

Estudio sobre reutilización de infraestructuras agrícolas a través de instalaciones de acuaponía

Interreg
POCTEFA
ORHI



El proyecto ORHI (EFA142/16) es co-financiado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020).



une école



14 de marzo de 2021

www.breen.es

1. El estudio/la demanda y problemática dentro del proyecto ORHI	
1.1. Introducción	1
1.2. Estado del arte	1
2. Metodología	1
2.1. Principios de la acuaponía	1
2.2. Infraestructura y ubicación agrícola	2
2.2.1. Ubicación geográfica	3
2.3. Adaptación a la acuaponía	3
2.4. Visión	4
2.5. Estado de las instalaciones	6
3. Estudio de adecuación	8
3.1. Adecuación de las instalaciones a la acuaponía	8
3.2. Ciclo interno del agua	9
3.3. Sistemas de producción vegetal	11
3.3.1. RAFT	12
3.3.2. NFT	13
3.3.3. Growing Beds	14
3.4. Sistema de producción de peces	15
3.4.1. El agua de los peces	17
3.5. Energía lumínica y fotoperiodo	17
3.6. Energía y backup del sistema	18
3.7. Alarmas y automatización	19
3.8. Propuesta de diseño	20
3.8.1. Vista general de las instalaciones	22
3.9. Presupuesto	24
4. Recomendaciones	26
5. Conclusiones	28
6. Anexos	29

1.- El estudio/la demanda y problemática dentro del proyecto ORHI

1.1.- Introduccion

Desde La École Supérieure des Technologies Industrielles Avancées ESTIA se nos ha contactado en el marco del proyecto ORHI para realizar un informe sobre las siguientes actuaciones.

El proyecto ORHI tiene como objetivo **"Aportar valor a la Industria Agro-alimentaria del territorio POCTEFA, a través del desarrollo de sinergias entre empresas de ambos países, así como de la identificación transfronteriza e internacional de Tecnologías Innovadoras y nuevos Modelos de Negocio que contribuyan a nuevos usos de valor añadido y a la utilización eficaz y eficiente de los flujos de materias orgánicas y plásticos en empresas.**

ESTIA y los socios de ORHI han definido la acuaponía como tecnología relevante para el territorio "Pyrénées-Atlantiques" y están pensando en cómo desarrollar esta tecnología; la demanda de ESTIA consiste en estudiar y demostrar las posibilidades de reutilizar/reorganizar infraestructuras agrícolas obsoletas en instalaciones acuapónicas

Dando importancia primordial a la sostenibilidad del agua, la gestión energética y la automatización.

El proyecto ORHI (EFA142/16) es co-financiado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del

Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020).

1.2.- Estado del arte

Algunas de las infraestructuras agrarias del País Vasco Norte están actualmente en desuso. Con la idea de dotar de una salida adecuada a todas estas instalaciones, se ha pedido a la empresa Breen Aquaponic Systems, experta en acuaponía, que presente un informe de la Escuela de Ingeniería ESTIA.

Breen ha sido pionera y referencia en acuaponía durante los últimos diez años, con una serie de instalaciones europeas para la investigación, como la formación en la Universidad de Islandia, un

proyecto de acuaponía de bioeconomía circular en el sur del País Vasco y una instalación de producción de 6.000m.

2.- Metodología

2.1.- Principios de la acuaponía

La acuaponía es una producción conjunta de verduras y peces. Es una técnica para la producción de plantas a través de materia orgánica que se desarrolla biológicamente en una piscifactoría y sin tierra.

En una piscifactoría, cuando se alimenta a los peces, queda mucha materia orgánica en el agua. Esta materia orgánica, tanto disuelta como sólida, es perjudicial para los peces.

En un sistema tradicional, esta agua se desecha y se introduciría agua nueva.

Esto puede causar problemas considerables en términos de sostenibilidad. Incluso si es agua orgánica por un lado, puede ser perjudicial si se vierte en un arroyo o río.

En cuanto a la gestión del agua, también es insostenible porque este sistema desecha mucha agua y el agua, como sabemos, es muy apreciada en muchos lugares.

Finalmente, todo ello conlleva un elevado consumo energético, con los costes y consecuencias que esto puede traer.

En lugar de tirar esta agua orgánica de los peces, se puede cultivar biológicamente, como se hace en la naturaleza, de modo que se pueda reaprovechar para obtener otro beneficio. Esta agua puede contener muchos alimentos para uso biológico.

Una de estas herramientas biológicas pueden ser las plantas. Las plantas pueden obtener casi toda la comida que necesitan del agua orgánica de los peces. La producción de plantas y peces en el mismo sistema se llama acuaponía.

Como se describirá más adelante, aunque el concepto de acuaponía es simple, dependiendo de los diferentes lugares y necesidades, el sistema de producción de acuaponía será diferente. Entonces, cada estudio de caso puede tener su propia solución única y personal.

Dependiendo del mercado, geografía, calidad y cantidad de agua, sol y temperatura, se pueden diseñar diferentes sistemas.

2.2.- Infraestructura y ubicación agrícola

Como modelo, se utilizará una granja de cerdos propiedad de la familia del Sr. Mael Rampillon.

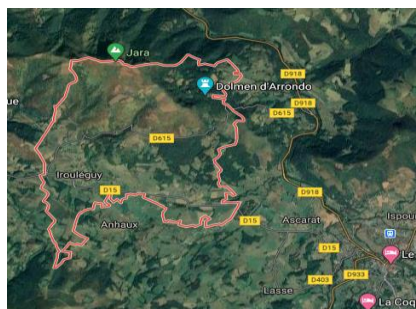
Después de años de producir cerdos, dejaron de producirlos hace unos años.

Considerando todas las nuevas legislaciones que venían de Europa, decidieron que era más apropiado dejar la producción.

Después de años de tener las instalaciones paradas, el Sr. Rampillon quiere darle otro uso a este edificio y ver si se puede adaptar a un sistema de acuaponía.

Las instalaciones del Sr. Rampillon se encuentran en Irouleguy en el departamento 64 del País Vasco Norte en Francia.

2.2.1.- Ubicación geográfica.



La instalación tiene unos 225 m2 en un solo edificio de 9x25 metros.

Las instalaciones en el interior pueden ser reutilizadas para acuaponía, como se puede ver en la propuesta que se presenta a continuación, aunque con algunas modificaciones.

Al no ser un invernadero, habrá que hacer algunos ajustes en los materiales del techo y laterales, para que sean transparentes y que los rayos del sol penetren bien en todo el interior.

La altura es menor de lo que debería ser para plantas largas, por lo que puede haber limitaciones a la hora de plantar arbustos o plantas largas.

El estado general del interior del edificio es bueno. Por el momento, los habitáculos que tenían para los cerdos no son adecuados para la acuaponía, por lo que el muro de hormigón y otras secciones deberían desecharse.

2.3.- Adaptación a la acuaponía

Como se mencionó anteriormente, la acuaponía es la producción de peces y plantas / vegetales al mismo tiempo, beneficiándose mutuamente.

Cuando se alimenta a los peces, el agua se ensucia orgánicamente. Los principales compuestos orgánicos de esta agua son nitrogenados.

Cuando los peces respiran y defecan, la materia orgánica más común que arrojan al agua es el amonio NH_3 .

El amonio es perjudicial para los peces y si no se elimina puede ser fatal para los peces.

En la producción de peces en un sistema abierto, esta agua se vierte en el arroyo o río y se introduce agua nueva. Así se expulsa toda esta carga orgánica y se introduce agua nueva en los peces.

Los piscicultores de todo el País Vasco Norte se preocupan por que esta materia orgánica no contamin otros seres vivos en el río, pero puede ser interesante no perder toda esta materia orgánica y reintroducirla en el sistema.

Las plantas / hortalizas se alimentan de materia orgánica. En la materia orgánica producida en una piscifactoria se pueden encontrar en la mayoría de los nutrientes que necesitan las plantas y verduras.

Dado que el área a producir es de 225 m², se puede predecir que la producción no será muy grande. La producción que saldrá de esta instalación no será suficiente como negocio principal y podría usarse como complemento de otro negocio.

La producción de un negocio de acuaponía requeriría al menos una instalación de 2000 m² para ser económicamente suficiente.

2.4.- Visión

Un sistema de acuaponía tiene peces y plantas como productos de producción. Antes de iniciar la instalación, se debe definir el objetivo principal del sistema.

¿Cuál será el producto que desea comercializar? ¿Pez? ¿Vegetales? ¿Ambos? ¿Formación? ¿Ecoturismo? ...

Debido al tamaño de la instalación, se produzcan pocos peces. Pero hay que tener en cuenta que tener muy pocos productos en el mercado también puede darle un valor agregado.

Se deben tener en cuenta muchos factores diferentes al elegir una especie de pez. Deben estar bien adaptados a la temperatura del agua durante todo el año, poder adaptarse bien a sistemas cerrados y, sobre todo, tener un crecimiento adecuado sin dar demasiado trabajo.

Además, como no habrá reproducción, será necesario buscar dónde se puede encontrar y comprar esta especie de pez.

También debe considerarse la legislación. Hay algunas especies de peces que no se pueden utilizar porque pueden ser potencialmente invasoras. Para hacer esto, se debe considerar la legislación local.

Con el sistema cerrado propuesto, y la imposibilidad de regresar al río, se puede obtener un permiso especial pero se debe consultar al Ayuntamiento local.

