uno de menor cantidad de micrones; es decir, mientras menos micrones tenga el cedazo mayor será el nivel de filtración mecánica del RDF.

Las características más relevantes para tomar en consideración al momento de seleccionar un RDF para un sistema son: Diámetro de las tuberías de la entrada y salida de agua al dispositivo, flujo de agua que el dispositivo maneja, formas en las que acepta la entrada del agua; es decir, a través de una bomba de agua o por gravedad; por último, otro elemento importante es la cantidad de micrones que maneja el cedazo del dispositivo.

Para ilustrar los componentes de la infraestructura identificados a ser afectados por cambios en el proceso de filtración mecánica expuesto anteriormente ver la figura 16:

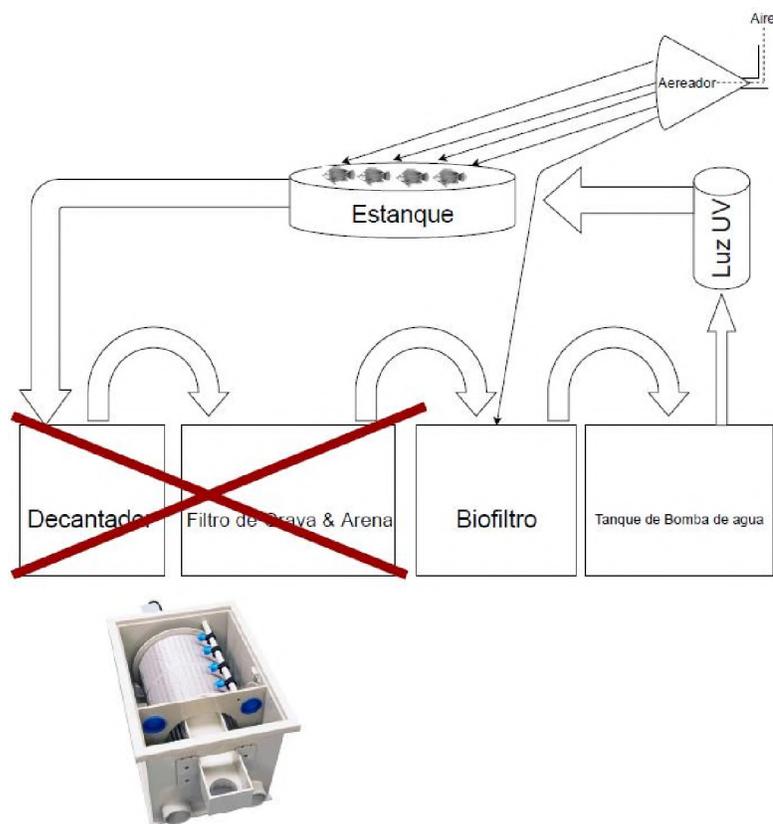


Figura 16. Identificación de componentes a sustituir en el proceso de filtración mecánica. Fuente: (Violet, 2022)

Se sugiere la utilización de un filtro de tambor o RDF que cuente con las siguientes características:

- Tamiz: 50 micrones.
- Capacidad máxima de flujo de agua a tratar: 40,000-60,000 litros por hora
- Diámetro de las tuberías de entrada y salida de agua: 4-8 pulgadas
- Forma de entrada del agua al filtro: Gravedad

Justificación:

Se elige este equipo porque permite un flujo de agua del doble de la capacidad del estanque lo que beneficiara el proyecto con un menor consumo eléctrico dado que los

aspersores que limpian el tamiz entraran en funcionamiento cuando el nivel del agua suba y esto no ocurrirá regularmente por la holgura en la capacidad del filtro. Por la disposición del estanque se elige que la entrada del agua al filtro sea por gravedad y las dimensiones de las tuberías de entrada y salida del agua obedecen a la mecánica de fluidos. Adicionalmente el tamizaje seleccionado obedece a que las partículas disueltas mayores a $50\ \mu\text{m}$ al pasar por la luz ultravioleta pueden esconder patógenos que posiblemente afecten la calidad del agua de cultivo.

2.3.3.2 Propuestas de mejoras para la filtración biológica.

La etapa de filtración biológica del proyecto Granja CV es realizada a través de un proceso de tratamiento de agua conocido como Reactor Biológico en Movimiento con Membranas, en ingles se conoce como Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). Esta etapa del filtrado debe ser readecuada para filtrar la cantidad de contaminantes biológicos adicionales que generaran la cantidad proyectada de biomasa del estanque (5,000 libras), esto será posible redimensionando la cantidad de sustrato (bio bolas) que contendrá el Biofiltro.

La característica más relevante por tomar en consideración al momento de redimensionar un Biofiltro es la superficie de contacto del sustrato a utilizar en el mismo; es decir, si para el caso de la Granja CV se utilizara un Biofiltro con dimensionamiento de 1m^3 y no se pretende ampliar el mismo se debe adquirir un sustrato proporcione una mayor superficie de contacto de forma tal que se obtenga un mejor aprovechamiento del espacio dado la eficiencia del sustrato y la capacidad del mismo de filtrar un mayor volumen de agua.

Se sugiere redimensionar el filtro biológico de forma tal que cumpla con las siguientes características:

- Superficie específica del biomedio (Biobolas): $>3,500 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- La huella del filtro (tamaño) depende del TAN a depurar. Elementos adicionales influyen: Salinidad, temperatura y altitud.
- La tecnología de biofiltración debe ser consultada con un suplidor.

Justificación:

Si bien como parte de la investigación se pueden realizar los cálculos que nos brinden una aproximación que nos ayude a determinar el TAN, la superficie específica y la huella del filtro; estos cálculos pueden resultar en un sub-dimensionamiento o un sobredimensionamiento es por esto que lo apropiado es contactar un suplidor de tecnologías de biofiltración para que este realice las sugerencias pertinentes y realice los cálculos a partir de las investigaciones de laboratorio que el mismo haya realizado.

2.3.3.3 Propuestas de mejoras para el sistema de oxigenación.

En los sistemas RAS tecnológicos para lograr un incremento tan considerable como el planteado (500%) se debe suplir oxigenación a través de otros métodos que no impliquen aeración mecánica. Para el incremento en la densidad de siembra de tilapias de la Granja CV una de las mejores opciones es la utilización de un sistema de inyección de oxígeno puro a la columna de agua.

Para la inyección de oxígeno puro existen múltiples opciones a considerar, las más destacadas son las siguientes: Adquirir un generador de oxígeno diseñado

específicamente para suplir oxígeno a proyectos acuícolas (ver figura 17) y utilizar tanques de oxígeno del tipo utilizado en ambientes médicos.



Figura 17. Concentrador de Oxígeno. Fuente: Pentair

A pesar de que los métodos de inyección de oxígeno puro anteriormente mencionados son viables en la acuicultura estos tienen sus ventajas y desventajas; sin embargo, para eficientizar la capacidad de inyección de oxígeno en la columna de agua por parte de ambas soluciones se requiere la utilización de un cono saturador de oxígeno el cual tiene como propósito mezclar el oxígeno inyectado en el agua a través de presión. En la figura 18 se muestran diferentes modelos de conos saturadores de oxígeno:

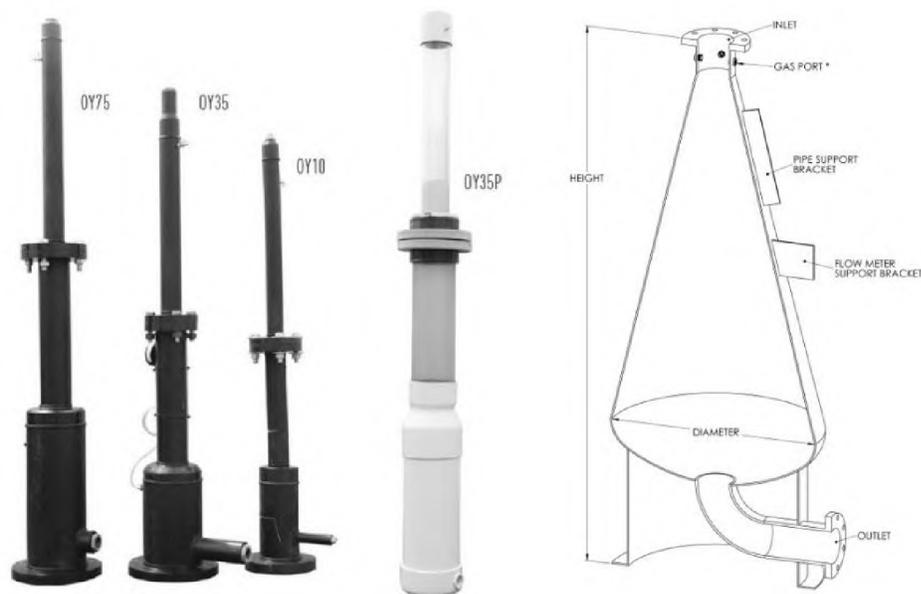


Figura 18. Modelos de Conos Saturadores de Oxígeno. Fuente: Pentair.

Las características más relevantes por tomar en consideración al momento de seleccionar un generador de oxígeno son: la cantidad de litros por minuto de oxígeno que el dispositivo puede generar, el porcentaje de pureza de la concentración de oxígeno que provee el dispositivo y la presión en la que el dispositivo entrega el oxígeno. En cuanto a los tanques de oxígeno se debe consultar con la empresa proveedora de los mismo el porcentaje de pureza de estos. Por último, en cuanto a los conos saturadores de oxígeno la característica más relevante es el caudal máximo que el mismo puede manejar.

Se sugiere la utilización de una combinación de concentrador de oxígeno con cono saturador que cuenten con las siguientes características:

- Concentrador de oxígeno: 10 litros por minuto con una pureza del 98%
- Cono de oxígeno: Capacidad de flujo de 30,000 litros por hora.

Justificación:

Se sugiere como solución para la etapa de recuperación de oxígeno la implementación de una combinación de un generador de oxígeno y un cono saturador porque esta combinación brinda el mayor aprovechamiento del oxígeno generado in situ y el mismo es entregado con una gran saturación en la entrada del estanque. La gran saturación de oxígeno es transitoria dado que las propiedades físicas del agua causan que el oxígeno en exceso sea liberado a la atmosfera evitando que la exposición prolongada de niveles excesivos de oxígeno disuelto en el agua cause que los peces sufran de la enfermedad de la burbuja causada por la exposición de estos a ambientes con grandes sobresaturaciones de gases.

2.3.3.4 Propuestas adicionales.

Se sugieren los siguientes cambios adicionales en la infraestructura:

- Bomba de agua de 26,000 litros por hora
- Luz ultravioleta que permita un flujo de al menos 30,000 litros por hora y una potencia (MJ/CM^2) que permita desinfectar virus y bacterias.

Justificaciones:

Se sugiere un bomba que permita la recirculación del total del agua del estanque para tener una tasa de recambio que filtre más rápido los elementos contaminantes del sistema.

La luz ultravioleta sugerida debe permitir el flujo de agua que envíe la bomba de recirculación sin ralentizar el flujo; por otra parte, la potencia de la luz ultravioleta debe ser consultada con el suplidor de forma tal que se ajuste al tipo de desinfección deseada, para el caso se desea la desinfección de virus y bacterias.

2.3.3.5 Diagrama de la infraestructura propuesta.

Para visualizar de forma gráfica las propuestas de infraestructura a optimizar debajo la figura 19:

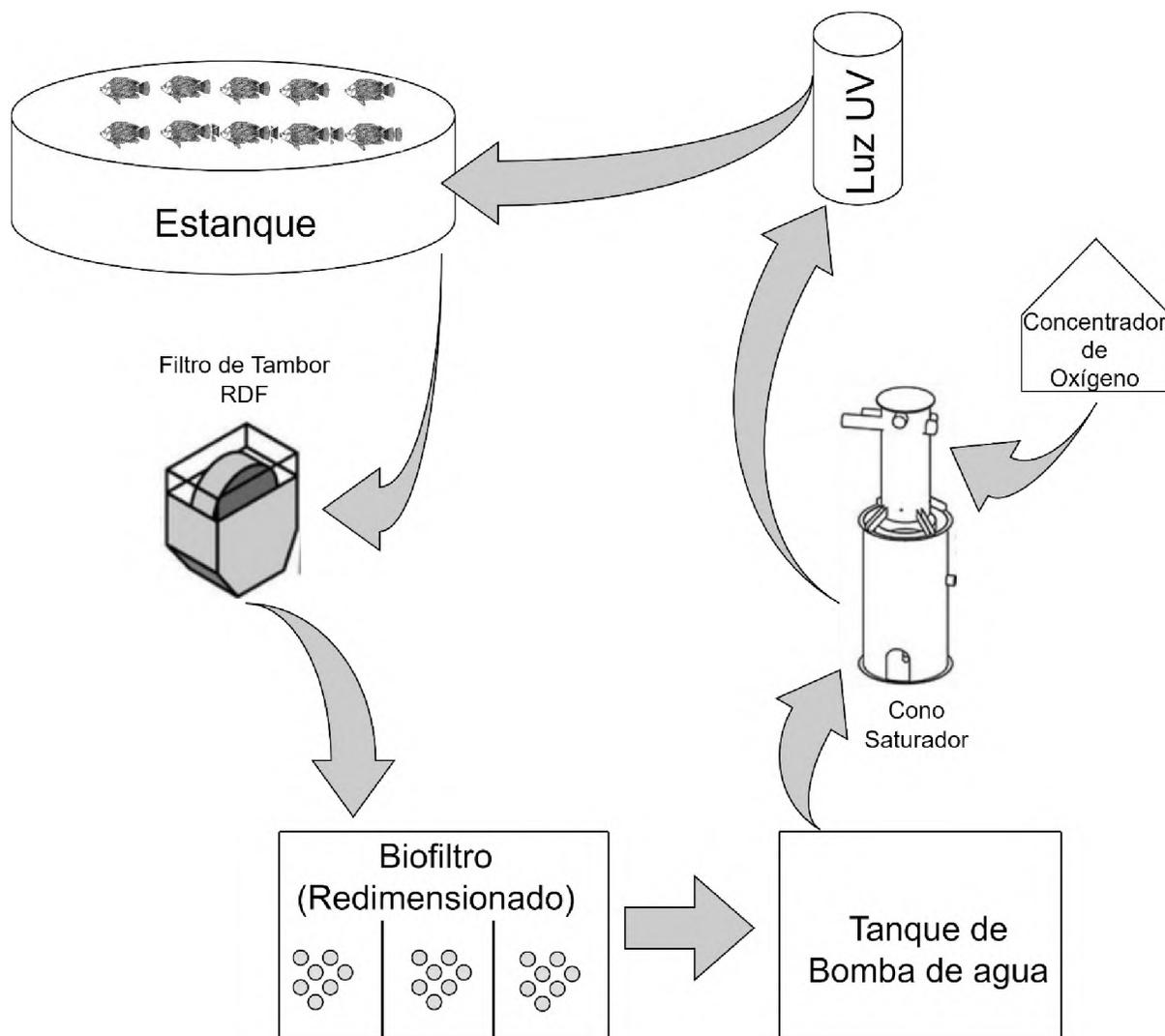


Figura 19. Diagrama de infraestructura sugerida. Fuente: (Violet, 2023)

Esta investigación está enfocada desde el punto de vista de la determinación de la viabilidad operativa y técnicas; por tanto, se recomienda otra investigación en la cual se consideren los costes asociados a los gastos de diseño, adquisición, implantación, operación y mantenimiento de las infraestructuras recomendadas.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Diseño Metodológico

La investigación tiene un enfoque mixto. En el libro Metodología de la Investigación (Quinta Edición) los autores: Dr. Roberto Hernández Sampieri, Dr. Carlos Fernández Collado y la Dra. María del Pilar Baptista Lucio se definen los métodos mixtos de la siguiente manera:

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos de investigación sistemáticos, empíricos y críticos que también incluyen la recopilación y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como la integración y discusión de su razonamiento general, para extraer conclusiones de toda la información recopilada (inferencias sintetizadas) llegando al resultado final para entender más sobre el fenómeno en estudio (Hernández Sampieri y Mendoza, 2008).