Se propone hacer un gráfico QFD para averiguar qué pez es el más adecuado. En esta tabla se coloca una puntuación de acuerdo con los datos que se presentan a continuación y la tabla indicará qué pez es el más adecuado.

La puntuación se puede hacer de 0-5.

Tabla ejemplo a completar por cada proyecto (en este caso se tomara como referencia el caso practico realizado para una empresa de España que se presenta como anexo final del documento)

	Temperatura de agua	Valor de mercado	Biomasa máxima	Velocidad de crecimiento	Permisos especies invasoras	Puntuación global
Trucha	2	3	2	3	4	14
Carpa europea	5	2	5	2	0	14
Esturión	3	3	3	1	4	14
Salmón	2	4	2	2	4	14
Anguila	4	2	5	4	4	19
Tilapia	4	3	5	5	5	22

Tabla de biología de peces

	Temperatura del agua	Valor objetivo de mercado	Biomasa máxima	Velocidad de crecimiento	Obtención de alevines
Trucha	9-20 grados	bueno	20 kg/m3	Media	Sencilla
Carpa europea	5-30 grados	Bajo/medio	60 kg/m3	Media	Sencilla
Esturión	8-19 grados	medio	30 kg/m3	Lenta	Sencilla
Salmón	5-20 grados	bueno	20 kg/m3	Lenta	Sencilla
Anguila	5-25 grados	medio	100 Kg/m3	Rápida	Difícil
Tilapia	10-35 grados	medio	80 kg/m3	Rápida	Sencilla

Si las plantas / hortalizas van a ser los principales productos a la venta, las especies de peces elegidas también pueden ser importantes, aunque su tarea principal sea la creación de materia orgánica.

La tabla QFD nos dará la producción de peces y plantas más adecuada para cada proyecto.

No existen tales instalaciones en la zona, por lo que los productos que se extraigan de ellas serán especiales y únicos, lo que puede generar mayor interés en el mercado.

2.5.- Estado de las instalaciones

Por el momento, la instalación está enfocada a la producción porcina y no se ha utilizado durante algunos años, por lo que necesita innovación y adaptación para convertirse en un sistema de acuaponía.

El edificio tiene una estructura de madera y está hecho de hormigón. Esto limita completamente la entrada del sol y se requiere de energía solar para la producción de plantas, de lo contrario tendría que ser reemplazada por luz artificial.

Si las plantas solo se producen con luz artificial, puede generar altos costos de inversión y consumo.

Como se verá más adelante, las energías renovables también se puede utilizar para alimentar estas luces, pero dependiendo de la ubicación, en muchos momentos del año puede haber muy poca energía disponible en comparación con la que se necesita.

En cuanto a la necesidad de agua, la instalación actual tiene muchas ventajas.

Por un lado, tiene un flujo de agua estable gracias a un manantial existente, y por otro lado, cuenta con un gran tanque de agua en el fondo de la instalación, por lo que si el agua del manantial no llega en algún momento, no se detendrá la producción.

Se analizó una muestra de agua de origen para medir la calidad del agua.

El agua contenía un poco de hierro, que podría ser bueno para las plantas (pueden necesitar más dependiendo de la variedad), y no había rastro de materia orgánica, especialmente NH_3 y NO_3 .

El pH también puede ser adecuado para plantas, ya que varía de 6 a 6,5. Algunos seres vivos en el sistema acuapónico como las bacterias, necesitan un pH más alto, pero no hay problema, gracias a la distribución del sistema, al ser un sistema desparejado se puede hacer una gestión diferente del pH en cada una de las partes por separado.

En cuanto a energía, por el momento, la electricidad se obtiene de la conexión principal. Por la ubicación del edificio se pueden instalar algunas energías renovables alternativas, pero siempre será necesaria la luz de la red principal, por lo que es muy bueno que el edificio ya cuente con una instalación energética.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, es fundamental incorporar luz solar natural, por lo que aunque el tejado esté bien en este momento, sería necesario sustituirlo por otro material transparente y al menos el muro de orientación sur.

3.- Estudio de adecuación

3.1.- Adecuación de las instalaciones a la acuaponía

En el interior, el edificio cuenta con pequeños establos para la cría de cerdos. Se puede utilizar uno de ellos, pero la mayoría no serán válidos.

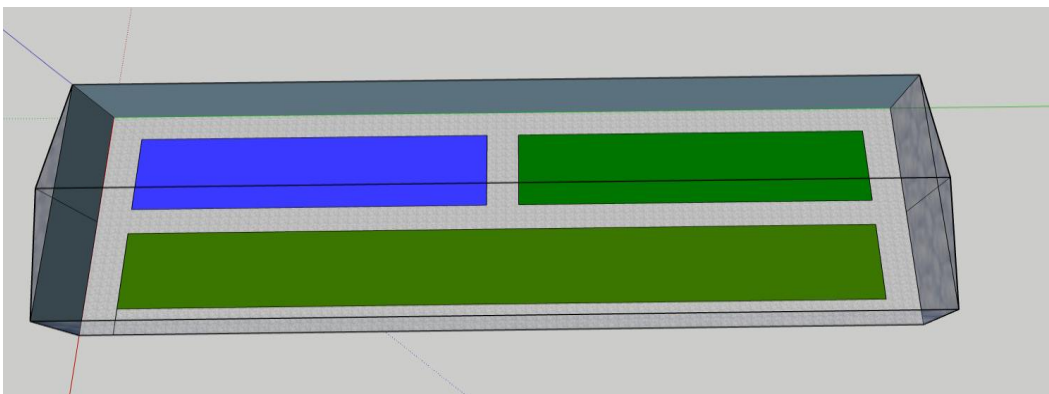
Estos establos están hechos de hormigón y deben eliminarse para poder ubicar el sistema acuapónico.

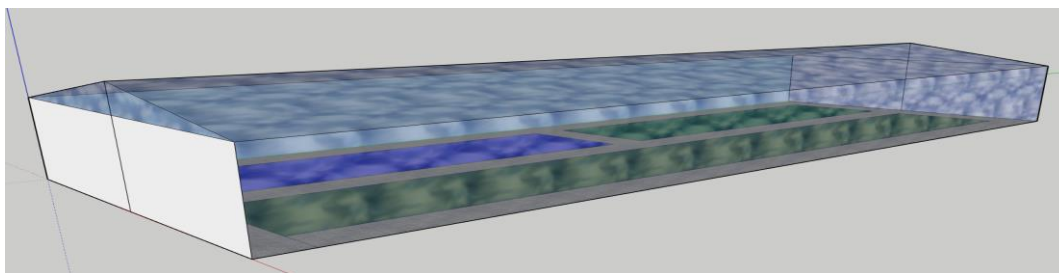
La relación de producción de un sistema acuapónico para plantas puede variar de 1: 3 a 1: 6 dependiendo de los alimentos, la temperatura, la energía y las horas de sol.

En esta instalación, considerando su ubicación, es mejor utilizar un modelo 1: 3. Es decir, por cada metro cuadrado de superficie de peces, 3 m² de superficie para plantas.

Los sistemas de filtración, bombas, etc. están incluidos en el área de peces, por lo que no solo hay peces en el área de peces.

Como se verá más adelante, existen diferentes sistemas de producción de plantas, dependiendo de las necesidades y tamaño de la planta. Los métodos de producción se especificarán más adelante, pero a continuación se presenta un diseño de cómo se pueden diseñar las diferentes áreas.





3.2.- Ciclo interno del agua

En un sistema de acuaponía, el agua es el enlace, el agua mueve todos los alimentos de los peces a la filtración biológica y de allí a las plantas. Por tanto, la gestión adecuada del agua es muy importante, tanto en términos de cantidad como de calidad.

Como hemos dicho, el agua viene de un manantial al edificio. Esta agua no tiene nutrientes para las plantas pero es muy adecuada para los peces.

Algunas aguas pueden ser ricas en algunos minerales pero no tienen alimento ni para peces ni para plantas.

Los sistemas de acuaponía pueden tener diferentes diseños pero, en última instancia, se basan en el mismo concepto interno.

Los peces reciben agua nueva. Al alimentar a los peces, se crea una carga orgánica en el agua.

A través de los excrementos y la respiración de los peces, la principal materia orgánica nitrogenada que queda en el agua es el amonio dependiendo del pH del NH_3 + o del NH_4 .

El amonio es perjudicial para los peces por encima de 2 mg / litro. En los sistemas tradicionales se realiza un cambio de agua para solucionar este problema orgánico.

Un cambio de agua tiene diferentes consecuencias, como alto consumo de agua, pérdida de materia orgánica y pérdida de energía, ya que en algunos casos el agua se calienta o enfría según la especie de pez y la ubicación de la instalación.

La acuaponía se puede utilizar para hacer que el sistema sea sostenible. En lugar de tirar esa materia orgánica, ese agua y esa energía, reutilizándola una y otra vez.

Para hacer esto, la materia orgánica en el agua debe separarse del agua. La materia orgánica que se encuentra en el agua de los peces se puede encontrar en dos formas, disuelta o sólida.

La materia orgánica sólida se puede separar mediante filtración mecánica. En nuestro caso mediante filtración de arena o tratamiento biológico.

En ambos casos la materia orgánica sólida se separa correctamente, colocándola una tras otra para obtener una adecuada filtración.

Esta materia orgánica, separada del agua, no se puede tirar. Incluso si es orgánico, puede volverse contaminante si se vierte en el río o lago, por lo que es necesario encontrar una nueva solución para esto.

Después de separar la materia orgánica sólida del agua, esta se dirige a la primera filtración biológica, la planta de tratamiento biológico por lombricultura. Es un sistema de depuración mediante lombrices, lombriz roja de California (*Eisenia fetida*). Estas lombrices comen esta materia orgánica, descomponiéndola enzimáticamente, dando como resultado humus de lombriz. Este humus de lombriz es muy rico en nutrientes, pero aún se encuentra en forma sólida.

Una filtración mecánica no elimina la materia orgánica disuelta en agua, se necesita otra filtración para eliminar el amonio producido por los peces, una filtración biológica realizada por bacterias.

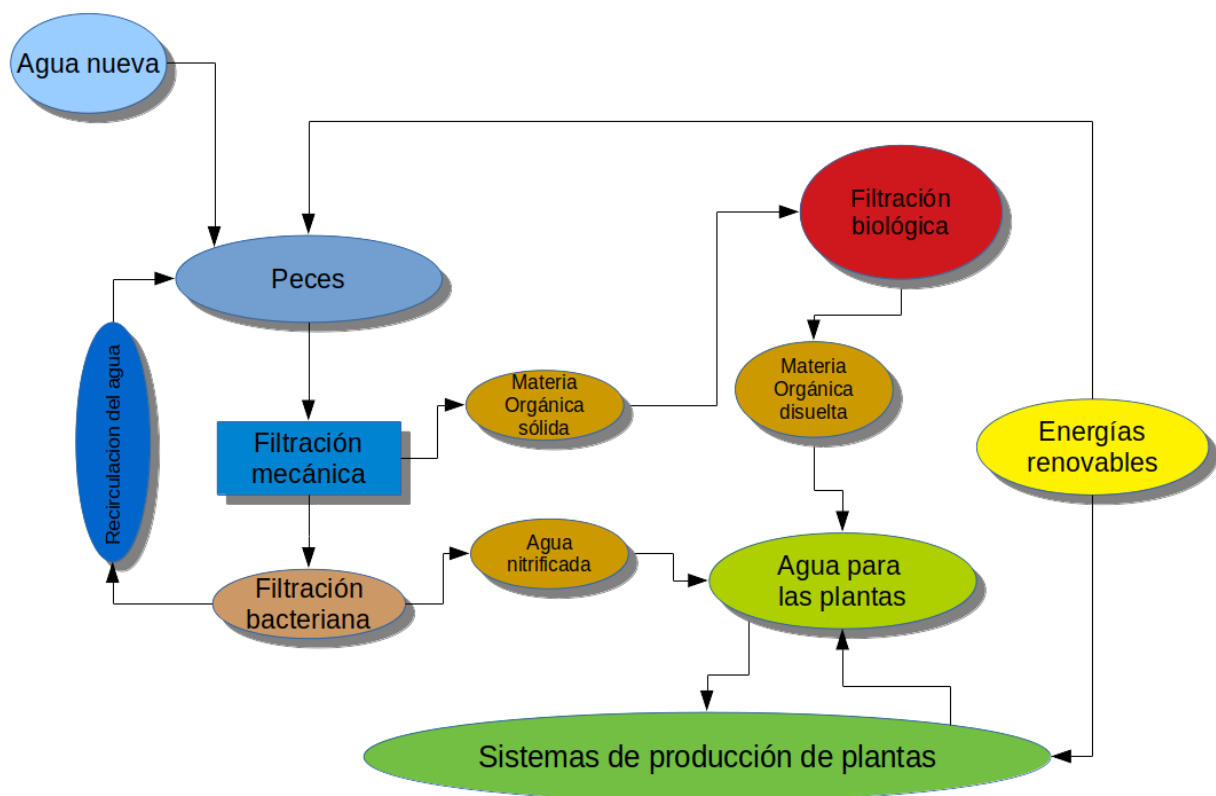
Algunas familias de las bacterias que se pueden encontrar tanto en el aire como en el agua se alimentan de amonio. Cuando las bacterias de la familia Nitrosomona y Nitrobacter se alimentan de amonio, producen un proceso biológico llamado nitrificación, que convierte el amonio en nitratos NO_3 .

Para crear la nitrificación, las bacterias deben encontrarse en el estado correcto. Para una nitrificación adecuada, necesitan aproximadamente pH 7, comida, oscuridad, oxígeno y un lugar físico para vivir y reproducirse. Teniendo todo esto, el amonio lo convierten en nitrato.

Los nitratos son el principal alimento de las plantas por lo que en un solo paso y biológicamente, limpian el agua de los peces con materia orgánica disuelta y obtienen alimento para las plantas.

Si esta agua, rica en nitratos, pasa por el crecimiento de lombrices, se puede dirigir a las plantas con un buen crecimiento orgánico.

El siguiente gráfico muestra los pasos de los procesos biológicos descritos.



3.3.- Sistemas de producción vegetal

A través de la acuaponía se pueden producir diferentes plantas, todas ellas de crecimiento hacia arriba. Tubérculos, zanahorias, puerros, etc., no se adaptan muy bien a los sistemas acuapónicos. Hay algunas pruebas realizadas con patatas sobre un sustrato sólido pero el crecimiento no ha sido el esperado, por lo que es recomendable que los productos a producir crezcan hacia arriba. El ajo fresco, por otro lado, puede crecer adecuadamente en un sustrato durante el invierno.

El sistema de producción acuapónica a utilizar también debe ser diferente según el tamaño de la planta y la necesidad y modo de alimentación.

Los métodos de cultivo mostrados a continuación se han ido perfeccionando a partir del desarrollo inicial realizado por los doctores James Rakocy, Donald Bailey, Charlie Shultz y Jason Danaher, en la University of the Virgin Islands más de 20 años.

Se pueden utilizar tres sistemas de producción diferentes en acuaponía y todos son sin tierra.

- RAFT
- NFT
- Growing beds

3.3.1.- RAFT

El sistema RAFT es muy simple. Las raíces de las plantas se ponen en contacto directo con agua orgánica a través de unas planchas flotantes.

Para un sistema RAFT, las plantas se pueden conseguir mediante un semillero o mediante el trasplante de plántulas o esquejes.

Para tal sistema, las plantas pequeñas son muy adecuadas. Raíces prolongadas que no necesitan enraizarse en algún lugar. Plantas livianas que no dan fruto, ya que pueden ser devorados por insectos cuando entran en contacto con la plancha y para que no se doblen ni pierdan fruto.

Es por eso que los sistemas RAFT pueden ser adecuados para la producción de lechugas y hierbas aromáticas.





3.3.2.- NFT

En un sistema NFT, las raíces, como en el anterior, entran en contacto directo con el agua. En este caso, sin embargo, en lugar de utilizar una gran superficie de agua, se utilizan algunas tuberías para la producción.

Se utilizan tubos (que pueden ser de diferentes formas) para bombear agua a través de ellos, de modo que este chorro de agua entra en contacto con las raíces y pueden obtener todos los nutrientes que necesitan las plantas.

A diferencia del sistema RAFT, en este caso se requiere una bomba.

Los sistemas NFT pueden ser adecuados para la producción de hierbas aromáticas, lechuga y especialmente fresas. La principal ventaja de estos sistemas es que se pueden colocar a la altura deseada del suelo. El material del sustrato es irrelevante, la comida va al agua y puede enviarse a cualquier lugar mediante bomba.

En el caso de las fresas este sistema es muy adecuado, mientras la planta crece hacia arriba, los frutos salen hacia abajo pero sin contacto con ninguna superficie y como resultado se pueden producir frutos agradables y buenos, casi sin el efecto de bichos u hongos.



3.3.3.- GROWING BEDS

Estos sistemas, como su nombre indica, son viveros o camas llenas de diferentes superficies y sustratos.

En este caso, las raíces de las plantas no están en contacto directo con agua orgánica.

Se utiliza un sustrato inerte para enraizar las plantas y fortalecer y estirarlas.

Estos sistemas son los más adecuados para plantas más largas. Los tomates, pimientos e incluso el ajo fresco también se adaptan muy bien a los sistemas de camas de cultivo.

Las plantas utilizan un sustrato inerte para enraizarse y la alimentación se realiza mediante un sistema de fertirrigación.

Mediante una programación automática se establece el tiempo de riego requerido por la planta.

Esto también requiere una bomba, que en la mayoría de los casos es considerablemente más grande que el sistema NFT, en cuyo caso la bomba no solo debe superar la altura sino también la presión.

Los diseños pueden ser diferentes pero eventualmente tendremos el mismo formato de producción en sistemas de camas de cultivo, sustrato inerte, por ejemplo arlita (piedra volcánica usada en construcción) y sistema de riego automático.



3.4.- Sistema de producción de peces

Habr  un único sistema para peces, aunque aún no se ha seleccionado la especie de pez, muchas cosas no son diferentes desde el punto de vista de la ingeniería.

Se necesita un lugar de producción para los peces, un tanque donde estarán los peces. Los tanques pueden ser de forma redonda, cuadrada o rectangular.

Normalmente, se utilizan redondos para facilitar la extracción de los sedimentos, pero los cuadrados o de forma rectangular se usan más comúnmente si están hechos de ladrillo u hormigón y pueden ser de mayor tamaño o longitud.

Los tanques de fibra son en su mayoría redondos pero tienen un límite de tamaño, no superan los 10.000 litros y son imposibles de transportar a determinados lugares. Si hay que entrar por una puerta, la mayor parte de veces no se pueden utilizar.