Las características del enfoque mixto se ajustan al planteamiento de nuestra investigación puesto que para validar la propuesta de un plan de optimización de la infraestructura de un sistema de recirculación de agua se utilizarán estadísticas de parámetros de cultivo para medir la viabilidad operativa de llevar a cabo dicho plan; así también, se realizarán entrevistas a expertos en el área para escuchar sus apreciaciones al respecto de las infraestructuras planteadas y se realizarán visitas para observar el desempeño de infraestructuras similares.

En el libro Metodología de la Investigación (Quinta Edición) los autores: Dr. Roberto Hernández Sampieri, Dr. Carlos Fernández Collado y la Dra. María del Pilar Baptista Lucio definen Diseño como Plan o estrategia para obtener la información que se requiere

en una investigación. Parte del proceso de diseño de una investigación implica es decidir el tipo de diseño a utilizar:

Experimental: Creswell (2009) lo llama un estudio de intervención experimental porque el investigador crea una situación para tratar de explicar cómo afecta a los participantes frente a los no participantes.

No Experimental: En el libro Metodología de la Investigación (Quinta Edición) los autores definen este concepto como Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

La presente investigación se elabora en base a un diseño no experimental, esto afianzado en el planteamiento de Mertens (2005) quien señala que la investigación no experimental es apropiada para variables que no pueden o deben ser manipuladas o resulta complicado hacerlo.

3.2 Tipo de Estudio y Método

Según el libro Metodología de la Investigación (Quinta Edición) se define los diseños transeccionales o transversales como: “Estudios que recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. Los diseños de estudios transeccionales o transversales suelen dividirse en tres tipos: diseños exploratorios, diseños descriptivos y diseño correlacionales-causales. Esta investigación utiliza el diseño descriptivo pues en este tipo de diseño establece una hipótesis de pronóstico de una cifra o valores. Por otra parte, esta investigación también es del tipo exploratorio puesto que en esta se realiza una

exploración inicial de la situación de la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV. Como se puede observar en la figura 20 se muestra el diagrama de la elección de diseño de investigación realizado:



Figura 20. Diagrama de Elección de Diseño de investigación. Fuente: Metodología de la Investigación (2014)

El plan para sugerir la optimización de la infraestructura del sistema de recirculación de agua implica que los parámetros de cultivo de las tilapias por cosechas sean seguidos estrechamente para determinar que las condiciones necesarias sean óptimas para su desarrollo, con esto se alcanza uno de los objetivos específicos de la investigación el cual indica que se pretende aumentar la producción de tilapias de 1000 a 5000 libras por cosecha; es por esto, que el diseño transeccional o transversión de los tipos exploratorio y descriptivo se ajustan a nuestra investigación puestos que se estará realizando una exploración inicial a través de un diagnóstico de la infraestructura y posteriormente se realizara una hipótesis de pronóstico de los valores de los parámetros para el correcto desarrollo de las tilapias durante el tiempo del cultivo de las mismas.

Para este estudio se utilizaron diferentes técnicas de recolección de datos para validar que el plan de optimización a proponer sea técnicamente realista, funcional y basado en estudios científicos comprobados. Para esto la investigación se sustenta en consultas

bibliográficas, fichas técnicas, entrevistas y visitas a proyectos con sistemas e infraestructuras similares a las que serán propuestas.

3.3 Localización: Delimitación en Tiempo y Espacio

Esta investigación se lleva a cabo tomando con consideración las delimitaciones de la granja actual, ubicada en la calle 17, no. 24, del sector de los Ángeles, en el Km. 13 de la Autopista Duarte, perteneciente al Distrito Nacional.

La investigación estima que el tiempo requerido para llevar a cabo la elaboración de la propuesta de un plan para la optimización del sistema requiere un periodo de 1 año comprendidos en los meses de abril 2023 a marzo 2024.

3.4 Técnicas de Investigación

Con el propósito de obtener información de valor referente a los requerimientos necesarios para lograr un incremento del 500% en la producción de tilapias llevando a cabo mejoras en la infraestructura actual se utilizan múltiples técnicas de investigación:

- a) **Consultas Bibliográficas:** Se validan investigaciones publicadas por respetables investigadores en el campo de la acuicultura a través de los cuales se valida la viabilidad operativa del plan a proponer.
- b) **Fichas Técnicas de los equipos:** Se verifica en las fichas técnicas de los equipos el cumplimiento de las características esperadas de los equipos a sugerir en la propuesta de mejoras en el sistema.
- c) **Entrevistas a Asesores Acuícolas:** Los entrevistados son los asesores e investigadores acuícolas Edwin Reyes y Miguel Reyes (ver Anexo I) ambos con credenciales nacionales e internacionales y con una probada trayectoria en el rubro.

- d) **Entrevistas a suplidores de equipos Acuícolas:** Los entrevistados son los suplidores de equipos acuícolas Fertiagua, Piscicultura Ecosostenible Chireno y Piscicultor Carlos Herrera (ver Anexo II) todos con presencia local y un fuerte arraigo en el mercado.
- e) **Visitas de campo:** Estas incluyen visitas a proyectos: Granja Gurabo, INFOTEP Bonaó, Acuponia.do y residencia del piscicultor Amin Marte con características similares al proyecto objeto del estudio en los cuales se implementaron infraestructuras semejantes a las que serán sugeridas en el plan con miras a homologar la experiencia que han tenido dichos productores posterior a la implementación de las mejoras en sus sistemas particulares. Por otra parte, se visitó la Estación Experimental Acuícola Santiago (EEAS) ubicada en Santiago dentro de los terrenos de la universidad ISA en donde se recogen experiencias de proyectos no visitados pero asesorados por el personal de la institución.

3.5 Instrumentos de Investigación

Según Grinnell y Unrau (2007) las entrevistas se dividen en estructuradas, semiestructuradas o no estructuradas, o abiertas. En la investigación se realizarán entrevistas semiestructuradas tomando en consideración que para las mismas se cuenta con una guía de preguntas y que este tipo de entrevistas nos brinda la flexibilidad de introducir preguntas adicionales para profundizar en conceptos que nos brinden más información referente al tema en cuestión. La guía de preguntas de las entrevistas cuenta con preguntas abiertas con el objetivo de brindarle la oportunidad a los entrevistados de aportar informaciones adicionales que no necesariamente se contemplaron al inicio de la investigación.

La investigación utiliza como instrumentos de recolección de datos las siguientes fuentes: Observaciones del ambiente (visitas de campo) y recolección enfocada (entrevistas, documentos y experiencias)

3.6 Procedimiento de Recolección de Datos

El levamiento de las informaciones de la presente investigación se realiza utilizando instrumentos de recolección de datos a partir de fuentes del tipo: Observaciones del ambiente (visitas de campo) y recolección enfocada (entrevistas, documentos y experiencias)

El análisis de los datos recabados arroja los resultados de las entrevistas, visitas a granjas, fichas técnicas de equipos acuícolas y consultas bibliográficas.

Las consultas bibliográficas que tienen como finalidad avalar con investigaciones científicamente probadas los parámetros operativos requeridos en los equipos a sugerir tomando en consideración la biomasa esperada al finalizar la cosecha, las comparativas de las fichas técnicas en las cuales se explora las diferentes opciones disponibles así como sus capacidades, las visitas a granjas en donde se observa el funcionamiento de estructuras similares y se escuchan las experiencias de los propietarios y/o administradores; por último, las entrevistas a suplidores de equipos, asesores e investigadores acuícolas en las cuales se valida la viabilidad operativa de los equipos propuestos dado el caso de estudio; así también, se escuchan sus sugerencias.

En la figura 21 se presenta un esquema del proceso de recolección de datos utilizado en la investigación:

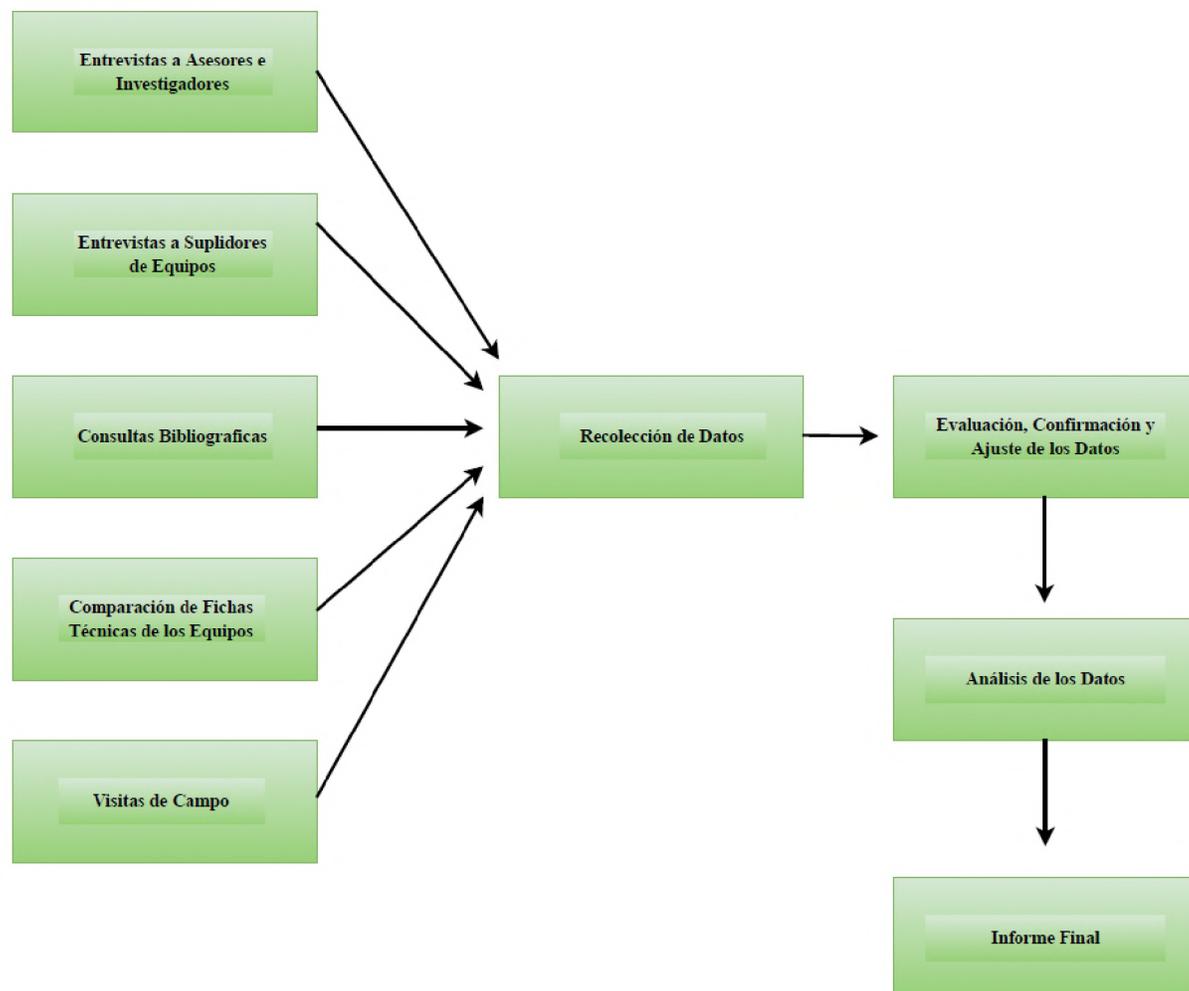


Figura 21. Diagrama Proceso de Recolección de Datos. Fuente: (Violet,2022)

Los resultados de las informaciones recopiladas en el transcurso de esta investigación se procesan electrónicamente utilizando los softwares de paquetes de oficina Microsoft Office 365 y la elaboración de los diagramas se realiza en el software draw.io

3.7 Criterios de Inclusión y Exclusión

La investigación incluye a fabricantes, distribuidores, suplidores e importadores locales e internacionales de infraestructuras para sistemas acuícolas, así también, asesores e investigadores locales del sector. Se incluyen los propietarios y/o administradores de granjas locales visitadas. Por otra parte, se excluyen de la investigación a los fabricantes, distribuidores e importadores de soluciones artesanales, así también a los particulares no asociados al rubro de la acuicultura.

3.8 Aspectos Éticos Implicados en la Investigación

Según Wiersmar y Jurs (2008) los aspectos éticos relacionados a una investigación son:

- Consentimiento o visto bueno para participar.
- Privacidad
- Debe respetar las circunstancias bajo las cuales se lleva a cabo una investigación obteniendo la autorización apropiada de una persona autorizada para observar y cumplir con las reglas de acceso al sitio.
- Limitaciones establecidas para la investigación y las nuestras propias.

La investigación actual observa los criterios planteados anteriormente.

3.9 Estándar de Dirección del Proyecto

La metodología que se utilizará durante la presentación de la propuesta de plan estará basada en el estándar de la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Según la guía el ciclo de vida de un proyecto está compuesto por cinco

grupos de procesos los cuales permiten al director del proyecto llevar a cabo el plan de la manera más eficiente.

Según el estándar establecido en el PMBOK los grupos de procesos de la dirección de proyectos son los siguientes:

Grupo de proceso de inicio: Dan inicio formal al proyecto; para esto, se genera el acta de constitución del proyecto.

Grupos de procesos de planificación: Exponen los elementos y documentos que serán utilizados para llevar a cabo el proyecto; para esto, se generan los entregables plan de alcance, plan de cronograma, plan de comunicaciones, plan de adquisiciones y plan de interesados.

Grupo de procesos de ejecución: Se llevan a cabo las acciones requeridas para cumplir con los objetivos del proyecto.

Grupo de procesos de monitoreo y control: Dan seguimiento realizando un análisis del desempeño del proyecto para compararlo con los objetivos planteado al inicio y validan que se satisfagan las necesidades y requerimientos preestablecidos; en caso de no ser así, se llevan a cabo las acciones correctivas de lugar para alcanzar objetivos del proyecto.

Grupo de procesos de cierre: Validan que todos los procesos sean completados para dar cierre formal al proyecto. Se producirán las actas de cierre y el documento de lecciones aprendidas.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Capítulo IV

Presentación y Discusión de los Resultados

Las técnicas de recopilación de datos utilizadas en esta investigación incluyen: entrevistas y visitas de campo. Las entrevistas permitieron enriquecer la investigación con las opiniones de asesores e investigadores altamente preparados y experimentados en acuicultura. Las entrevistas a los suplidores permitieron tener una mejor visión de los equipos disponibles para el mercado local.

Las guías de entrevistas son tabuladas alineando las preguntas a los objetivos de la investigación. Ver Anexos IV & V.