Otra ventaja de las rondas es que est n directamente relacionadas con los peces, si los peces son activos, es decir, si nadan todo el tiempo de lado a lado, como la trucha, el salmón y el esturion, infligen menos lesiones en el morro reduciendo la mortalidad.

En tanques cuadrados, en cambio, pueden aparecer más heridas porque reciben golpes en los morros de los peces cuando están estresados o aterrorizados. Y morir como resultado.



Además del tanque, en el sistema de peces, se requiere un sistema de filtración mecánica. En el mercado se pueden encontrar diferentes filtros mecánicos. Los más utilizados son los filtros de tambor y los filtros de arena.

Ambos pueden ser adecuados para este caso, aunque los de arena son más económicos. Los de tambor, por otro lado, son más automáticos y no requieren autolimpieza a mano.



Filtro de tambor



Filtro de arena

Una vez eliminada la materia orgánica sólida mediante filtración mecánica, se lleva a una planta de tratamiento biológico, donde se composta a través de lombrices y se pone a disposición de las plantas.

La materia orgánica disuelta se vuelve a tratar mediante filtración biológica. Una filtración biológica puede tomar diferentes formas, pero por dentro son todas iguales. Si hay oscuridad, comida, oxígeno y un lugar para asentarse, las bacterias permanecerán allí centrándose en la nitrificación. Cuantos más lugares, más comida y más oxígeno y bacterias haya, más reproducción y nitrificación habrá.

La nitrificación reduce el pH del agua, lo cual es muy importante de controlar, ya que las bacterias se quedan en letargo por debajo de pH6 mientras recuperan el pH adecuado.

En estos casos, se debe utilizar un carbonatador para elevar el pH al valor requerido.

El amoníaco por encima de 2 gr / litro y los nitratos por encima de 150 gr / litro son dañinos, por lo que se debe medir la calidad del agua de los peces a menudo.

3.4.1.- El agua de los peces

El agua es el vínculo y el facilitador en un sistema de acuaponía. La medición de la calidad y las características del agua es esencial para que el sistema funcione correctamente.

Los peces tienen unas necesidades, las bacterias otras y finalmente las plantas otras.

Si el sistema estuviera diseñado en un solo circuito, uno o dos de los tres no serían cómodos porque tienen necesidades diferentes.

Por ejemplo, las plantas absorben mejor los alimentos con un pH 6 y las bacterias no pueden realizar la nitrificación. Esto llevaría la cantidad de amonio a un nivel de riesgo hasta que el pez muriera y no hubiera nitratos para las plantas. Así que la medición del agua es muy importante y el sistema de acuaponía se distribuye y gestiona mejor en diferentes micro ecosistemas.

En el diagrama anterior se puede ver una propuesta gráfica para el manejo adecuado de un sistema de acuaponía.

3.5.- Energía lumínica y fotoperiodo

Tanto los peces como las plantas necesitan luz para sobrevivir. El ciclo de luz o fotoperiodo de los peces está relacionado directamente con la alimentación y la reproducción.

Los peces tienen suficiente con tener luz. Cuantas más horas de luz haya, más oportunidades de alimentarse, pero también necesitan la oscuridad durante unas horas para mantener la calma y descansar.

Las plantas, por otro lado, necesitan energía lumínica para la fotosíntesis y para alimentarse. No necesitan solo claridad, el espectro de luz y la potencia son de gran importancia.

Cada planta tiene sus propias necesidades nutricionales, así como sus propias necesidades de energía lumínica.

Las plantas que están adaptadas a los factores climáticos de un lugar, no crecerán bien si tienen otra luz, temperatura o nutrientes.

Entonces, si se desean cultivar plantas que crecen habitualmente en los trópicos, debe investigar sus necesidades y darles la temperatura, la energía lumínica y el fotoperiodo que necesitan.

En este caso concreto, la energía lumínica y el fotoperiodo varían durante todo el año. Esto significa que las plantas también serán diferentes según la temporada. Para tener las mismas plantas todo el año, la energía lumínica y el fotoperiodo deben ser los mismos y para ello la instalación tendría que estar iluminada y calentada artificialmente.

Esta iluminación artificial puede permitir una mayor producción pero también aumenta la inversión y los costos diarios.

Hay luces que utilizan tecnología LED que bajan los costos diarios y también pueden abaratar la inversión.

Dependiendo de las plantas y zona decidida, se puede calcular la potencia diaria y a partir de ahí se pueden ver los costes y la inversión posteriormente.

Sabiendo cual es el consumo de luz, las energías renovables se pueden utilizar para reducir los costes diarios pero hay que tener en cuenta que la necesidad de energía lumínica es constante y la generación de energía es variable, según la climatología.

3.6.- Energía y backup del sistema

Como se mencionó anteriormente, las energías renovables se pueden utilizar en un sistema de acuaponía.

En este caso, si se quiere obtener una buena producción, las energías renovables solo se pueden utilizar como complemento.

La filtración mecánica estará operativa las 24 horas del día, el movimiento del agua, el sistema de riego, las alarmas y la oxigenación también deberán estar en funcionamiento las 24 horas del día.

Entonces es necesario estar conectado a la toma principal de la luz.

Si la energía en el lugar se va con frecuencia, sería interesante tener un sistema de generación de electricidad, especialmente para la sección de peces.

Un grupo electrógeno de combustión podría servir ya que se pueden encontrar en el mercado de diferentes potencias dependiendo de las necesidades del sistema.

3.7.- Alarmas y automatización

Se pueden automatizar alarmas, sistema de riego, control de pH, control de temperatura, activación de la luz y tiempos de riego.

Es muy importante controlar los parámetros de las instalaciones, y para ello es importante poner en marcha un sistema de automatización.

Los sistemas existentes para la acuicultura se pueden adaptar a la acuaponía para que, dondequiera que estemos, podamos saber lo que está sucediendo en la instalación de producción.

La automatización se puede gestionar en las propias instalaciones o incluso de forma remota.

Con su gestión se puede programar el riego, la alimentación, etc. así como la programación lógica.

Se puede programar una respuesta automática cuando se produce una acción, ya sea mediante alarmas o mediante acciones.

Por ejemplo; Si se baja el pH, se puede programar una alarma para enviar un sms al móvil (debe haber una señal telefónica en su lugar) y también se puede configurar una bomba para añadir agua con un pH alto de carbonato. A esto se le llama programación lógica.

No se requiere señal de Internet para todo lo anterior. Porque las acciones se desarrollan por dentro y los mensajes solo tienen dirección de salida.

Si se quieren realizar acciones y controlar desde el exterior las instalaciones, se necesita una programación especial y una señal de internet. A través de un servidor en la nube se pueden ver todos los datos de la instalación online e incluso realizar algunas acciones.

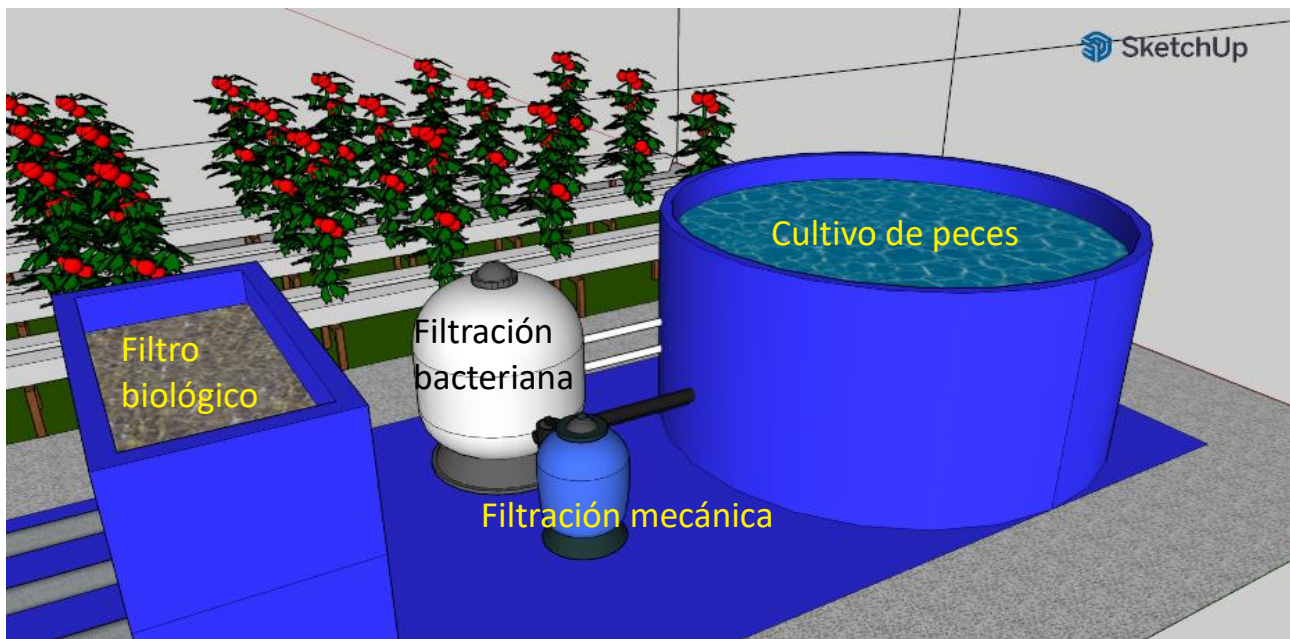
Uno de los sistemas de automatización y control más adecuados para una instalación de acuaponía es el sistema Profilux.