Las visitas de campo sirvieron para observar y escuchar las experiencias de los administradores o dueños de proyectos acuícolas con sistemas RAS con enfoques y orientaciones diversas; esto con el propósito de ampliar nuestro campo de visión en la investigación.

4.1 Resultados de las Entrevistas a Asesores e Investigadores Acuícolas

Las entrevistas a los asesores e investigadores acuícolas se aplican a dos personas que han realizado grandes aportes al sector acuícola. Los entrevistados: el Ing. Edwin Reyes y el Ing. Miguel Reyes, ambos cuentan con una basta preparación y experiencia en el área adquirida a través de estudios nacionales e internacionales que les han servido para asesorar proyectos a nivel nacional e internacional; así también, llevar a cabo investigaciones que han aportado avances a la acuicultura dominicana.

Tomando en consideración el objetivo #1 de la investigación que es describir la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV se cuestionó a los entrevistados al

respecto de ¿Cómo describen el proyecto Granja CV? En general ambos describen el proyecto como funcional y viable con los elementos colocados en secuencia lógica y que cumplen con los requerimientos para definirse como un sistema RAS.

En cuanto al objetivo #2 de la investigación que es identificar los elementos de la infraestructura que se deben ser sustituir, modificar o agregar para aumentar la producción de tilapias de 1000 a 5000 libras por cosecha se cuestionó a los entrevistados y estos indican que es importante tomar en consideración que la etapa de oxigenación se ajuste a la cantidad de biomasa que se proyecta cosechar, prestar atención al manejo de los desechos sólidos, dimensionar apropiadamente el biofiltro y el sistema de bombeo de agua.

Atendiendo al objetivo #3 de la investigación que es determinar la viabilidad operativa de llevar a cabo la optimización de la infraestructura del sistema los entrevistados al ser cuestionados respondieron que si se pretende utilizar un filtro de tambor o RDF es una opción viable siempre y cuando sea correctamente dimensionado; por otra parte, en cuanto a la oxigenación ambos coinciden que para llevar a cabo un incremento de este tipo es necesario cambio de aireación a oxigenación pero no coinciden en la opción más viable a utilizar.

Para ver las preguntas específicas planteadas, así como sus respuestas favor referirse al anexo IV.

4.2 Resultados de las Entrevistas a Suplidores de Equipos Acuícolas

Las entrevistas a suplidores de equipos acuícolas se aplican a dos empresas que han realizado grandes aportes al sector acuícola. Los entrevistados son Cesar Media por parte

de FertiAgua y Aquilino Chireno por parte de la empresa Piscicultura Ecosostenible Chireno. Ambas empresas proveen al mercado local asesoría, equipos de aireación como Blowers, Splashes, Venturi, etc. Adicionalmente ofrecen insumos acuícolas como equipos y kits de medición de parámetros.

Tomando en consideración el objetivo #1 de la investigación que es describir la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV se cuestionó a los suplidores de equipos acuícolas entrevistados al respecto de ¿Cómo describen el proyecto Granja CV? En general ambos describen el proyecto como un buen proyecto con dimensiones correctas, bueno para entrenar y realizar estudios e investigaciones.

En cuanto al objetivo #2 de la investigación que es identificar los elementos de la infraestructura que se deben sustituir, modificar o agregar para aumentar la producción de tilapias de 1000 a 5000 libras por cosecha, se cuestionó a los suplidores de equipos acuícolas entrevistados y estos coinciden en que se debe redimensionar la capacidad del filtro biológico y migrar de aireación a oxigenación. Adicionalmente indican que se debe cambiar la filtración mecánica por un filtro de tambor.

Atendiendo al objetivo #3 de la investigación que es determinar la viabilidad operativa de llevar a cabo la optimización de la infraestructura del sistema los suplidores de equipos acuícolas entrevistados al ser cuestionados respondieron que la utilización de un filtro de tambor o RDF es viable operativamente, así también estos indican que no cuentan con equipos RDFs pero uno de los suplidores dice estar dispuesto a importar dichos equipos a solicitud de los clientes y de acuerdo a sus necesidades particulares; por otra parte, en cuanto a la oxigenación ambos coinciden en que el cambio de aireación a oxigenación es la opción operativamente viable para criar la cantidad de peces proyectada; al igual que

para los RDFs, en el caso de los sistemas de oxigenación los suplidores indican no contar con dichos equipos pero en caso de ser solicitados por los clientes realizarían el proceso de importación.

Para ver las preguntas específicas planteadas, así como sus respuestas favor referirse al anexo V.

4.3 Resultados de las Visitas de Campo

Durante el proceso investigativo se realizan visitas de campo a varios proyectos acuícolas, durante los recorridos se establecieron conversaciones mientras se realizaban observaciones de los procesos de cultivos utilizados por dichos proyectos.

Los proyectos visitados son: INFOTEP Bonaó, Acuponia.do, Proyecto Gurabo y el proyecto de traspatio desarrollado en la residencia del Ing. Amin Marte. Estos proyectos tienen en común la utilización de RAS como tipo de sistema de cultivo, cada uno cuenta con diferencias que serán exploradas a continuación.

Los proyectos visitados tienen propósitos y enfoques diferentes, cada uno está orientado a una actividad que responde a los intereses particulares de los propietarios, de los cuatro proyectos visitados dos de ellos tienen propósitos educativos, uno de los dos proyectos también tiene intereses comerciales, otro es meramente comercial y el cuarto tiene propósitos investigativos y de autoconsumo. Ver figura 22:



Figura 22. Propósitos de proyectos visitados. Fuente (Vialet,2023)

Los entornos en los cuales son desarrollados los proyectos visitados son en un 75% zonas urbanas los cuales están instalados en locales comerciales o residencias; por otra parte, el 25% de los proyectos visitados están ubicados en zonas rurales. Es importante tomar en consideración la zona en las que se desarrollan los proyectos por situaciones que afectan el entorno tales como: nivel de ruido permitido en la zona, disponibilidad de recursos naturales (agua) y disponibilidad espacial. Ver figura 23

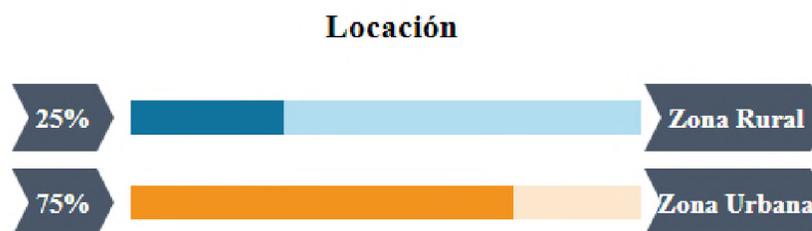


Figura 23. Locación de proyectos visitados. Fuente (Vialet,2023)

Los proyectos visitados cuentan con estructuras elaboradas de manera artesanal; es decir, se utilizaron o fabricaron elementos para servir en propósitos relacionados al sistema de recirculación, un ejemplo de estos es la utilización de tapas plásticas de botellas como

biomedio en los filtros biológicos. Otros proyectos utilizan estructuras puramente industriales las cuales se diseñaron y concibieron específicamente para proyectos acuícolas. Por último, uno de los proyectos cuenta con combinación de elementos artesanales e industriales resultando en estructuras mixtas como se muestra en la figura 24. Para ver detalles de los tipos de estructura por proyecto ver Anexo III.

Tipos de Estructuras

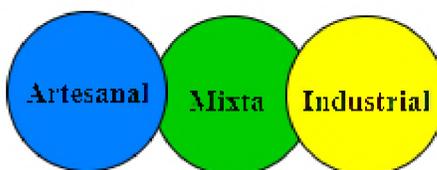


Figura 24. Tipos de estructuras. Fuente: (Violet, 2023)

Durante los recorridos realizados se observaron proyectos de diferentes envergaduras. Algunos proyectos del tipo familiar los cuales son de autoconsumo y no cuentan con una alta producción, otros de mediana escala los cuales tienen como propósito educar y/o comercializar parte de la producción y por último otros proyectos meramente comerciales que son de una escala mayor. Esto se puede evidenciar en la cantidad de estanques destinados a la producción. En la figura 25 se pueden observar los estanques destinados por cada proyecto a la producción de tilapias.

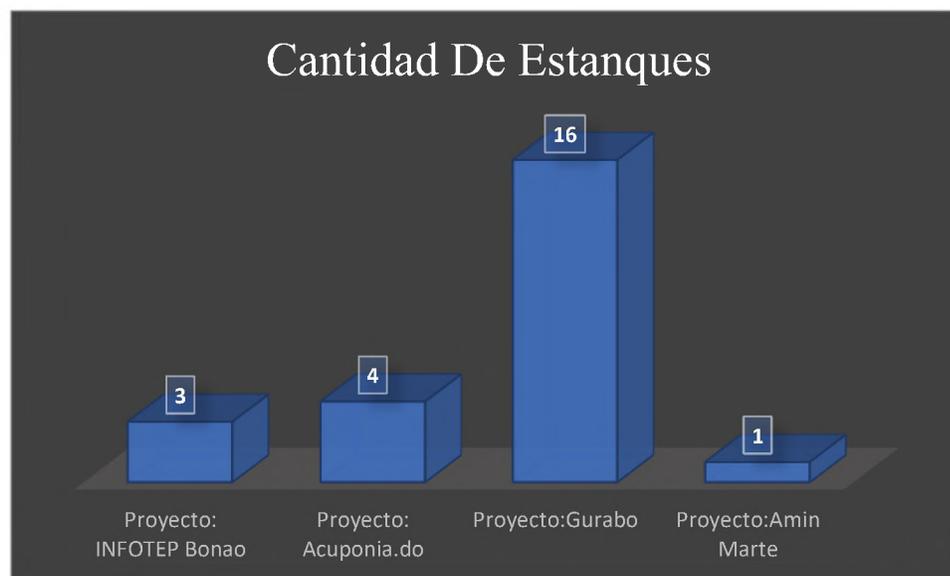


Figura 25. Cantidad de estanques por proyecto. Fuente: (Violet,2023)

Los métodos de filtración mecánica observados en los proyectos visitados varían y cada uno se ajusta a las necesidades productivas, capacidades técnicas y disponibilidad de inversión de capital en la etapa de diseño del proyecto. Los métodos de filtración mecánica utilizados por proyecto están íntimamente asociados en la capacidad productiva y cantidad de estanques por proyecto. Ver figura 26.



Figura 26. Método de filtración mecánica por proyecto. Fuente: (Violet,2023)

El gran reto al momento de dimensionar un filtro biológico es determinar la superficie específica del biomedio a utilizar, el TAN (Total Nitrógeno Amoniacal) a depurar y el tamaño del contenedor del biomedio mejor conocido como huella del filtro. En cuanto a la etapa de filtración biológica en los proyectos visitados se evidencian dos grandes grupos: filtros de lechos fijos y filtros de lechos móviles. Los filtros de lechos fijos se confeccionaron a partir de grava o zeolita, para el cálculo de la superficie específica de estos biomedios (grava y zeolita) según estimaciones científicas realizadas por el investigador Michael Timmons en su libro *Recirculating Aquaculture 4th Edition* se estiman a partir del tamaño de la grava o la zeolita. Los filtros de lechos móviles uno fue confeccionado a partir de elementos reciclados (tapas plásticas, trozos de rollos de impresoras y recortes de tuberías) y el otro biomedio utilizado fue bio bolas industriales mejor conocidas como K1, K2, K3, etc. dependiendo de su superficie específica. En la figura 27 se visualizan los biofiltros utilizados en los proyectos visitados:



Figura 27. Métodos de filtración biológica utilizadas en los proyectos visitados. Fuente: (Vialet, 2023)

Al momento de diseñar la solución para proveer oxígeno al agua de los proyectos acuícolas se puede optar por dos grandes renglones: Aireación y oxigenación. La

aireación toma el aire del ambiente y lo inyecta al agua lo cual según Michael Timmons en su libro *Recirculating Aquaculture 4th Edition* implica que solo un 21% de oxígeno será transferido a la columna de agua; por otra parte, la oxigenación permite inyectar al agua entre un 90-98% de oxígeno. Esto indica que la mejor solución para proveer oxigenación al agua y poder tener una mayor biomasa en el estanque es la utilización de un método de oxigenación con un equipo concentrador de oxígeno. Cabe destacar que la utilización de un concentrador de oxígeno por sí solo podría resultar en un desaprovechamiento del equipo es por esta razón que se suele implementar junto a un cono saturador de oxígeno el cual permite una mejor mezcla de las moléculas de oxígeno en el agua. En los proyectos visitados se observó que el principal método de inyección de oxígeno al agua utilizado es la aireación, pero en el proyecto en el cual existe una mayor densidad de peces producidos el método utilizado es la inyección de oxígeno puro generado por un concentrador de oxígeno en conjunto con un cono saturador. (Ver figura 28)



Figura 28. Métodos de oxigenación utilizados en los proyectos visitados. Fuente: (Violet,2023)

Los métodos de desinfección disponibles para los proyectos acuícolas son variados, algunos muy invasivos, como los químicos: ozono, osmosis, formalina, etc. Por otra

parte, existen métodos menos invasivos como la luz ultravioleta la cual según se observó en los proyectos visitados es utilizado en un solo de los proyectos (proyecto Gurabo) el cual es de carácter comercial y maneja una alta producción por lo cual no se puede permitir la existencia de una gran cantidad de bacterias, virus y algas que puedan poner en riesgo la producción. Para ver en detalle los métodos de desinfección utilizados en cada proyecto visitado ver Anexo III.

Cada proyecto visitado cuenta con una orientación: educativo, investigativo, autoconsumo y comercial. La producción de cada proyecto está relacionada a la orientación de este, es por esto por lo que dos de los proyectos no cuentan con una producción específica puesto que como uno de sus enfoques es el educativo esto no está asociado a tener una producción estable de peces. Uno de los proyectos es utilizado para fines investigativos y de autoconsumo este posee una producción de 50-60 libras por cosecha las cuales no son comercializadas puesto que son para autoconsumo. Uno de los proyectos es meramente comercial y debe asegurar tener productos disponibles para la comercialización, este produce 4 toneladas de tilapia cada 10 días (Ver Anexo III).

Como parte del proceso de determinación de la viabilidad operativa de los métodos de filtración mecánica y biológica; así también, el método de oxigenación utilizado en los proyectos visitados se exploraron los retos y fortalezas que presentan cada uno.

En los proyectos visitados se evidencia que uno de los grandes retos que presenta la utilización de un método de filtro mecánico en comparación con otro es el mantenimiento recurrente que implica la utilización de decantadores vs la implementación de un RDF.

En cambio, la fortaleza de los decantadores en comparación con los RDFs es que los

primeros no utilizan energía eléctrica en cambio los RDFs requieren estar energizados para poder realizar la labor de filtración.

En cuanto a los retos concernientes a la filtración biológica observados en los proyectos visitados se evidencia que la acumulación de materia orgánica producto de fallos en la filtración mecánica podría representar el colapso de la etapa de filtración biológica, puesto que al pasar materia orgánica al filtro biológico las bacterias heterótrofas que cumplen la misión de filtrar el nitrógeno producido en los estanques tienen que competir por el espacio disponible en el bio medio con bacterias autotróficas producto de la materia orgánica que se escapa de la etapa de filtración mecánica. Otros retos por tomar en consideración referente a los filtros biológicos de lecho fijo es que los mismos pueden causar una restricción del flujo de agua si llegan a acumular materia orgánica. Por otra parte, en cuanto a los filtros biológicos de lecho móvil el reto asociado es que en caso de cortes eléctricos la supervivencia de las bacterias se puede ver comprometida ya que este tipo de filtros requiere oxigenación la cual por lo general es provista a través de mangueras difusoras que generan el movimiento de las bio bolas. La fortaleza principal de los filtros biológicos de lecho fijo es que no requieren energía eléctrica, aireación u oxigenación. En cuanto a los filtros biológicos de lechos móviles si son confeccionados a partir de elementos reciclados tienen un bajo costo inicial; sin embargo, si el biomedio utilizado es compuesto de bio bolas industriales el dimensionamiento de la capacidad de filtrado, así como la huella del biofiltro presentan un escenario en el cual se puede realizar un dimensionamiento más exacto y apropiado.

En la figura 29 se exploran en detalle los retos y fortalezas de los métodos de filtración y oxigenación utilizados en los proyectos visitados

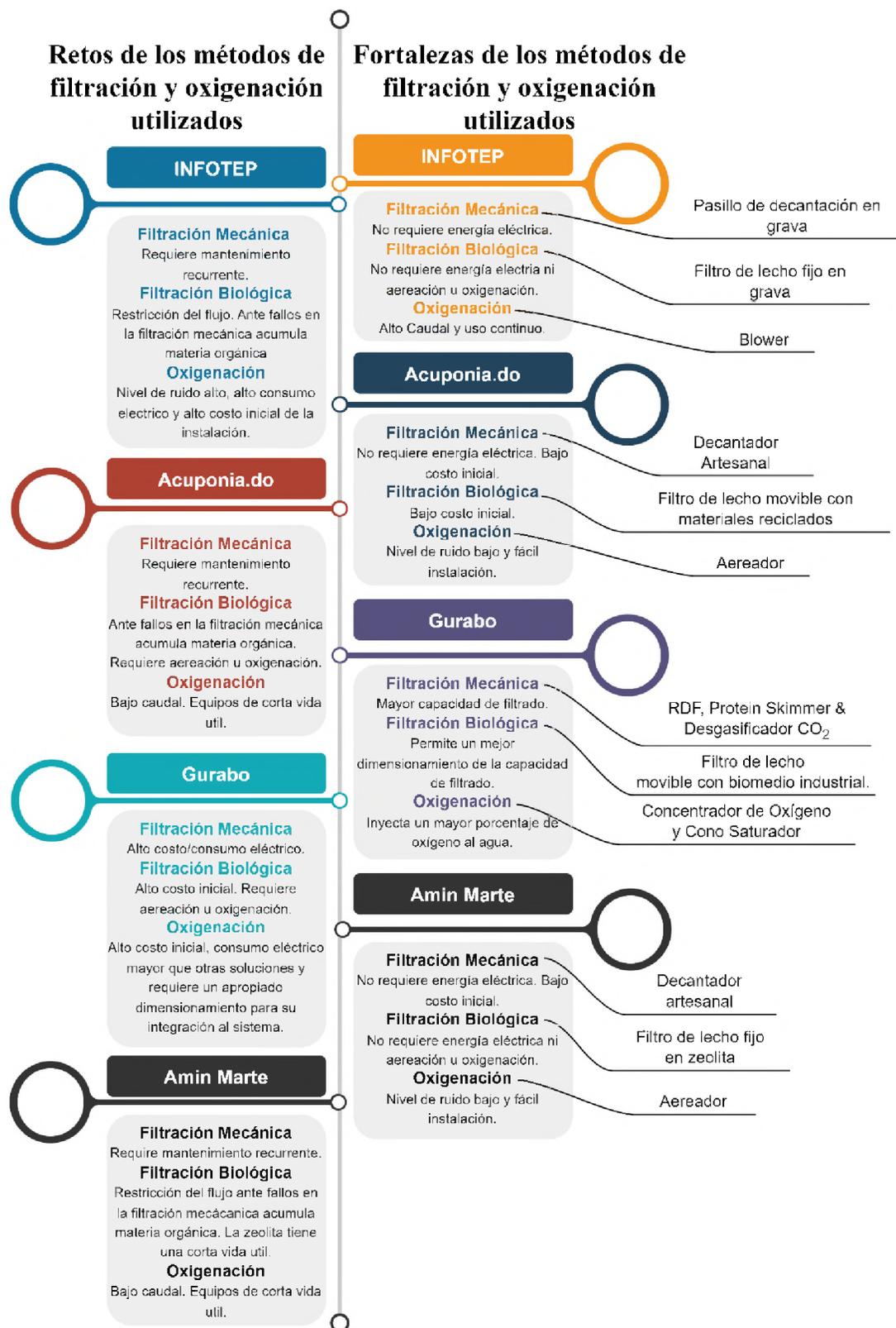


Figura 29. Retos y fortalezas de los métodos de filtración y oxigenación utilizados en los proyectos visitados. Fuente: (Violet,2023)

4.4 Retos y Fortalezas del Sistema Actual de la Granja CV

Tomando en consideración la descripción de la infraestructura de la Granja CV (ver sección 2.3); así también, los escenarios observados en las visitas de campo mencionadas en la sección anterior, en la figura 30 se exploran los retos y fortalezas del sistema utilizado en la Granja CV:

	Retos	Fortalezas	
Filtración Mecánica	Requiere mantenimiento recurrente	No requiere energía eléctrica	Decantador
Filtración Biológica	Ante fallos en la filtración mecánica acumula materia orgánica. Requiere aeración u oxigenación.	Bajo costo inicial.	
Oxigenación	Alto consumo eléctrico	Nivel de ruido bajo y fácil instalación.	Compresor en seco, aeradores & Jet Venturi
Desinfección	Dimensionamiento apropiado	No deja efectos residuales	Luz ultravioleta

Figura 30. Retos y fortalezas del sistema actual Granja CV. Fuente (Violet,2023)

4.5 Propuesta de Plan de Optimización de la Infraestructura de la Granja CV:

Luego de haber descrito e identificado los componentes de la infraestructura actual de la Granja CV que deben pasar por un proceso de optimización (ver sección 2.3) a continuación se presenta la propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV.

Según el PMBOK, sexta edición existe cinco grupos de procesos de la dirección de proyectos, los cuales según el estándar son:

- Grupo de proceso de inicio
- Grupo de proceso de planificación
- Grupo de proceso de monitoreo y control
- Grupo de proceso de cierre

La propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV aborda los grupos anteriormente mencionados como etapas de desarrollo de la propuesta.

4.5.1 Etapa de Inicio:

En la etapa de inicio de la propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV se estará dando inicio formal al proyecto; para esto, se genera el acta de constitución del proyecto.

El acta de constitución del proyecto presenta las informaciones básicas del proyecto, así como su propósito. Los objetivos del proyecto y los criterios que determinan el éxito de este son explorados en este documento. Las limitantes del proyecto son definidas en la sección de supuestos y restricciones del documento. Las responsabilidades de los

interesados en el proyecto son establecidas en la sección descripción de alto nivel y sus límites. El acta de constitución cuenta con un resumen del cronograma de hitos en donde se presentan las fases del proyecto y su duración estimada. Una parte muy importante de este documento es el alcance en donde se describen los objetivos a lograr al cabo del proyecto. Ya en la parte final del documento se presentan los interesados del proyecto y una breve descripción de este. Al final del documento el patrocinador de este debe aprobar el contenido allí expuesto.

Para ver en detalle el contenido del acta de constitución del proyecto: Propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV ver Anexo VI.

4.5.2 Etapa de Planificación:

En la etapa de planificación de la propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV se estará exponiendo los elementos y documentos que serán utilizados para llevar a cabo el proyecto; para esto, se generan los entregables plan de alcance, plan de cronograma, plan de comunicaciones, plan de adquisiciones y plan de interesados.

El plan de alcance cuenta con componentes que detallan en secciones el alcance del proyecto, algunos de estos componentes son: el enunciado del proyecto el cual es similar al acta de constitución, pero su propósito es dar más detalles de los objetivos del proyecto, el presupuesto asignado, criterios de aceptación, requerimientos y entregables del proyecto, para ver este documento referirse al Anexo VII. Otros componentes del plan del alcance son la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) y su diccionario, estos diagraman y detallan las actividades necesarias para la realización del proyecto, en el Anexo VIII se presenta el diagrama de la EDT y en el Anexo IX se presenta el

diccionario de este. El ultimo componente del plan de alcance es la matriz de trazabilidad, según la guía del PMBOK este es un cuadro relaciona cada requisito con el entregable que lo satisface. Ver tabla 5:

Nombre del Proyecto	Propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV.					
Descripción del proyecto	Proponer un plan de mejoras en la infraestructura auxiliar de la Granja CV para incrementar la producción por cosecha de 454Kg (1,000 libras) a 2,268Kg (5,000 libras).					
ID	Requisito	Objetivo del proyecto	Responsable	Entregable de la EDT	Prueba de verificación	Criterio de aceptación
R1	Selección de infraestructuras operativamente viables	Objetivo General	Asesor, suplidor y Gerente de Proyecto	Adquisición de equipos e infraestructura	Medición de parámetros	Parámetros dentro del rango aceptable
R2	Cumplir con la capacidad productiva proyectada	Objetivo General	Gerente de Proyecto	Informe de viabilidad operativa	Puesta en producción	Equipos funcionando dentro de los rangos aceptables
R3	Proyecto amigable al medio ambiente	Objetivo General	Gerente de Proyecto	Adquisición de equipos e infraestructura	Puesta en producción	Equipos que emitan bajos niveles de ruido
R4	Utilizar infraestructuras de nivel industrial	Objetivos específicos	Asesor, suplidor y Gerente de Proyecto	Adquisición de equipos e infraestructura	Adquisición de equipos e infraestructuras	Revisión de ficha técnica.

Tabla 5. Matriz de trazabilidad de requisitos. Fuente: (Violet,2023)

El plan de cronograma es un entregable del proyecto que presenta una estimación del tiempo necesario para completar el proyecto. La gestión del cronograma del proyecto Propuesta de plan de optimización de la Granja CV dando cumplimiento a los procesos definidos en el PMBOK documenta los procesos de planificación del cronograma, definición de actividades, secuenciar las actividades, estimar la duración de las

actividades, desarrollar el cronograma y permite la posibilidad de controlar el cronograma. En el enunciado del alcance del proyecto los patrocinadores de este establecieron un tiempo de 1 año para la realización, según el cronograma generado el tiempo requerido es de 333 días; por lo que, se cuenta con una holgura de 27 días ante cualquier retraso en la realización de las actividades.

Para la realización de este cronograma se utiliza como herramienta el software Microsoft Project el cual en anexo XI se muestra en formato de diagrama de Gantt

El plan de comunicaciones es un entregable del proyecto que presenta una matriz que tiene como objetivo asegurar las necesidades de información que tienen los interesados del proyecto. La matriz de comunicaciones del proyecto Propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV esboza las informaciones generadas en cada etapa, el formato de dicha informaciones, el nivel de detalle en el cual serán presentados los datos, la persona responsable de comunicar las informaciones, quienes son los receptores de la información y el canal a través del cual será suministrada la información. Para ver en detalle la matriz de comunicaciones ver anexo XII.

El plan de adquisiciones es un entregable del proyecto que según el PMBOK incluye los procesos necesarios para la adquisición de productos y servicios que por obligatoriedad se requiere obtenerlos fuera del equipo del proyecto.

Los procesos incluidos en la gestión de adquisición del proyecto propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV son: la planificación de la gestión de adquisiciones que consta de las tareas de asignación de responsables e identificación y selección de proveedores. Luego la siguiente parte del proceso implica el efectuar la adjudicación lo cual se realizará en las tareas a través de la obtención de cotizaciones y un informe de resultados de comparación de precios. Finalmente, al proceso de adquisición concluye con el control de la adquisición el cual se realiza a través de un

informe de adjudicación. Para el control de este entregable por lo general se lleva a cabo un checklist que confirme la realización de los procesos anteriormente descritos.

Para culminar la etapa de planificación del proyecto se define el plan de interesados el cual es un entregable que presenta una matriz de poder e interés. La matriz de poder e interés muestra los interesados el poder de decisión de estos y el nivel de interés en el proyecto.

Según el PMBOK los procesos de gestión de los interesados de un proyecto son: la identificación de los interesados, la planificación de su involucramiento y el monitoreo de estos. Estos detalles son presentados en la matriz de poder e interés en el anexo XIII.

4.5.3 Etapa de Ejecución:

En la etapa de ejecución de la propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV se llevan a cabo las acciones requeridas para cumplir con los objetivos del proyecto. Según el PMBOK el proceso de ejecución de un proyecto implica la coordinación de los recursos, la gestión del involucramiento de las partes interesadas; así como, la integración y relación de las actividades a llevar a cabo de acuerdo con la planificación del proyecto.

La ejecución de la propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV definida en el plan de cronograma o diagrama de Gantt (ver anexo XI) estima un tiempo de 108 días. Las tareas asociadas a la ejecución son la adquisición de equipos e infraestructuras que estiman un tiempo de realización de 90 días puesto que para la recepción de los equipos e infraestructuras que serán importados el tiempo anteriormente mencionado es el que los suplidores indican. La segunda tarea implica la instalación de

los equipos e infraestructuras esta será llevada a cabo por un equipo de trabajo compuesto por el suplidor quien por contrato tiene la responsabilidad de llevar a cabo esta tarea con la supervisión del asesor contratado y el encargado de mantenimiento, el tiempo estimado para completar las labores de instalación es de 18 días.

Otros planes de la dirección del proyecto a tomar en consideración durante la ejecución de este son el plan de alcance el cual sirve de guía en la obtención de los objetivos, el plan de comunicaciones el cual sirve para establecer los lineamientos al respecto de los métodos a utilizar para compartir la información a las partes interesadas, el plan de interesados el cual muestra los interesados en el proyecto; así como, una matriz de la influencia de estos en el proyecto. Existen otros planes de la gestión del proyecto que no son detallados pero que durante el proceso de ejecución pueden ser considerados, estos son plan de gestión de cambios, plan de gestión de riesgos, plan de gestión de recursos, plan de gestión de calidad y plan de gestión de costos

Tras la puesta en producción de los equipos e infraestructuras se pasa a la siguiente etapa del plan de dirección del proyecto la cual es el monitoreo y control de este. Las experiencias obtenidas del proceso de instalación formaran parte del documento de lecciones aprendidas el cual es un entregable de la etapa de cierre del proyecto.

4.5.4 Etapa de Seguimiento y Control:

En la etapa de seguimiento y control de la propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV se producirá un informe de la viabilidad operativa de los componentes integrados al sistema de producción acuícola.

Según el PMBOK el proceso de monitoreo y control pretende dar seguimiento realizando un análisis del desempeño del proyecto para compararlo con los objetivos planteado al inicio de este y validar que satisfagan las necesidades y requerimientos preestablecidos; en caso de no ser así, realizar las acciones correctivas de lugar para alcanzar objetivos del proyecto.

Para el seguimiento y control del desempeño del proyecto se estima una duración de 6 meses lo cual implica un ciclo de cultivo; puesto que, durante el mismo se llevarán a cabo las mediciones de parámetros que generan un informe de resultados de pruebas que sirven de soporte al informe de viabilidad operativa de los equipos e infraestructuras implementados en la fase de ejecución del proyecto.