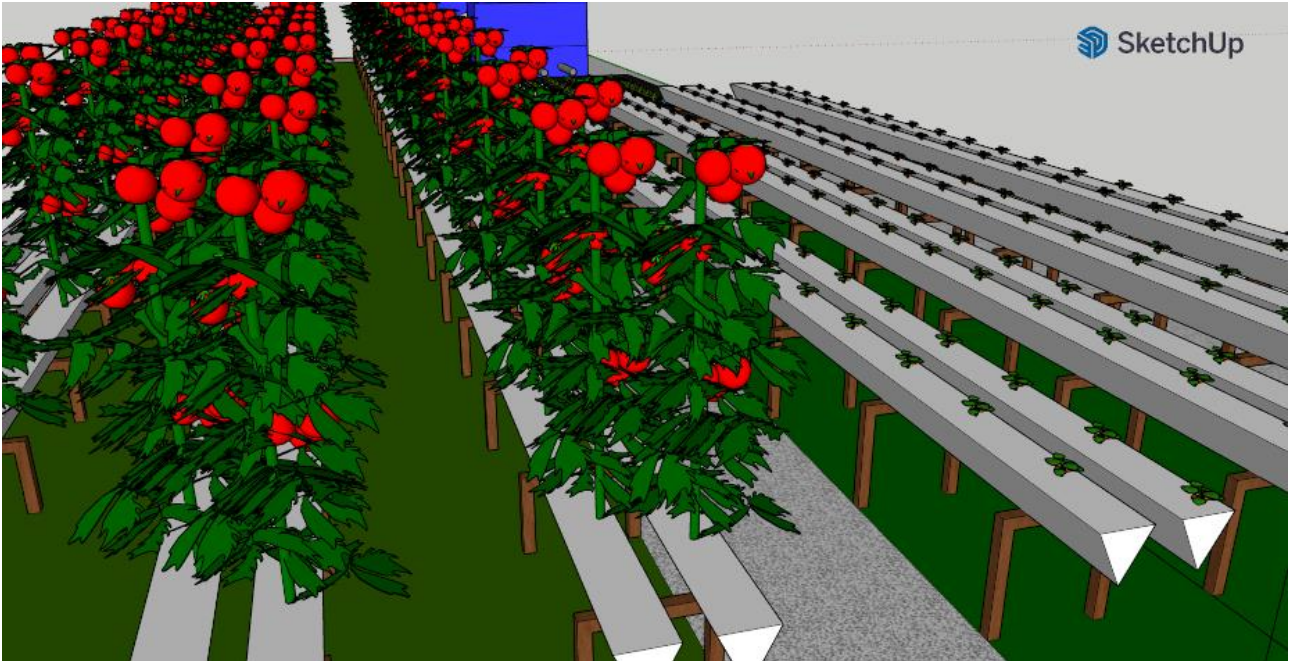
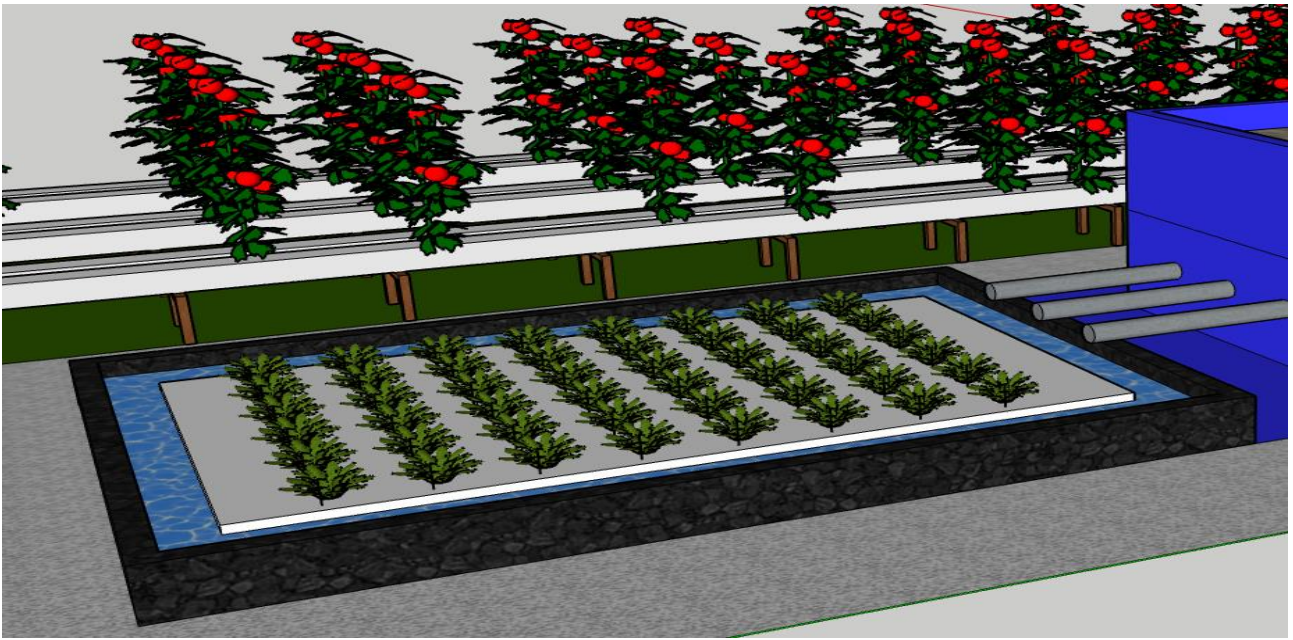
El profilux, que incluye varias sondas, puede controlar o mejorar la calidad del agua, encender o apagar las luces, bombas y otros sistemas de 220 voltios, y permite una programación lógica.

3.8.- Propuesta de diseño

A continuación, teniendo en cuenta todo lo que hemos visto hasta ahora, se presentará una propuesta de diseño interior para acuaponía.

Cada diseño ha sido diseñado teniendo en cuenta la zona y una propuesta que permitirá al cliente trabajar con la mayor cantidad posible de especies de plantas y peces. Las especies que se producirán aún están sin definir por el cliente.

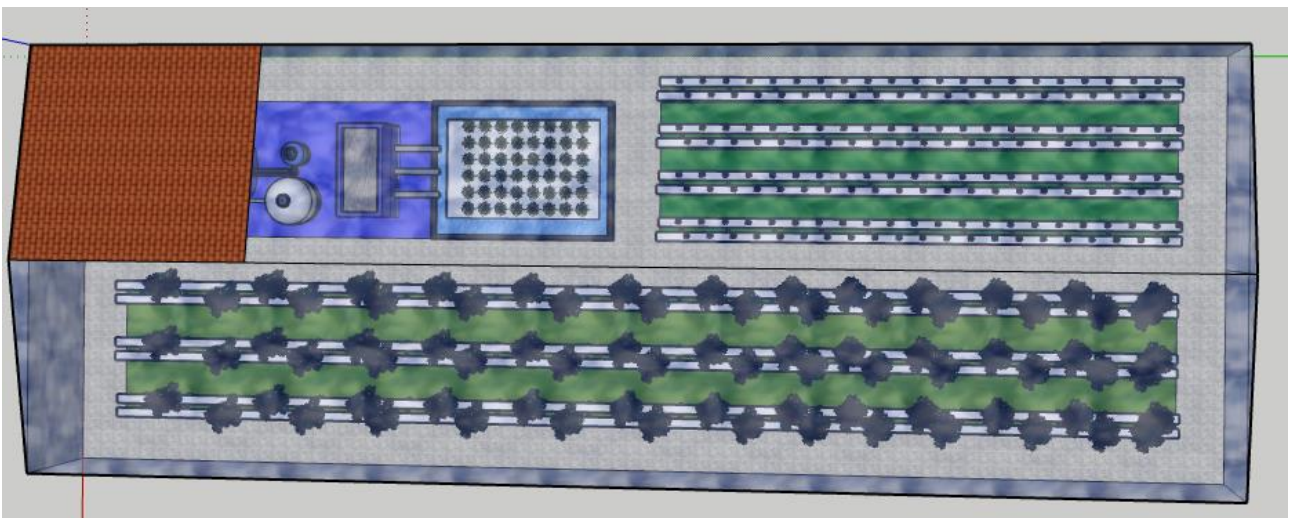
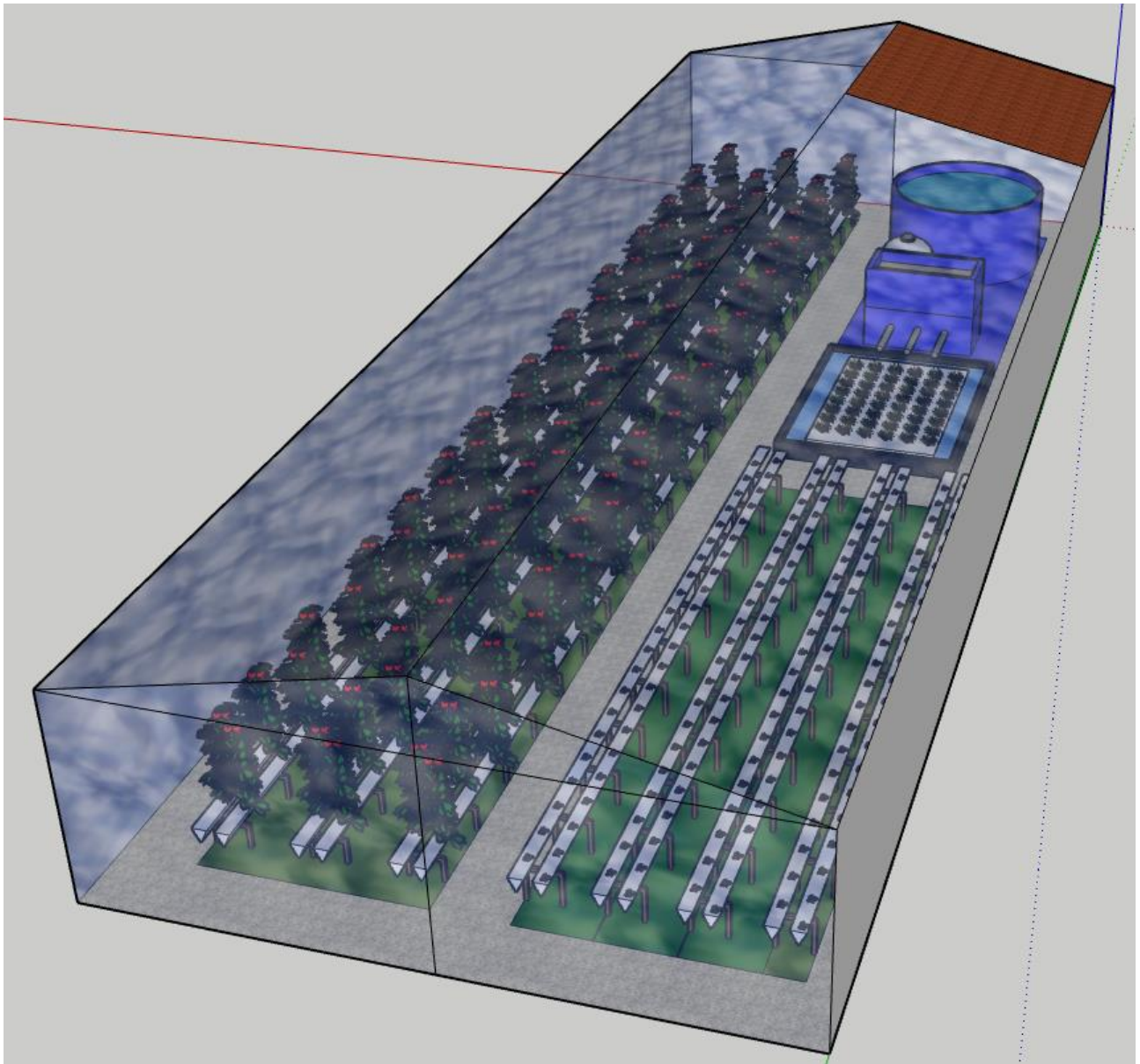