4.5.5 Etapa de Cierre:

En la etapa de cierre de la propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV se producirán las actas de cierre y el documento de lecciones aprendidas.

Según el PMBOK el grupo de procesos de la etapa de cierre pretenden validar que todos los procesos han sido completados para dar formal cierre al proyecto.

Al momento de completar todas las actividades los documentos generados a partir de las mismas son entregados a las partes interesadas y para dar formal cierre se envía una carta de aceptación al patrocinador del proyecto quien es el propietario. Ver Anexo X

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Esta investigación se realizó con la finalidad de proponer un plan para la optimización de la infraestructura para la crianza de tilapias mediante un sistema acuícolas de recirculación de agua para el proyecto acuícola Granja CV ubicado en la calle 17, no. 24, del sector de los Ángeles, en el Km. 13 de la Autopista Duarte, perteneciente al Distrito Nacional. Es un proyecto familiar que cuenta con componentes artesanales y otros acondicionados para ser utilizados en acuicultura. La capacidad productiva actual del proyecto es de 454kg equivalente a 1,000 libras por cosecha y se proyecta elevar la producción por cosecha a 2,268kg equivalentes a 5,000 libras.

El objetivo general de esta investigación es proponer un plan para la optimización de la infraestructura actual para aumentar la producción en la crianza de tilapias mediante un sistema RAS del proyecto acuícola Granja CV, dicho plan fue propuesto utilizando las herramientas que provee la metodología PMBOK presentando detalles de las cinco etapas del ciclo de vida del proyecto pasando por los grupos de procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo & control y cierre.

Con relación al objetivo específico 1 de la investigación, la descripción de la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV se concluye que esta cuenta con elementos que la hacen viable y funcional para la capacidad productiva actual que maneja; sin embargo, esta cuenta con oportunidades de mejora a tomar en consideración ante un posible incremento en la capacidad productiva del sistema.

En cuanto a lo concerniente al objetivo específico 2 de la investigación, se identificaron los elementos de la infraestructura que se deben sustituir, modificar o agregar para lograr el incremento proyectado, las conclusiones referentes a los sistemas de filtración a optimizar son esbozadas en secciones posteriores.

Para determinar la viabilidad operativa de llevar a cabo la optimización de la infraestructura del sistema que corresponde al objetivo específico 3 de la investigación tanto las entrevistas, las visitas de campo y las consultas a literaturas bibliográficas concluyen que para que sea viable el cultivo en grandes densidades se debe dimensionar y planificar apropiadamente cada etapa filtración y oxigenación, es por esta razón que a continuación se exploran las conclusiones referentes a cada etapa.

5.1.1 Conclusiones Referentes al Sistema de Filtración Mecánica

Tomando en consideración que un elemento crítico en el cultivo de tilapias es el mantenimiento de las condiciones del agua y que las propiedades y características del agua deben ser mantenidas en parámetros de cultivo idóneos, la primera etapa de filtrado del agua representa un eslabón crítico.

La filtración mecánica para densidades de cultivo de mediana a gran escala representa un reto de cara al mantenimiento por la gran cantidad de materia orgánica que se genera en el estanque; es por esto por lo que, para reducir la necesidad de personal dedicado a labores de mantenimiento, así como las horas de trabajo que esto conlleva, los proyectos recurren a tecnologías que automatizan el proceso de mantenimiento de la filtración mecánica.

5.1.2 Conclusiones Referentes al Sistema de Filtración Biológica

Una etapa fundamental en los procesos de tratamiento de agua para la crianza de tilapia es la filtración biológica. Esta etapa por lo general implica múltiples retos que deben ser atendidos desde el momento del diseño del sistema. Los factores a tomar en consideración son múltiples entre ellos la determinación de la cantidad de nitrógeno que el sistema va a generar al momento del cultivo en el cual los peces estén más desarrollados y recibiendo la mayor cantidad de alimento determinado; por otra parte, el biomedio debe ser elegido, dimensionado y calculado correctamente puesto que esto afecta la capacidad de filtración biológica del sistema así como puede afectar a la huella del filtro (tamaño del filtro) así también, afectar el flujo del agua en caso de acumulación de materia orgánica. El filtro biológico de lecho movable para sistemas de media a gran escala con bio bolas industriales permite atender a los retos anteriormente planteados.

5.1.3 Conclusiones Referentes al Sistema de Oxigenación

En los RAS de alta densidad el dilema de elegir entre aireación y oxigenación fue resuelto a través de múltiples investigaciones en las cuales se concluye que la única forma de tener grandes densidades de cultivo es la implementación de sistema que inyecten oxígeno puro al agua. Los sistemas de oxigenación que inyectan oxígeno puro al agua conllevan retos que van desde el correcto diseño y dimensionamiento para su integración al RAS hasta la correcta dosificación para evitar mortalidades.

5.1.4 Conclusiones Adicionales.

Los proyectos acuícolas altamente productivos deben contar con múltiples planes de respaldo ante situaciones que pueden llegar a comprometer la producción. En un sistema

RAS según Michael Timmons es una regla de oro el nunca detener el movimiento, puesto que en estos sistemas el movimiento está relacionado a la preservación de la vida y el bienestar de los peces.

Según William Thomson, Lord Kelvin físico y matemático británico conocido por desarrollar la escala de temperatura kelvin *“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”*.

Aplicando esta enseñanza a la acuicultura la medición de parámetros y la documentación de estos es un proceso que es parte fundamental para el mantenimiento y seguimiento de los indicadores clave de rendimiento del cultivo.

5.2 Recomendaciones

El caso de estudio sujeto de esta investigación: Granja CV, dadas sus características técnicas y la proyección en la producción deseada cuenta con elementos de infraestructura que de aplicarse las sugerencias indicadas en secciones anteriores tiene todas las posibilidades de alcanzar los objetivos planteados en el trayecto de la investigación; sin embargo, se recomienda tomar en consideración algunos componentes técnicos adicionales:

Cerrar el área de cultivo: Se recomienda acordonar el área de cultivo de forma tal que el acceso sea controlado agregando niveles adicionales de bioseguridad.

Equipos de respaldo: Se recomiendo la adquisición de equipos y componentes de respaldo dado que en caso de averías y/o emergencias debe existir con antelación los elementos que permitan continuar las operaciones a la brevedad posible reduciendo con esto las posibilidades de comprometer la cosecha de turno. Algunos de los equipos de

respaldo son: luz ultravioleta, bomba de agua, aereador mecánico (Blower), tanque de oxígeno para sustituir momentáneamente el concentrador de oxígeno, respaldos eléctricos (planta, inversor, etc.).

Energía solar: Si bien es cierto que la implementación de sus sistema solar para suplir las necesidades energéticas de un proyecto acuícola implican una inversión inicial costosa se recomienda el considerar la instalación de un sistema solar en algún momento de la vida del proyecto. Esta inversión luego de hacer el retorno sobre la inversión representará para el proyecto un recorte importante en los gastos energéticos asociados a la producción.

Reservorio de agua: Se recomienda la construcción de una cisterna que garantice el suministro de agua en caso de la necesidad de un fuerte recambio, cortes en el suministro, emergencias naturales, patologías, etc.

Ampliación del área de levante: El proyecto Granja CV cuenta con un área para la recepción, aclimatación, levante y cuarentena de los peces. Esta área está diseñada para contener a los peces en etapas iniciales. Se recomienda la ampliación de esta área dado el incremento propuesto en la producción.

Adicionar un Protein Skimmer: Se recomienda agregar al sistema un Protein Skimmer para reducir las espumas que se presentan resultado de la aireación y las proteínas existentes en el agua producto de la alimentación.

Documentación: Actualmente los parámetros de cultivo son medidos regularmente durante el cultivo; sin embargo, se recomienda documentar estas mediciones para crear

estadísticas y patrones que ayuden a determinar tendencias ya que estos datos pueden representar una información valiosa para la toma de decisiones.

Educación: Se recomienda tomar capacitaciones regularmente para mantenerse a la vanguardia de nuevas tecnologías, métodos y procedimientos de cultivo que pudieran llegar a mejorar la producción.

Asesoría: Se recomienda el contar con asesoría que realice recomendaciones correctivas durante las cosechas y que sirva de fuente de consulta ante situaciones desconocidas.

Determinar factibilidad económica: Esta investigación está enfocada desde el punto de vista de la determinación de la viabilidad operativa y técnicas; por tanto, se recomienda otra investigación en la cual se consideren los costes asociados a los gastos de diseño, adquisición, implantación, operación y mantenimiento de las infraestructuras recomendadas.

Referencias Bibliográficas

- CONAPROPE (Consejo Nacional de Producción Pecuaria, DO) e IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales). 2007. Plan estratégico para el desarrollo de la acuicultura en la República Dominicana. IDIAF. Santo Domingo, DO. 98 p.
- FAO. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. (“Última edición: El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022”) Roma, FAO. Recuperado de: <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Coche, A.G. y J.F. Muir. Colección FAO Capacitación, N° 21/1, Gestión de la piscicultura de agua dulce: estanques y prácticas acuícolas 1996. 233 p.
- FAO. Pesca y Acuicultura. Recuperado de: <https://www.fao.org/fishery/es/aquaculture>
- FAO. 2009. Oreochromis Niloticus. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Rakocy, J. E. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual). Recuperado de: https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletilapia.htm
- CODOPESCA 2022. Recuperado de: <https://codopesca.gob.do/historia/>
- IDIAF 2022. Recuperado de: <https://www.idiaf.gob.do/index.php/sobre-nosotros/historia>
- FEDA 2022. Recuperado de: <https://www.feda.gob.do/index.php/sobre-nosotros/historia>
- FAO 2022. Recuperado de: <https://www.fao.org/about/es/>
- Ley No. 307-04 que crea el Consejo Dominicano de Pesca y Acuicultura (CODOPESCA). 03 de diciembre 2004. República Dominicana.
- Ley No. 289 que crea el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). 14 de agosto 1985. República Dominicana.

Ley No. 367 que crea el Fondo Especial para el Desarrollo Agropecuario (FEDA). 30 de agosto 1972. República Dominicana.

Reyes, Edwin (2021). Introducción al Cultivo de Peces. Recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=Hnc1hHG3EDc&t=615s>

Reyes, Edwin (2020). Acuicultura Tilapia. El Agua en Acuicultura. Recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=9TRffZaLbtQ>

FAO. Balbuena, Flores, Meza y Galeano (2011). Manual Básico de Sanidad Piscícola. Paraguay. P. 52

FAO-Italia. Bustos, Juárez, Moncada, Vidal y Gumy (1994). Documento preparado por el proyecto GCP/RLA/102/ITA “apoyo a las actividades regionales de acuicultura en américa latina y el caribe” — AQUILA II. México. Recuperado de:
<https://www.fao.org/3/AB480S/AB480S00.htm#chPUB>

Perez-Urbiola, Chacón-Guzmán y Merino (2020). Sistemas de Recirculación (RAS) para peces considerando presupuesto, equipos y energía disponible. Recuperado de:
<https://parquemarino.org/wp-content/uploads/2020/01/PosterLACQUA2019RASequipoyenergiaAbstractID414BOARD188.pdf>

Hernández, Mendoza y Paulina (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: Mc Graw Hill Education.

Kemp Jr, Phillip “Skip” (2021). Understanding the Sustainable IPRS: In-Pond Raceway System (DIY How to Modernize Your Fish Farm). Recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=NkD9SlzzjMQ>

Timmons, Guerdat y Vinci (2018). Recirculating Aquaculture 4th Edition. Ithaca Publishing Company, USA. P. 779

Project Management Institute, Inc., editor (2017). La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Project Management Institute, USA. P. 762

ANEXOS

Anexos

Anexo I



Entrevista a Asesores e Investigadores Acuícolas

Permítame expresarle el más profundo de los agradecimientos por su apertura y disposición al otorgarme la oportunidad de realizarle esta breve entrevista al respecto de infraestructuras auxiliares para eficientizar un sistema RAS.

Tal como le había indicado vía telefónica al momento de solicitarle esta entrevista, soy Yenny Vialet estudiante de término de la maestría Gerencia de Proyecto de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) y en estos momentos estoy en proceso de redacción de la tesis, la cual tiene como objetivo: Proponer un plan para la optimización de la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV para aumentar la producción en la crianza de tilapias mediante un sistema RAS.

Dado su perfil, experiencia y conocimientos en el sector acuícola, deseo solicitarle de modo amable su colaboración en participar de esta breve entrevista, la cual se estima tendrá una duración menor a 30 minutos. El propósito final de la entrevista es obtener de usted datos que nos permitan enriquecer la investigación y que aporten a los objetivos de esta. La entrevista podría estar siendo grabada para posteriormente transcribir sus respuestas y comentarios de forma tal que pueda enfocarme en escuchar sus respuestas atentamente y con el debido respeto. El audio de la entrevista, así como su nombre no será divulgado ni utilizado para otro fin, sin la debida autorización suya.

Guía de entrevista:

1. ¿Cuál es su nombre?
2. ¿Cuál es su preparación y experiencia en acuicultura?
3. ¿Por favor, cite un proyecto con RAS tecnológico en el cual haya usted tenido participación?
4. Luego de compartir con usted el documento en el cual se especifican los datos técnicos de la infraestructura actual de la Granja CV ¿Cómo describe usted el proyecto?
5. Partiendo del escenario de infraestructura actual del proyecto en el cual se tiene como objetivo aumentar la producción de tilapias de 1,000 a 5,000 libras ¿Cuáles infraestructuras auxiliares entiende usted pueden ser optimizadas (sustituidas, removidas y/o agregadas)?
6. ¿Entiende viable operativamente para el proyecto el agregar un RDF o filtro de tambor que maneje un volumen de agua de 30,000 litros por hora, tomando en consideración el aumento en la proyección de la producción de tilapias planteado?
7. ¿Cuál de estas combinaciones de sistemas de oxigenación considera más viable para el proyecto tomando en consideración que la biomasa final será de aproximadamente 5,000 libras: 1-Cono concentrador de oxígeno & Generador de oxígeno 2-Cono concentrador de oxígeno & Tanque de oxígeno 3-Generador de oxígeno con difusor en el sumidero de agua? ¿Por qué?
8. ¿Qué recomendaciones adicionales pudiera usted sugerir para el logro de los objetivos planteados?



Anexo II

Entrevista a Suplidores de Equipos Acuicolas

Permítame expresarle el más profundo de los agradecimientos por su apertura y disposición al otorgarme la oportunidad de realizarle esta breve entrevista al respecto de infraestructuras auxiliares para eficientizar un sistema RAS.

Tal como le había indicado vía telefónica al momento de solicitarle esta entrevista, soy Yenny Vialet estudiante de término de la maestría Gerencia de Proyecto de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) y en estos momentos estoy en proceso de redacción de la tesis, la cual tiene como objetivo: Proponer un plan para la optimización de la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV para aumentar la producción en la crianza de tilapias mediante un sistema RAS.

Dado su experiencia y arraigo en el mercado local del sector de equipos acuícola, deseo solicitarle de modo amable su colaboración en participar de esta breve entrevista, la cual se estima tendrá una duración menor a 1 hora. El propósito final de la entrevista es obtener de usted datos que nos permitan enriquecer la investigación y que aporten a los objetivos de esta. La entrevista podría estar siendo grabada para posteriormente transcribir sus respuestas y comentarios de forma tal que pueda enfocarme en escuchar sus respuestas atentamente y con el debido respeto. El audio de la entrevista, así como su nombre no será divulgado ni utilizado para otro fin, sin la debida autorización suya.