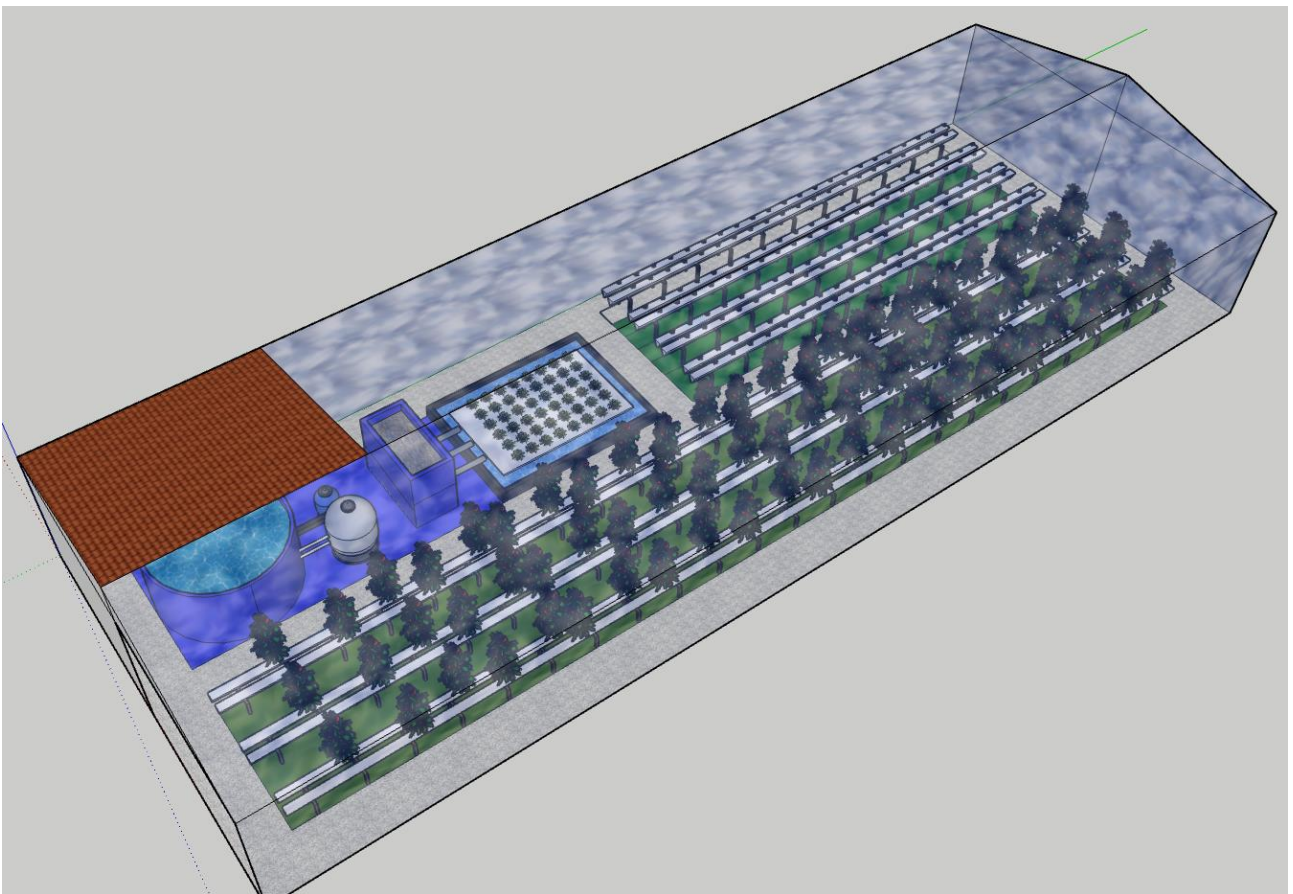
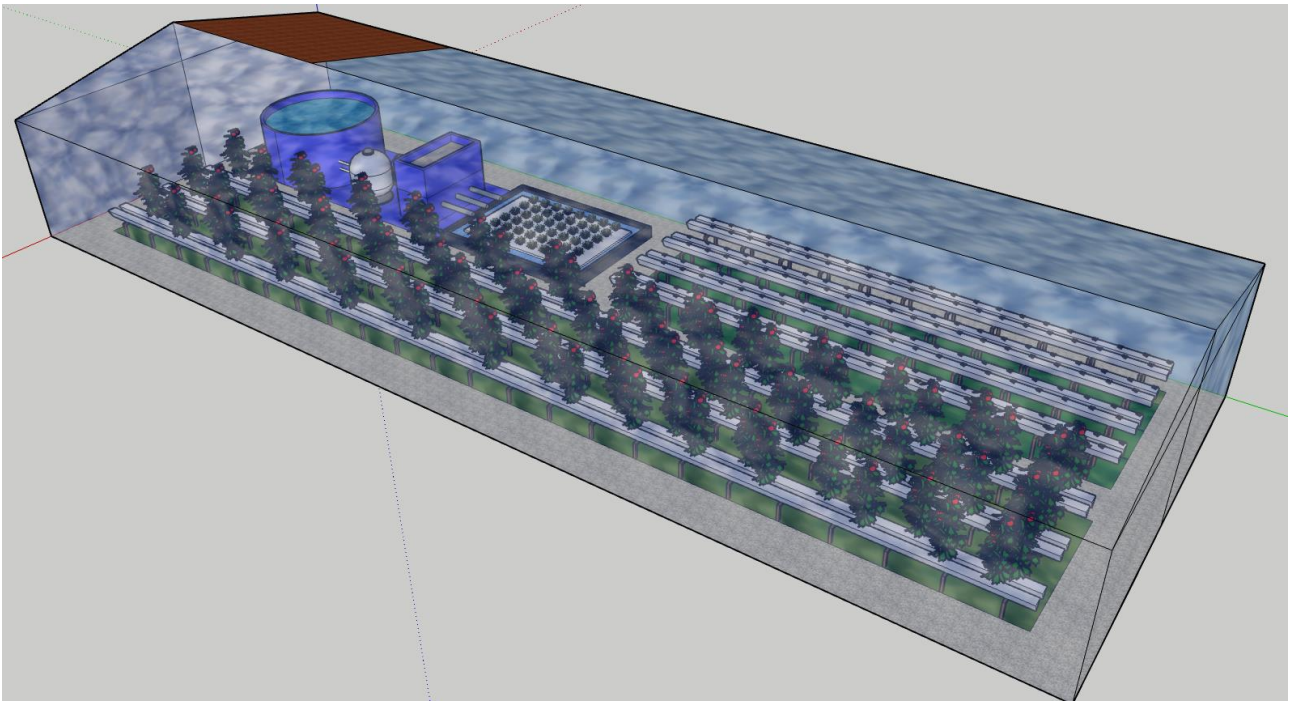


sistema
Growing Beds

Sistema NFT

3.8.1.- Vista general de las instalaciones





3.9.- Presupuesto

Al realizar el presupuesto, en este caso, como el propietario pretende realizar la instalación por su cuenta, se incluye en el presupuesto el costo del material por parte de BREEN, transporte, asesoría telefónica y 5 visitas a sus instalaciones.

Material.

Todo lo necesario para que funcione todo el sistema, excluidas las energías renovables. Esto es lo que se necesita para conectar el sistema a 220 voltios.

- Tanque de peces de fibra de 5 m3
 - Sistema completo para filtración mecánica.
 - Sistema completo para filtración bacteriana
 - Todo para el tratamiento biológico
 - Piscina de lona y planchas flotantes para el sistema RAFT
 - Todos los tubos de PVC
 - 50 Diam a 500 metros
 - 32 Diam 500 metros
 - Todos los codos, Ts y pegamento de PVC necesarios
 - Adaptadores a diferentes diámetros
 - Manguitos de 3 piezas de 50 y 32 diám.
- Sistema NFT completo
 - Soportes piramidales de PVC
 - Patas de madera tropical
 - Llaves de control de entrada de flujo de agua
 - Manguera de goma para transporte de agua
 - Material necesario para fijarlo al suelo
 - Lana de roca para enraizamiento
 - Contenedores vegetales especiales para acuaponía
 - Bombas de riego
- Todo lo necesario para el sistema de camas de cultivo

- Soportes piramidales de PVC
- Patas de madera tropical
- Sistema de riego para cada planta
- Manguera de polipropileno y para transporte y dosificación de agua
- Material necesario para fijarlo al suelo
- Sustrato Arlita
- Bombas de riego

TOTAL: 7.900 euro

4.- Recomendaciones

- Puede ser aconsejable instalar luces artificiales para producir una mejor cosecha durante todo el año, especialmente en invierno.
 - Cuando la temperatura del agua desciende por debajo de los 15 grados dentro de la instalación, el tiempo de crecimiento de las plantas baja mucho. Quizás sería recomendable controlar la temperatura de las instalaciones.
 - Al calentar solo el agua, las plantas no tendrán un mejor crecimiento, porque puede haber una gran diferencia entre la temperatura de las raíces y la que hay en el aire.
- Tenga en cuenta que las plantas con flores necesitan polinización. Si se abren las ventanas para permitir que entre el viento, entrarán insectos voladores, algunos de los cuales son buenos para realizar la polinización como las abejas, pero algunos también pueden ser insectos malos. Moscas blancas, mariposas y otros insectos voladores, que son particularmente dañinos para los tomates.
 - Si es necesario realizar algún tratamiento, limite bien el área de tratamiento. En el sistema diseñado el agua no regresa de las plantas a los peces pero aun y todo el tratamiento puede extenderse por el aire y puede tener efectos adversos si termina en los peces o en la planta de tratamiento biológico.
- La carga orgánica en el agua no está directamente relacionada con la cantidad de peces, sino con la calidad y cantidad de alimento que se les da.
 - Es importante darle a los peces una dieta específicamente diseñada para su especie, así como respetar las tablas de cantidades proporcionadas por el fabricante. De lo contrario, el pez no crecerá bien o perderemos dinero al suministrar demasiada comida.
 - Si después de seguir la tabla de alimentación de peces y darles toda la comida que puedan comer, si la carga orgánica en el agua no es suficiente, se pueden hacer dos cosas por las verduras. Aumentar la cantidad de biomasa, es decir, agregar más peces y aportar más alimento, y agregar alimentos orgánicos preparados para hidroponía al agua de las verduras.
- La producción vegetal debe ser lineal, lo que significa que todas las plantas no pueden tener el mismo tamaño, porque si se recogen al mismo tiempo para su comercialización, no quedarán plantas para absorber materia orgánica y se puede perder el equilibrio del sistema.
 - Se recomienda plantar las semillas cada 2 semanas para que la producción sea escalonada.
 - Es necesario automatizar procesos para ciertas cosas. Riego, alimentación, apertura y cierre de ventanas etc. Puede que sea suficiente con algunos temporizadores al principio pero es

interesante para el futuro tener un sistema como Profilux. Para esta instalación, el coste de Profilux sería de 1.900 euros e incluiría los siguientes accesorios.

- Profilux CPU
- Expansion box 1 para las sondas de medición remotas
- Sonda de conductividad electrónica
- Sonda de temperatura del agua
- Sonda de humedad y temperatura de ambiente
- Sonda pH
- Power bar 1 para control de bombas de regadío
- Para más información del producto. <https://www.aquariumcomputer.com/>
- Para más información de luces LED de cultivo vegetal <http://www.urbi.com.es/>
- Para más información de materiales de energías renovables. <http://www.xunzel.com/>

5.- Conclusiones

A la vista de todo lo dicho hasta ahora, se puede decir que es posible llevar a cabo una adecuada reutilización de las infraestructuras agrícolas de este tipo mediante instalaciones acuapónicas.

Sin embargo, es necesario establecer claramente, para qué está destinada la instalación, el tipo de producción, los factores abióticos que intervienen en el lugar, como la temperatura, las horas solares y el agua.

Con todo esto en mente, es necesario realizar un proyecto nuevo, personal y específico en cada lugar.

De esta forma, en función de la idea del cliente, se buscará la adaptación más adecuada a estas instalaciones con el fin de obtener los mayores rendimientos y producciones posibles.

Soluciones similares para diferentes instalaciones no serán 100% válidas en otros lugares porque puede haber diferentes factores.

En el caso estudiado en este trabajo, está claro que es posible montar una instalación de acuaponía, para producir buenos productos, pero por su tamaño no puede ser solo un negocio, sino un agregado a otra producción / negocio. Los productos de acuaponía pueden agregar valor al negocio, así como a la propia instalación en términos de visitas y capacitación.

Anexo 1

Proyecto productivo de similares características a la casuística del proyecto actual realizado para la empresa INNOVANTIS de Galicia España.

1.- Introducción

1.1.- Antecedentes

El presente proyecto ha sido realizado por el equipo técnico de BREEN S.L. y con la colaboración GreenFish S.L. Mediante este proyecto se pretende promover la diversificación de los cultivos piscícolas sostenibles cumpliendo con los objetivos marcados por el Plan Estratégico de Acuicultura de la CEE.

Para ello se ha seleccionado una especie de gran importancia mundial que todavía es prácticamente desconocida para productores y mercados del Estado español e incluso europeos; la **Tilapia** (*Oreochromis niloticus*).

Mediante este proyecto se propone hacer un cultivo **sostenible** de Tilapia centrado en tres ejes principales:

- La sostenibilidad en la gestión del agua; recirculación y acuaponía
- Sostenibilidad energética; energías renovables y eficiencia energética
- Sostenibilidad en el alimento de la Tilapia; sin dependencia del medio ni recursos marinos.

1.2.- Idoneidad de la Tilapia

Las diferentes especies conocidas genéricamente con el nombre de Tilapia constituyen uno de los grupos más importantes en la acuicultura mundial. Allí donde se cultiva resulta ser un producto rentable y competitivo que se manifiesta como una buena alternativa proteínica con excelentes perspectivas de desarrollo.

De carne blanca, sólida y de sabor neutro, es un producto que se abre camino fácilmente en los distintos mercados mundiales hasta el punto de haberse convertido en el segundo grupo de peces cultivados tras las carpas y por encima de los salmónidos

Además de por su calidad, su éxito se debe a su facilidad de cultivo, ya que se trata de especies fácilmente adaptables a sistemas de cultivos intensivos y que cuenta con una alta tasa de reproducción, elevada resistencia a enfermedades, alta supervivencia, etc. y capaz de desarrollarse adecuadamente en un amplio rango de calidades fisicoquímicas del agua.

2.- Metodología

Para la consecución de los objetivos reseñados, el presente proyecto sigue las pautas expuestas a continuación:

- Caracterización de los requerimientos ambientales de la Tilapia a partir del conocimiento de su biología
- Delimitación de bioindicadores que satisfagan con esta tecnología los requerimientos identificados como idóneos para la Tilapia.
- Identificación de los riesgos ambientales de cultivo sostenible y otros factores limitantes.
- Revisión y análisis de las técnicas y tecnologías de cultivo sostenible más adecuadas para la especie en las condiciones ambientales para su producción
- Adecuación del cultivo para la prevención de riesgos ambientales.
- Posibilidades de comercialización, distribución etc., así como un análisis de la rentabilidad económica de las instalaciones.
- Cálculo de volúmenes de producción
- Cálculo de costes de inversión
- Cálculo de costes de producción

Todo el proceso se realiza mediante recopilación de documentación, consultas con especialistas en la especie, visita a diferentes instalaciones nacionales e internacionales y por la propia experiencia en la producción de la instalación piloto de BREEN.