Guía de entrevista:

1. ¿Cuál es su nombre o el nombre de su empresa?
2. ¿Qué tipos de soluciones (equipos, infraestructuras, etc.) proveen al rubro acuícola?
3. ¿Por favor, cite un proyecto con RAS tecnológico en el cual haya usted tenido participación?
4. Luego de compartir con usted el documento en el cual se especifican los datos técnicos de la infraestructura actual de la Granja CV ¿Cómo describe usted el proyecto?
5. Partiendo del escenario de infraestructura actual del proyecto en el cual se tiene como objetivo aumentar la producción de tilapias de 1,000 a 5,000 libras ¿Cuáles soluciones recomendaría para lograr la meta propuesta?
6. ¿Considera usted viable operativamente los filtros de tambor o RDF en los RAS?
7. ¿Distribuye usted actualmente algún tipo de RDF?
8. Dado el escenario del proyecto de la Granja CV ¿Cuál RDF sugiere?
9. ¿Considera usted viable operativamente migrar de aeración a oxigenación en los RAS?
10. ¿Distribuye usted actualmente algún tipo de sistema de oxigenación?
11. Dado el escenario del proyecto de la Granja CV ¿Cuál sistema de oxigenación sugiere?
12. ¿Qué recomendaciones adicionales pudiera usted sugerir para el logro de los objetivos planteados?

Anexo III
Visitas de Campo

Visitas de Campo				
Observaciones:	Proyecto: INFOTEP Bonaó	Proyecto: Acuponia.do	Proyecto: Gurabo	Proyecto: Amin Marte
Tipo de sistema	RAS/Recambio	RAS	RAS	RAS
Propósito	Educativo	Educativo/Comercial	Comercial	Autoconsumo/Investigativo
Locación	Institución Gubernamental/ Zona Rural	Local comercial/Zona Urbana	Local comercial/Zona Urbana	Residencia/Zona Urbana
Tipo de estructura	Mixta	Artesanal	Industrial	Artesanal
Cantidad de Estanques	3	4	16	1
Método de filtración mecánica	Pasillo de decantación en grava	Decantador artesanal	RDF, Protein Skimmer, Desgasificador CO ₂	Decantador artesanal
Método de filtración biológica	Filtro de lecho fijo en grava (artesanal)	Filtro de lecho móvil con materiales reciclados (artesanal)	Filtro de lecho móvil con biomedio industrial.	Filtro de lecho fijo en zeolita (artesanal)
Método para suplir oxígeno	Blower	Aereador	Concentrador de Oxígeno y Cono Saturador	Aereador
Método de desinfección	No posee	No posee	Luz Ultravioleta	No posee
Producción	No tiene una producción específica	No tiene una producción específica	4 toneladas de tilapia cada 10 días	50-60 libras por cosechas
Retos del método de filtración mecánica utilizado	Requiere mantenimiento recurrente.	Requiere mantenimiento recurrente.	Alto costo inicial/Consumo eléctrico	Requiere mantenimiento recurrente.

Fortalezas del método de filtración mecánica utilizado	No requiere energía eléctrica	No requiere energía eléctrica. Bajo costo inicial.	Mayor capacidad de filtrado	No requiere energía eléctrica. Bajo costo inicial.
Retos del método de filtración biológica utilizado	Restricción del flujo. Ante fallos en la filtración mecánica acumula materia orgánica.	Ante fallos en la filtración mecánica acumula materia orgánica. Requiere aeración u oxigenación.	Alto costo inicial. Requiere aireación u oxigenación.	Restricción del flujo. Ante fallos en la filtración mecánica acumula materia orgánica. Zeolita tiene una corta vida útil.
Fortalezas del método de filtración biológica utilizado	No requiere energía eléctrica ni aireación u oxigenación.	Bajo costo inicial.	Permite un mejor dimensionamiento de la capacidad de filtrado	No requiere energía eléctrica ni aireación u oxigenación.
Retos del método de oxigenación utilizado	Nivel de ruido alto, alto consumo eléctrico y alto costo inicial de la instalación.	Bajo caudal. Equipos de corta de vida útil.	Alto costo inicial, consumo eléctrico mayor que otras soluciones y requiere un apropiado dimensionamiento para su integración al sistema.	Bajo caudal. Equipos de corta vida útil.
Fortalezas del método de oxigenación utilizado	Alto caudal y uso continuo	Nivel de ruido bajo y fácil instalación.	Inyecta un mayor porcentaje de oxígeno al agua.	Nivel de ruido bajo y fácil instalación.

Anexo IV

Entrevista a Asesores e Investigadores Acuícolas

Entrevista a asesores e investigadores acuícolas		
Objetivo #1: Describir la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV.		
Preguntas:	Respuesta: Edwin Reyes	Respuesta: Miguel Reyes
¿Cuál es su nombre?	Edwin Andrés Reyes Guzman.	Miguel Angel Reyes Cruz
¿Cuál es su preparación y experiencia en acuicultura?	Ing. Industrial. Especialista en acuicultura marina y especialista en medicina veterinaria para acuicultura. Cuenta con algunas certificaciones de la universidad Auburn Alabama. Trabajó por 7 años para una minera haciendo labores de fitorremediación a una laguna natural. Asesoría de proyecto acuícolas nacionales e internacionales	Experiencia: 20 años de experiencia como profesor, investigador científico, asesor evaluador de proyectos de investigación del IDIAF, FEDA, ISA, UNPHU, UAFAM, PUCMM, UCNE, UTESA, UCATECI y MESCYT. Preparación: Ing. Agrónomo con una maestría en acuicultura y acuaponía.
¿Por favor, cite proyectos con RAS tecnológico en el cual haya usted tenido participación?	Trabajé en la instalación y asesoría del proyecto RAS de Gurabo.	Proyecto: Victorino ubicado en el Palmar de Villa Gonzales, Proyecto: Pula Agroindustrial ubicado en Pontezuela, entre otros.
Luego de compartir con usted el documento en el cual se especifican los datos técnicos de la infraestructura actual de la Granja CV ¿Cómo describe usted el proyecto?	Es un proyecto viable que en términos técnicos lleva una secuencia lógica, pero tiene detalles observables.	Es un proyecto funcional porque cumple con los requerimientos para definirse como sistema RAS y en general lo califico como bueno.
Objetivo #2: Identificar los elementos de la infraestructura que se deben sustituir, modificar o agregar para aumentar la producción de tilapias de 1000 a 5000 libras por cosecha.		
Preguntas:	Respuesta: Edwin Reyes	Respuesta: Miguel Reyes
Partiendo del escenario de infraestructura actual del proyecto en el cual se tiene como objetivo aumentar la producción de tilapias de 1,000 a 5,000 libras ¿Cuáles infraestructuras auxiliares entiende usted pueden ser optimizadas (sustituidas, removidas y/o agregadas)?	Puesto que habrá un aumento considerable en los desechos sólidos trabajaría la sedimentación, el biofiltro, el sistema de bombeo de agua y la aireación.	En particular optimizar la oxigenación puesto que la biomasa del estanque está íntimamente relacionada con la cantidad de oxígeno que debe haber en el agua.

¿Qué recomendaciones adicionales pudiera usted sugerir para el logro de los objetivos planteados?	Realizar los cálculos para el dimensionamiento apropiado de los elementos a optimizar.	Tener un área para recepción, aclimatación y levante.
Objetivo #3: Determinar la viabilidad operativa de llevar a cabo la optimización de la infraestructura del sistema.		
Preguntas:		
¿Entiende viable operativamente para el proyecto el agregar un RDF que maneje un volumen de agua de 30,000 litros por hora, tomando en consideración el aumento en la proyección de la producción de tilapias planteado?	No, es necesario uno de mayor capacidad. Un aproximado de 52,000 litros por hora.	Si, porque reduce la mano de obra para mantener las condiciones del sistema.
¿Cuál de estas combinaciones de sistemas de oxigenación considera más viable para el proyecto tomando en consideración que la biomasa final será de aproximadamente 5,000 libras: 1- Cono concentrador de oxígeno & Generador de oxígeno 2-Cono concentrador de oxígeno & Tanque de oxígeno 3-Generador de oxígeno con difusor en el sumidero de agua? ¿Por qué?	Opción 1: Cono concentrador de oxígeno & generador de oxígeno porque el agua llegaría a la entrada del estanque con una buena cantidad de oxígeno.	Generador de oxígeno con difusor en el sumidero de agua. Porque si se inyecta mucho oxígeno al agua los peces pueden sufrir la enfermedad conocida como síndrome de la burbuja.

Anexo V

Entrevista a Suplidores de Equipos Acuícolas

Entrevista a suplidores de equipos acuícolas.		
Objetivo #1: Describir la infraestructura del proyecto acuícola Granja CV.		
Preguntas:	Respuesta: Fertiagua	Respuesta: Piscicultura Ecosostenible Chireno
¿Cuál es su nombre o el nombre de su empresa?	Cesar Medina, trabajo en la empresa FertiAgua	Aquilino Chireno de Piscicultura Ecosostenible Chireno
¿Qué tipos de soluciones (equipos, infraestructuras, etc.) proveen al rubro acuícola?	Equipos de aireación: Blowers, Splashes, Venturis. Equipos de medición de calidad del agua. Mangueras: Difusoras y de distribución. También Seleccionadores de peces. Estamos incluyendo productos adicionales según demanda el mercado.	Nos dedicamos a la importación de equipos, asesorías y educación del sector. Vendemos diferentes tipos de Blowers, aireadores de paleta y splash. Adicionalmente importamos a equipos a petición de los clientes. Ofrecemos insumos para acuicultura como: probióticos, kit de medición de parámetros, alimentos para peces, etc.
¿Por favor, cite un proyecto con RAS tecnológico en el cual haya usted tenido participación?	No he tenido participación directa, pero si he visitado proyectos para su migración de RAS a otras tecnologías y para asesorar técnicamente al respecto de los equipos necesarios.	Un pequeño proyecto piloto de traspatio que tenía hace unos años.
Luego de compartir con usted el documento en el cual se especifican los datos técnicos de la infraestructura actual de la Granja CV ¿Cómo describe usted el proyecto?	Me parece como un buen proyecto piloto para entrenar, método de estudio y probar. No lo veo viable comercialmente	Tiene ciertas observaciones, pero las dimensiones están correctas.
Objetivo #2: Identificar los elementos de la infraestructura que se deben sustituir, modificar o agregar para aumentar la producción de tilapias de 1000 a 5000 libras por cosecha.		
Preguntas:		
Partiendo del escenario de infraestructura actual del proyecto en el cual se tiene como objetivo aumentar la	Incrementar el filtro biológico y la capacidad de aireación.	Mejorar la aireación cambiando a oxigenación por oxígeno puro. Aumentar la capacidad del biofiltro. Agregar un filtro de tambor (RDF). Incorporar en la oxigenación un cono saturador de oxígeno.

producción de tilapias de 1,000 a 5,000 libras ¿Cuáles soluciones recomendaría para lograr la meta propuesta?		
¿Qué recomendaciones adicionales pudiera usted sugerir para el logro de los objetivos planteados?	Cambiar de aireación a oxigenación es el escenario ideal. agregaría Blowers o Splashes. También redimensionar los filtros. Cambiar a bio bolas industriales. Tomar en consideración las bombas de agua	Viendo el esquema general: cambiar la filtración mecánica a un filtro de tambor, utilizar un concentrador de oxígeno para inyectar oxígeno puro, aumentar el biofiltro, aumentar el diámetro de tubería del sistema, en caso de utilizar oxígeno puro no es tan necesario redimensionar la luz ultravioleta o continuar usándola porque el oxígeno puro sirve como desinfectante y adicionar un protein skimmer.
Objetivo #3: Determinar la viabilidad operativa de llevar a cabo la optimización de la infraestructura del sistema.		
Preguntas:	Si, lo veo viable.	
¿Considera usted viable operativamente los RDF en los RAS?		Si
¿Distribuye usted actualmente algún tipo de RDF?	No.	No tenemos disponibles en el país, pero a solicitud del cliente importamos el que más se ajuste a sus necesidades.
Dado el escenario del proyecto de la Granja CV ¿Cuál RDF sugiere?	Tendría que investigar.	Habría que investigar, pero como mínimo uno que soporte un flujo de 15m ³ /h.
¿Considera usted viable operativamente migrar de aeración a oxigenación en los RAS?	Si, definitivamente.	Si se mantienen las condiciones de cultivo actual la aireación es suficiente, para la cantidad proyectada se sugiere oxígeno puro.
¿Distribuye usted actualmente algún tipo de sistema de oxigenación?	No.	Al igual que en la situación anterior no tenemos disponibles en el país, pero a solicitud de las necesidades de los clientes importaríamos una solución.

Dado el escenario del proyecto de la Granja CV ¿Cuál sistema de oxigenación sugiere?	Concentrador de oxígeno por inyección con ayuda de Blowers.	Oxigeno puro, habría que hacer el cálculo para determinar un modelo de concentrador de oxígeno específico.
---------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Anexo VI

Acta de Constitución del Proyecto

Acta de Constitución del Proyecto	
Componentes	Descripción
EMPRESA	Proyecto Acuícola Granja CV
TÍTULO DEL PROYECTO	Propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV.
FECHA	ABRIL 2023
GERENTE DEL PROYECTO	Yenny Vialet
PATROCINADOR DEL PROYECTO	Johnny Cordero
1. PROPÓSITO	
<p>Proponer un plan de mejoras en la infraestructura auxiliar de la Granja CV para incrementar la producción por cosecha de 454Kg (1,000 libras) a 2,268Kg (5,000 libras).</p>	
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO Y LOS CRITERIOS DE ÉXITOS ASOCIADOS	
<p><i>Objetivo General:</i></p> <p>Incrementar la producción de tilapias por cosecha de la Granja CV en un 500%.</p> <p><i>Objetivos Específicos:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Implementar mejoras a la etapa de filtración mecánica para soportar una biomasa de 2,268kg por cosecha. 2) Implementar mejoras a la etapa de filtración biológica para soportar una biomasa de 2,268kg por cosecha. 3) Implementar mejoras al sistema de oxigenación para soportar una biomasa de 2,268kg por cosecha. <p>Para el éxito y crecimiento económico del proyecto acuícola Granja CV el cual está preparado para abastecer aproximadamente 454kg (1,000 libras) de tilapia por cosecha, se propone realizar las optimizaciones a las infraestructuras auxiliares para pasar a producir 2,268kg (5,000 libras) de tilapia por cosecha. Esta propuesta presenta las soluciones precisas con miras a resolver de la manera más operativamente viable las necesidades del proyecto.</p>	
3. REQUISITOS DE ALTO NIVEL	
<ul style="list-style-type: none"> • Selección de infraestructuras operativamente viables • Cumplir con la capacidad productiva proyectada • Proyecto amigable al medio ambiente. • Utilizar infraestructuras de nivel industrial. 	

4. LOS SUPUESTOS Y RESTRICCIONES
<p><i>Supuestos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento del cronograma • Equipos cumplen con el estándar eléctrico nacional • Aumento de las ventas • Aprobación por parte de las autoridades correspondientes (CODOPESCA, Ministerio de Medio Ambiente) • Disponibilidad recursos naturales • Condiciones climatológicas adecuadas <p><i>Restricciones</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • El proyecto debe iniciar en abril 2023 • Infraestructuras de nivel industrial • Equipos deben emitir bajos niveles de ruido • Capacidad de producción mínima por cosecha de 2,268 kg (5,000 libras).
5. DESCRIPCIÓN DE ALTO NIVEL DEL PROYECTO Y SUS LÍMITES
<p><i>Por parte del cliente:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de espacio para el cultivo e infraestructura inicial para la crianza de tilapias. • Presupuesto disponible. • Disponibilidad de energía eléctrica <p><i>Por parte de los suplidores de equipos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de los equipos con las características técnicas necesarias para la ejecución del proyecto. • Disposición de personal calificado para la instalación de los equipos. • Cumplimiento de entregas en fechas y horas establecidas de los requerimientos del cliente • Complacer las necesidades del cliente con altos estándares de calidad, así como el tiempo y responsabilidad de normas planteadas en el proyecto.
6. RIESGOS DE ALTO NIVEL
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos fuera de estándar requerido o de dudosa calidad. • Cambios en normas y estándares con impacto directo al proyecto. • Accidentes laborales • Desastres naturales que afecten la implementación de los equipos • Crisis económica, social o política • Riesgos de daños en la importación. • Que los suplidores no cumplan con las fechas previamente establecidas para la puesta en marcha del proyecto.

7. EL RESUMEN DEL CRONOGRAMA DE HITOS

TÍTULO DEL PROYECTO: Propuesta De Plan De Optimización De La Infraestructura De La Granja CV

ID	FASE	ENTREGABLE	DURACIÓN	FECHA PROGRAMADA
1.1	INICIO	Acta de constitución	14 días	01/04/2023-14/04/2023
		Registro de supuestos	1 día	15/04/2023-15/04/2023
1.2	PLANIFICACIÓN	Plan de alcance	4 días	16/04/2023-19/04/2023
		Plan de cronograma	3 días	20/04/2023-22/04/2023
		Plan de comunicaciones	2 días	23/04/2023-24/04/2023
		Plan de adquisiciones	19 días	25/04/2023-12/05/2023
		Plan de interesados	2 días	13/05/2023-14/05/2023
1.3	EJECUCIÓN	Adquisición de equipos e infraestructuras	90 días	15/05/2023-13/08/2023
		Instalación de equipos e infraestructuras	18 días	14/08/2023-31/08/2023
1.4	MONITOREO Y CONTROL	Informe de viabilidad operativa	180 días	01/09/2023-29/02/2024
1.5	CIERRE	Actas de cierre	25 días	01/03/2024-25/03/2024
		Documentación de lecciones aprendidas	6 días	26/03/2024-31/03/2024

8. ALCANCE

Proponer un plan para optimizar la infraestructura del sistema de recirculación de agua (RAS, Recirculating Aquaculture System) utilizado en el proyecto acuícola Granja CV, ubicada en la calle 17, no. 24, del sector de los Ángeles, en el Km. 13 de la Autopista Duarte, perteneciente al Distrito Nacional, es un proyecto familiar el cual cuenta con múltiples componentes fabricados de manera artesanal y otros que fueron adaptados y acondicionados para ser utilizados en acuicultura. Este proyecto cuenta con espacio para el montaje de las infraestructuras adicionales requeridas y los recursos naturales necesarios. En este proyecto se han realizado dos cosechas las cuales en promedio rondan las 1,000 libras y la producción proyectada luego de implementar las mejoras sugeridas será de 5000 libras, esto con el objetivo de aumentar los ingresos y satisfacer las necesidades de los clientes. Las infraestructuras por intervenir incluyen las etapas de filtración mecánica, filtración biológica y sistema de oxigenación. El tiempo requerido para llevar a cabo la propuesta del plan es un periodo de 1 año iniciando en abril 2023 y finalizando en marzo 2024.

9. LA LISTA DE INTERESADOS DEL PROYECTO

Los principales interesados son los propietario, ya que buscan la mejor infraestructura para poder tener una mayor producción y así lograr mejores ingresos.

Nombre	Cargo	Departamento	Contacto
Ing. Yenny Vialet	Gerente del Proyecto	Gerencia	809-258-9696
Lic. Johnny Cordero	Patrocinador	Propietario	829-896-5245
Ing. Jean Carlos	Encargado de mantenimiento	Mantenimiento	809-589-9632
Lic. Mercedes Vialet	Encargada de Compras & Ventas	Ventas	809-258-9632
Por determinarse (TBD)	Contratista	Suplidor	
Por determinarse (TBD)	Asesor	Asesoría	

10. REQUISITOS DE APROBACIÓN DEL PROYECTO

- Aprobación de Acta de constitución de proyecto
- Cumplir con las capacidades recomendadas
- Cumplir con las actividades en el tiempo establecido
- Cumplir con el plazo de finalización
- Cumplir con los estándares eléctricos nacionales

<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el alcance
11. GERENTE DEL PROYECTO ASIGNADO
<p>Yenny Alexandra Vialet Jimenez</p>
12. NOMBRE Y NIVEL DE AUTORIDAD DEL PATROCINADOR
<p>Johnny Cordero</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprobación del acta de constitución del proyecto. • Designación del gerente de Proyecto • Garantizar la disponibilidad de los recursos necesarios para el proyecto • Todos los aspectos relacionados a la gestión Financiera del proyecto respecto al presupuesto definido, • Aprobación del uso del 100% de la reserva de gestión, de acuerdo con los posibles riesgos no identificados y escalados por el gerente del proyecto, que surjan a lo largo del ciclo de vida del proyecto. • Forma parte del Comité directivo del proyecto, con un alto nivel de autoridad en la toma de decisiones sobre incidencias y solicitudes cuando sobrepase lo estipulado en las líneas base de alcance, tiempo y coste del plan de cronograma del proyecto.
13. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
<p>Se proponen cambios en los elementos identificados de la infraestructura que deben ser sustituidos, redimensionados, removidos, modificados o agregados para lograr producir 2,268kg de tilapias o su equivalente 5,000 libras.</p> <p>Los cambios están asociados a tres etapas del proceso de recirculación de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtración Mecánica: El objetivo de los cambios en la infraestructura referentes a esta etapa buscan reducir los residuos sólidos generados a partir de las excretas de los peces y el alimento no aprovechado. Esta etapa previo al proyecto es llevada a cabo por un decantador y un filtro de arena y grava. • Filtración Biológica: El objetivo de los cambios en la infraestructura referentes a esta etapa buscan reducir los elementos nitrogenados presentes en el agua producto de la descomposición de alimento sobrante y del metabolismo de las tilapias. Esta etapa previo al proyecto es llevada a cabo por un filtro biológico con capacidad para filtrar los elementos nitrogenados producidos por 454 kg de tilapias • Sistema de Oxigenación: El objetivo de los cambios en la infraestructura referentes a la etapa de oxigenación buscan proveer el oxígeno en el agua necesario para el desarrollo de los peces. El sistema utilizado previo al proyecto provee oxígeno para un biomasa de aproximadamente 454kg de tilapias.

14. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto busca proponer un plan de optimización de la infraestructura de la granja acuícola CV, con la finalidad de aumentar la producción de tilapias.

Luego de haber descrito e identificado los componentes de la infraestructura actual de la Granja CV que deben pasar por un proceso de optimización se deben sugerir los elementos de la infraestructura que deben ser sustituidos, redimensionados, removidos, modificados o agregados para lograr producir 2,268kg de tilapias o su equivalente 5,000 libras.

Los elementos identificados por etapas que deben pasar por un proceso de optimización son los siguientes

- **Filtración Mecánica:** Se sugiere utilizar un filtro de tambor o RDF. Esto sustituye al decantador y al filtro de arena y grava
- **Filtración Biológica:** Se sugiere redimensionar el filtro biológico.
- **Sistema de Oxigenación:** Se sugiere cambiar de aireación a oxigenación utilizando una combinación de saturador de oxígeno con un concentrador de oxígeno. Este nuevo sistema sustituye los elementos de aireación del sistema anterior.

15. APROBACIÓN DEL PROYECTO POR:

Financiador del proyecto:

Johnny Cordero

Anexo VII

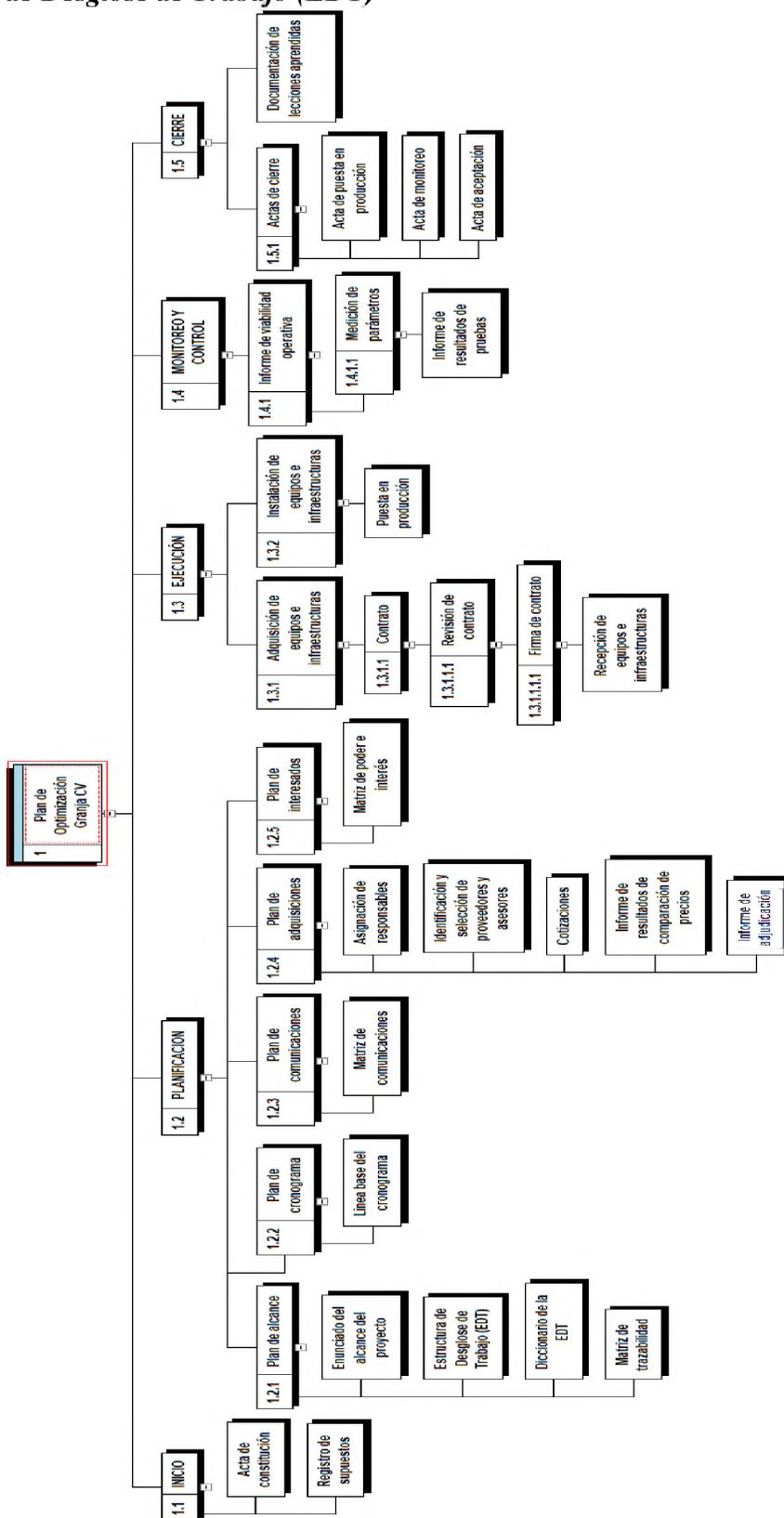
Enunciado del Alcance del Proyecto

Nombre del Proyecto	Propuesta de plan de Optimización de la infraestructura de la Granja CV	Fecha de preparación	1/02/2023
Patrocinador:	Johnny Cordero	Fecha de Actualización:	01/02/2023
Preparado por:	Yenny Vialet	Autorizado por:	Johnny Cordero
Objetivos del proyecto			
1.Alcance	<p>Proponer un plan para optimizar la infraestructura del sistema de recirculación de agua (RAS, Recirculating Aquaculture System) utilizado en el proyecto acuícola Granja CV, ubicada en la calle 17, no. 24, del sector de los Ángeles, en el Km. 13 de la Autopista Duarte, perteneciente al Distrito Nacional, es un proyecto familiar el cual cuenta con múltiples componentes fabricados de manera artesanal y otros que fueron adaptados y acondicionados para ser utilizados en acuicultura. Este proyecto cuenta con espacio para el montaje de las infraestructuras adicionales requeridas y los recursos naturales necesarios. En este proyecto se han realizado dos cosechas las cuales en promedio rondan las 1,000 libras y la producción proyectada luego de implementar las mejoras sugeridas será de 5000 libras, esto con el objetivo de aumentar los ingresos y satisfacer las necesidades de los clientes. Las infraestructuras por intervenir incluyen las etapas de filtración mecánica, filtración biológica y sistema de oxigenación. El tiempo requerido para llevar a cabo la propuesta del plan es un periodo de 1 año iniciando en abril 2023 y finalizando en marzo 2024.</p>		
2.Tiempo	Se estima una duración de 1 año		
3.Costo	RD\$1 Millón en febrero 2023		
4.Calidad	<p>Se contará con el apoyo del suplidor, el asesor y el personal de mantenimiento para validar el cumplimiento de las capacidades esperadas de los equipos; adicionalmente se monitoreará el cumplimiento de parámetros de cultivo establecidos para poder llevar a cabo la crianza durante un periodo de 6 meses.</p>		
Objetivos del producto			
1. Incrementar la capacidad productiva del proyecto.			
2. Aumentar los ingresos de los propietarios y/o administradores de la granja.			
3.Crear el ambiente propicio para la crianza de peces			
4. Migrar de elementos y componentes artesanales a equipos industriales			

Requerimientos Generales del producto		
Los RAS de traspatio por lo general utilizan múltiples elementos artesanales y de poca capacidad, se requiere utilizar equipos e infraestructuras diseñados para una alta densidad de cultivo y que permitan generar el ambiente propicio para el cultivo de la especie.		
Criterios preliminares de aceptación del producto		
Concepto	Criterio de aceptación	
1.De Calidad	*Validación de no utilización de elementos metálicos que tengan contacto con el agua. *Verificación de capacidades. *Validar que los equipos cumplan con los estándares eléctricos nacionales.	
2.Comerciales	*Equipos deben permitir lograr la producción proyectada	
3.De negocio	* Equipos deben permitir lograr la producción proyectada	
4.Financiero	* No sobrepasar el presupuesto en más de un 10%	
Exclusiones del proyecto		
Concepto	Descripción	
Áreas	*No incluye en el área de ventas. *La comercialización mantendrá las mismas estrategias.	
Técnico	*No incluye cambios en la infraestructura principal (estanque). *No se realizarán cambios de envergadura en el sistema de alimentación eléctrico.	
Requerimientos del proyecto		
Requerimientos mínimo-necesarios para una implementación exitosa		Departamento responsable
Información	Fichas técnicas que confirmen las capacidades de los equipos e infraestructuras.	Suplidores, asesores y departamento de mantenimiento.
Negocios	Cumplimiento de las capacidades productivas proyectadas	Suplidores, asesores y departamento de mantenimiento.
Recursos	*Recursos humano y materiales según etapas del proyecto *Ambiente de trabajo para equipo de proyecto, patrocinadores, suplidores.	Comité directivo

Entregables del proyecto	
Etapas del proyecto	Productos entregables
I. Iniciación del proyecto	Acta de constitución y registro de supuestos.
II. Planificación del proyecto	Plan de alcance, plan de cronograma, plan de comunicaciones, plan de adquisiciones y plan de interesados
III. Ejecución	Adquisición de equipos e infraestructura & instalación de equipos e infraestructuras.
III. Seguimiento y control	Informe de viabilidad operativa
IV. Cierre del Proyecto	Actas de cierre y documentación de lecciones aprendidas

Anexo VIII
Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)



Anexo IX

Diccionario de la EDT

FASE	Código del paquete de trabajo	Nombre del paquete de trabajo	Descripción	Responsable
1.1 INICIO	1.1.1	Acta de Constitución	Documento entregable que define los objetivos, propósito, interesados, requisitos y demás elementos que sirven para formalizar el inicio del proyecto	Gerente de Proyecto
	1.1.2	Registro de supuestos	Indica los supuestos y restricciones del proyecto	Patrocinador del proyecto
1.2 PLANIFICACIÓN	1.2.1	Plan de alcance	Entregable que documenta como se gestionara el alcance durante el proyecto.	Gerente de proyecto
	1.2.1.1	Enunciado del alcance del proyecto	Entregable que establece las labores a realizar y el resultado esperado.	Gerente de Proyecto
	1.2.1.2	Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)	Diagrama para visualizar las tareas y entregables del proyecto.	Gerente de Proyecto
	1.2.1.3	Diccionario de la EDT	Descripción y detalle de los entregables de la estructura de	Gerente de Proyecto

			desglose de trabajo (EDT)	
1.2.1.4	Matriz de Trazabilidad	Permite establecer relaciones entre requerimientos y entregables		Gerente de Proyecto
1.2.2	Plan de Cronograma	Entregable utilizado para la planificación, gestión y control de las tareas y actividades del proyecto.		Gerente de Proyecto
1.2.2.1	Línea base del cronograma	Diagrama de la secuencia de actividades a realizar		Gerente de Proyecto
1.2.3	Plan de Comunicaciones	Entregable que define la forma de llevar a cabo las comunicaciones de los eventos asociados al proyecto.		Gerente de Proyecto
1.2.3.1	Matriz de Comunicaciones	Documento que establece las informaciones, contenidos, formatos y metodologías a utilizar para comunicar a las partes interesadas.		Gerente de Proyecto
1.2.4	Plan de Adquisiciones	Entregable que establece la estrategia para la obtención de los productos o		Comité Directivo

			servicios necesarios para la ejecución del proyecto.	
1.2.4.1	Asignación de responsables	Define los responsables en la toma de decisión del proceso de adquisición.	Comité Directivo	
1.2.4.2	Identificación y selección de proveedores y asesores	Proceso de identificar y seleccionar los proveedor y asesores potenciales.	Comité Directivo	
1.2.4.3	Cotizaciones	Proceso de obtener respuesta de los proveedores y asesores seleccionados.	Comité Directivo	
1.2.4.4	Informe de resultado de comparación de precios	Documento que compara las diferentes respuestas de los proveedores y asesores	Gerente de Proyecto	
1.2.4.5	Informe de adjudicaciones	Documentación utilizada para determinar quiénes serán los proveedores y consultores del proyecto	Gerente de Proyecto	
1.2.5	Plan de interesados	Entregable que define las estrategias de gestión apropiadas, para que los	Gerente de Proyecto	

			interesados participen de manera efectiva en todo el ciclo de vida del proyecto.	
	1.2.5.1	Matriz de poder e interesados	Determina la relación de los stakeholders con el proyecto	Gerente de Proyecto
1.3 EJECUCIÓN	1.3.1	Adquisición de equipos e infraestructuras	Entregable resultado de la compra de los equipos e infraestructuras por parte de los proveedores.	Comité Directivo Suplidor Asesor Encargado de mantenimiento
	1.3.1.1	Contrato	Documento que determina las responsabilidades de las partes que ejecutaran el proyecto	Comité Directivo
	1.3.1.1.1	Revisión de contrato	Validación de las responsabilidades asociadas a la ejecución del proyecto	Comité Directivo
	1.3.1.1.1.1	Firma de contrato	Aceptación legal de las responsabilidades asociadas a la ejecución del proyecto.	Comité Directivo
	1.3.1.1.1.1.1	Recepción de equipos e infraestructuras	Entrega de los equipos e infraestructuras adquiridos.	Suplidor Asesor

				Encargado de mantenimiento
	1.3.2	Instalación de equipos e infraestructuras	Entregable resultado de la instalación de los equipos e infraestructuras por parte de los proveedores.	Suplidor Asesor Encargado de mantenimiento
	1.3.2.1	Puesta en producción	Integración de los equipos e infraestructuras al sistema de producción acuícola de la granja.	Suplidor Asesor Encargado de mantenimiento
1.4 MONITOREO Y CONTROL	1.4.1	Informe de viabilidad operativa	Entregable que documenta la viabilidad operativa de los equipos instalados.	Asesor
	1.4.1.1	Medición de parámetros	Documentación de las pruebas físicas, químicas y biológicas que servirán de sustento de la viabilidad operativa.	Asesor
	1.4.1.1.1	Informe de resultados de pruebas	Documento que compila las mediciones de parámetros.	Asesor
1.5 CIERRE	1.5.1	Acta de cierre	Entregable que documenta la conclusión del proyecto	Gerente de Proyecto

	1.5.1.1	Acta de puesta en producción	Documento que confirma el funcionamiento de los equipos e infraestructuras instalados.	Gerente de Proyecto
	1.5.1.2	Acta de monitoreo	Documento que valida el correcto funcionamiento de los equipos e infraestructuras durante un ciclo de producción.	Gerente de Proyecto
	1.5.1.3	Acta de aceptación	Documento que avala la finalización y la aceptación del cumplimiento del alcance del proyecto.	Gerente de Proyecto
	1.5.2	Documentación de lecciones aprendidas	Documentación de las experiencias del proceso de planeación y ejecución del proyecto.	Gerente de Proyecto

Anexo X
Carta de Aceptación

Granja CV

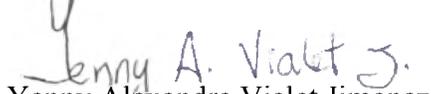
Sr. Johnny Cordero:

Agradecemos habernos confiado la realización del proyecto “propuesta de plan de optimización de la infraestructura de la Granja CV”. Por medio de la presente hacemos entrega formal de los trabajos cubiertos en el mismo, los cuales comprendieron la instalación de equipos e infraestructuras que ayudaron a incrementar la producción de la granja en un 500%. Dichas labores fueron suscritas mediante contrato firmado en fecha 01 de abril 2023 y los mismos se encuentra funcionando satisfactoriamente según los requerimientos iniciales.

FASE	ENTREGABLE	ESTATUS
INICIO	Acta de constitución	Completado
	Registro de supuestos	Completado
PLANIFICACIÓN	Plan de alcance	Completado
	Plan de cronograma	Completado
	Plan de comunicaciones	Completado
	Plan de adquisiciones	Completado
	Plan de interesados	Completado
EJECUCIÓN	Adquisición de equipos e infraestructuras	Completado
	Instalación de equipos e infraestructuras	Completado
MONITOREO Y CONTROL	Informe de viabilidad operativa	Completado
CIERRE	Actas de cierre	Completado
	Documentación de lecciones aprendidas	Completado

Aprovechamos la oportunidad para indicarle que si dentro de los próximos (3) días contados a partir de la recepción de la presente, no recibimos ninguna reclamación de su parte, estaremos asumiendo su total satisfacción con el recibo de las labores realizadas. De existir alguna reclamación al respecto, favor tramitarla por escrito lo antes posible.

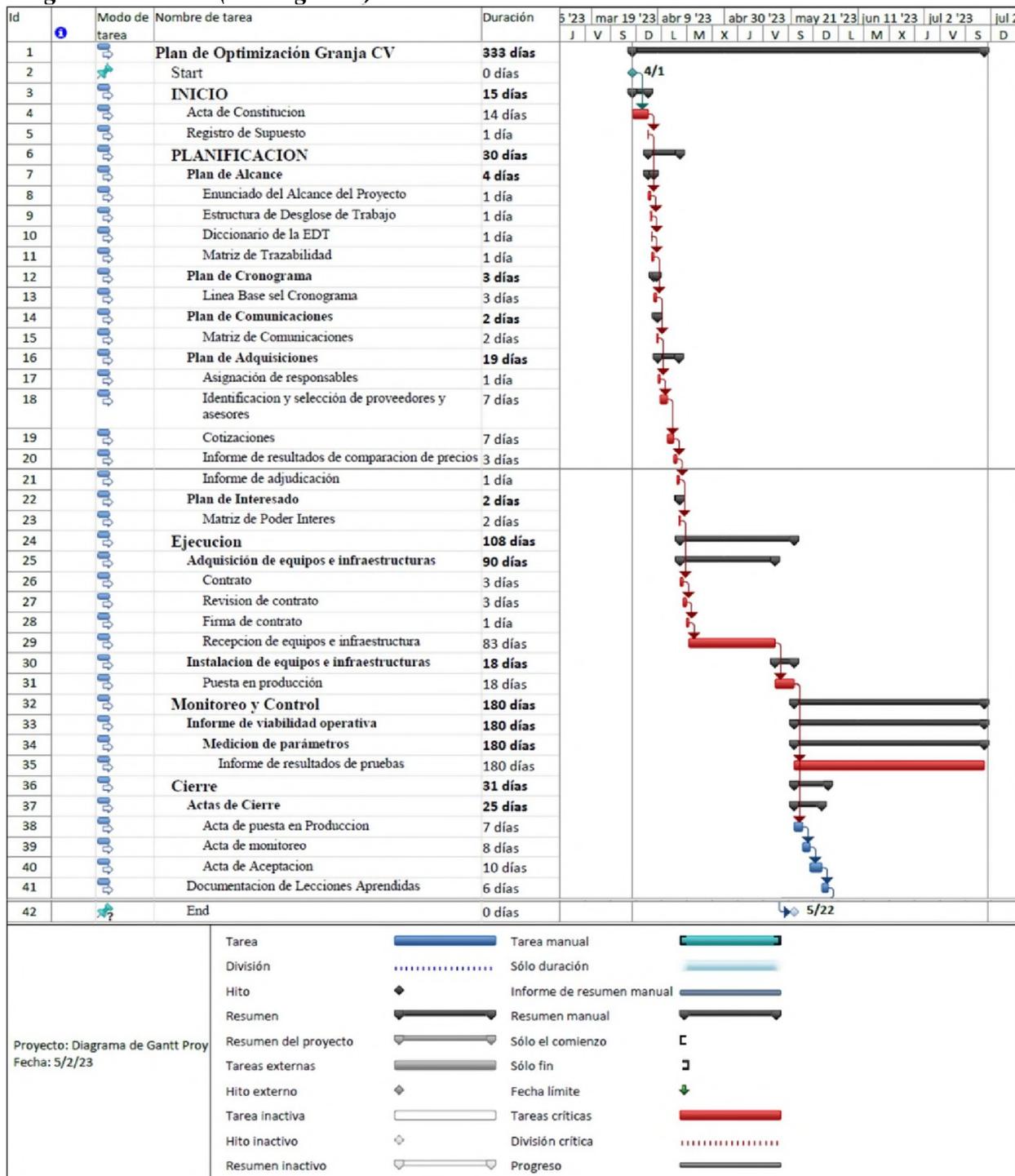
Agradecemos habernos seleccionado como su Gerente de Proyectos y reitero mi agradecimiento por habernos tomado en cuenta para la realización de este proyecto.


Yenny Alexandra Violet Jimenez
Gerente de Proyecto

Johnny Cordero
Granja CV

Anexo XI

Diagrama de Gantt (Cronograma)



Anexo XII
Matriz de Comunicaciones

Matriz de Comunicaciones						
Información	Contenido	Formato	Nivel de detalle	Responsables de comunicar	Grupo receptor	Canal
Inicio del proyecto	Acta de constitución	Plantilla de Carta de constitución en PDF	Medio	Gerente de proyecto	Patrocinador	Correo electrónico, reunión
Planificación	Plan de alcance	PDF & WBS Chart	Alto	Gerente de proyecto	Comité directivo	Correo electrónico
	Plan de cronograma	Microsoft Project & PDF	Alto	Gerente de proyecto	Comité directivo	Correo electrónico
	Plan de comunicaciones	PDF	Medio	Gerente de proyecto	Comité directivo	Correo electrónico
	Plan de adquisiciones	PDF	Alto	Comité directivo	Gerente de proyecto	Correo electrónico
	Plan de interesados	PDF	Medio	Gerente de proyecto	Comité directivo	Correo electrónico
Ejecución	Adquisición de equipos e infraestructura	Minutas	Alto	Gerente de proyecto	Comité directivo	Reunión, correo electrónico
	Instalación de equipos e infraestructura	Minutas	Alto	Suplidor y asesor	Comité directivo	Reunión, correo electrónico
Monitoreo y control	Informe de viabilidad operativa	PDF	Medio	Asesor	Gerente de proyecto	Correo electrónico
Cierre	Actas de cierre	PDF	Medio	Gerente de proyecto	Comité directivo	Reunión, correo electrónico
	Documentación de lecciones aprendidas	PDF	Medio	Gerente de proyecto	Comité directivo	Correo electrónico

Anexo XIII
Matriz de Poder e Interés

Matriz de Poder e Interés						
GRUPOS	NOMBRE	PODER	INTERÉS	PROBLEMAS PERCIBIDOS	MANDATO Y RECURSOS	ESTRATEGIAS
PATROCINADOR DE PROYECTO	Johnny Cordero	ALTO	ALTO	Operatividad del proyecto	Recursos económicos Requisitos del alcance	ATENDER ESTRECHAMENTE
PARTES INTERESADAS CLAVE	Granja CV	BAJO	ALTO	Documentación técnica Capacidad productiva	Acuerdos entre las partes Interés en participar	MANTENER SATISFECHO
COMITÉ DIRECTIVO	Johnny Cordero, Mercedes Vialet, Yenny Vialet	ALTO	ALTO	Cuidar los intereses particulares	Requisitos claros y precisos. Documentación adecuada	ATENDER ESTRECHAMENTE
GERENTE DE PROYECTO	Yenny Vialet	MEDIO	ALTO	Cumplimiento de compromisos	Gestión general del proyecto	SUPERVISAR EVENTUALMENTE
SUPLIDORES	Aquilino Chireno	MEDIO	ALTO	Documentaciones en orden. Contratos claros	Trabajo en Equipo Entrega a tiempo	ATENDER ESTRECHAMENTE
ENCARGADO DE COMPRAS & VENTAS	Mercedes Vialet	BAJO	BAJO	Documentaciones en orden. Actos de compra	Contratos	MANTENER INFORMADO
ENCARGADO DE MANTENIMIENTO	Jean Carlo	BAJO	ALTO	Documentaciones en orden. Transferencia de conocimiento	Trabajo en Equipo	MANTENER INFORMADO