3.- Cultivo de la Tilapia

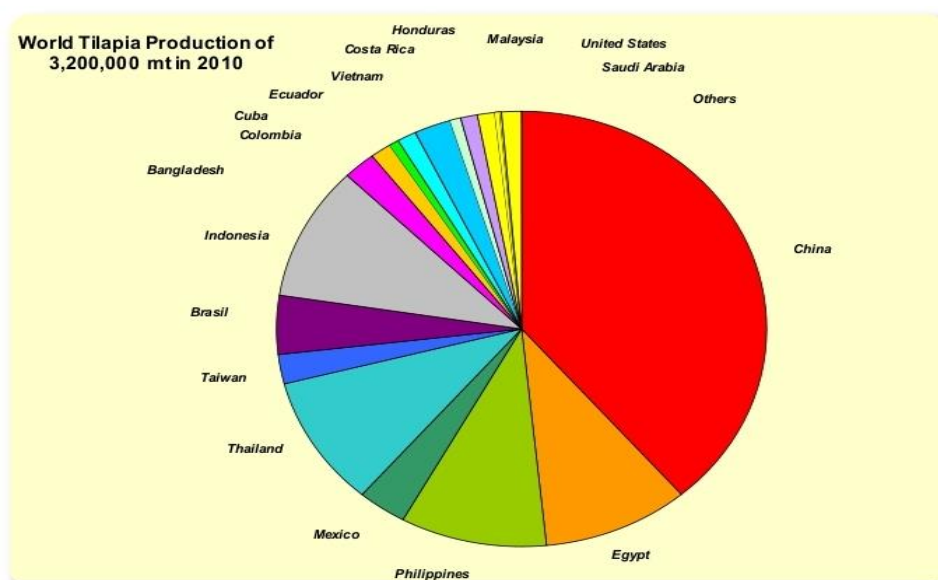
3.1.- Importancia mundial del cultivo de la Tilapia

La Tilapia ofrece indudable competitividad como especie de cultivo. A su elevada calidad, agradable sabor y amplia tolerancia a distintas condiciones ambientales, se añade su resistencia a las enfermedades más habituales de los peces cultivados, su relativa facilidad de reproducción y su rapidez de crecimiento en cultivos intensivos.

Todas estas cualidades de elevado interés para la acuicultura, han llevado a la Tilapia a ser el segundo grupo de especies en importancia en la producción acuícola mundial, tras las carpas, con un volumen aproximado del 20% del total de peces cultivados, producción que se halla en un proceso de crecimiento continuo.

Según la FAO de una producción mundial de 3.200.000 Tm en 2010, China fue el mayor productor aportando cerca del 40% del total de la producción mundial, seguida por Egipto, Filipinas, Indonesia etc.

Imagen 1: Mayores Productores de Tilapia en el mundo, FAO

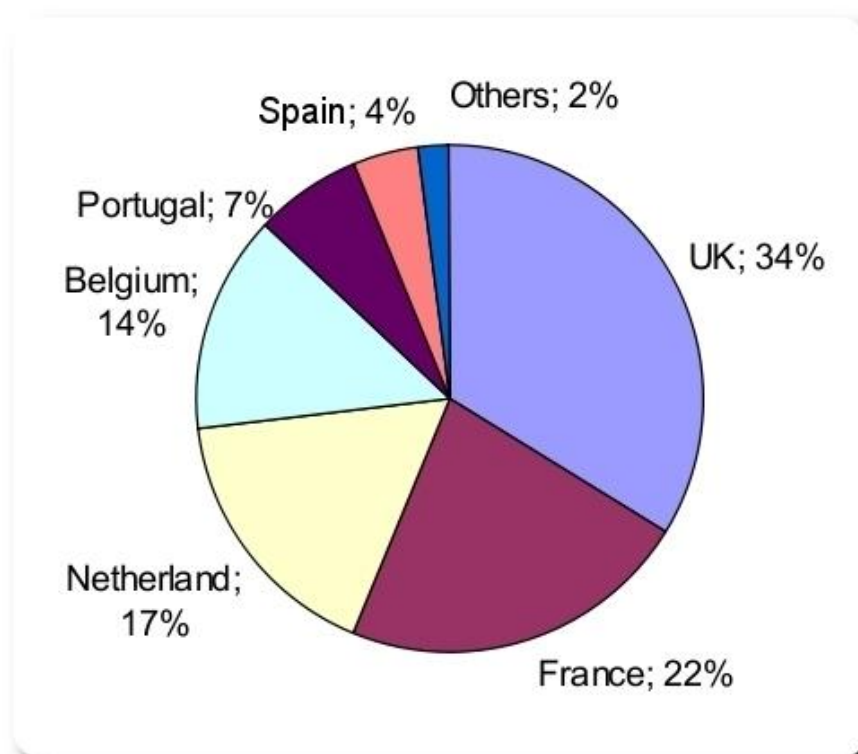


Desde hace algunos años, la Tilapia constituye el tercer producto alimenticio acuático más importado por los EEUU después del camarón marino y el salmón del Atlántico, y ha sido galardonado como Pez del Año durante 6 años consecutivos. En el año 2010 el consumo total de

Tilapia fue aproximadamente de 466.000 Tm con perspectivas de crecimiento muy interesantes en los próximos años que le permitirá colocarse entre los diez primeros productos del sector de acuicultura y pesca. Se espera que su consumo mantenga un promedio de incremento mínimo anual del 3%.

En el ámbito mundial, el crecimiento de la producción de Tilapia muestra un vigoroso crecimiento, otorgando a este cultivo un protagonismo de primer orden como alimento del futuro, especialmente en países en vías de desarrollo, áreas de elevada población etc., máxime si se considera como una alternativa viable a la pesca extractiva en un momento en que los caladeros se hallan sobre explotados y la sensibilidad social demanda una producción sostenible y compatible con la calidad ambiental en el tiempo.

A nivel europeo, no existe a penas producción de Tilapia pero en cambio se importan desde China anualmente cerca de 20.000 toneladas, se importa congelada en entero y fileteada y los países que se muestran en la siguiente tabla son los países más consumidores a nivel europeo.



3.4.- El cultivo de Tilapia en España

3.4.1.- Explotaciones existentes

A nivel nacional no existe una gran producción de Tilapia que pueda dar solución a la demanda existente. Según los últimos datos recogidos por Infofish en su congreso anual de Tilapia 2010 actualmente se importan a Europa de China aproximadamente unas 20.000 Tm de Tilapia, de los cuales un 4% son para el mercado español y un 22% para el mercado francés

La empresa Valenciana de Acuicultura en Puçol produce aproximadamente unas 20 Tm de Tilapia y la empresa Granjas piscícolas del sur en Adamuz produce unas 100 Tm anuales. Toda esta producción se consume en los mercados locales y no es suficiente para abastecer la demanda actual que ronda las 800 Tm anuales como se puede apreciar en las gráficas mostradas anteriormente.

3.4.2.- Potencial

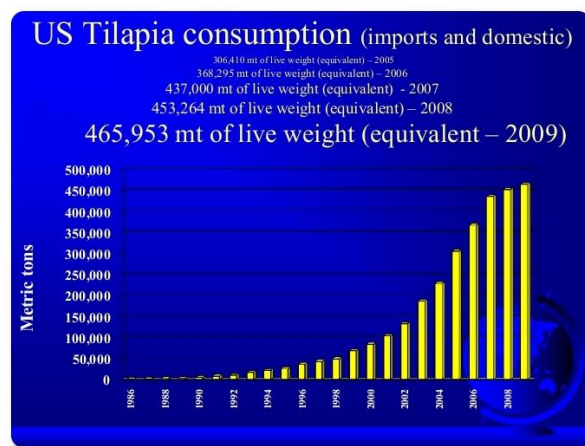
Tal y como se ha mencionado anteriormente en España el cultivo de la Tilapia está aún muy poco desarrollado. Como consecuencia, es un pez prácticamente desconocido que tiene que abrirse poco a poco camino en nuestro mercado. A pesar de esto, las experiencias piloto llevadas a cabo con estos peces, incluida BREEN, están dando resultados interesantes, lo que induce a pensar que su introducción en el mercado español puede ser muy positiva.

La gran demanda de pescado en nuestro país supone una ventaja de partida respecto a otros con menos tradición en este tipo de productos. En cualquier caso, la irrupción de una nueva especie o una especie poco conocida siempre tiene que superar una cierta reticencia inicial, que en este caso posiblemente no exista dada su similitud morfológica con otros productos de excelente aceptación. La Tilapia se conoce con el mismo nombre común en todo el mundo. Esto representa una gran ventaja a la hora de comercializarla. Posiblemente la mayor parte de los consumidores de pescado españoles no conozcan la Tilapia pero es uno de los peces más consumidos en Sudamérica, África y Asia, de modo que la población inmigrante conoce perfectamente este pez y es en ese núcleo de mercado donde mayor aceptación tiene.

La comercialización de la Tilapia se puede hacer de dos formas diferentes, entera eviscerada como se comercializan las doradas y las lubinas con un tamaño denominado de ración o bien limpias, fileteadas y envasadas en bandeja para su fácil manipulación en la cocina.

Al ser un pez blanco, con un sabor neutro y sin espinas, es ideal para el consumo de niños y adolescentes en diversos formatos. Como palitos de pescado, en salchichas, en hamburguesa etc.

En estados Unidos hay un mercado emergente de consumo de productos de 4ª y 5ª gama en formato de “abrir y listo”, dos minutos al micro ondas y listo. Sin ensuciarse, sin malos olores y con muchas posibilidades diferentes de salsas y cocinados. Como se aprecia en la tabla, en los últimos 10 años en Estados Unidos ha habido un 500% de crecimiento en el consumo de Tilapia gracias a estos nuevos formatos.



3.5.- El mercado

Entre la características que hacen de la Tilapia un producto apetecible para su consumo se hallan su apariencia, calidad de la carne y alto valor nutritivo, con pocas calorías y ausencia de colesterol. Sin embargo, tan solo en los últimos años los productos de Tilapia han comenzado a surgir y a ser reconocidos. Este aumento de su producción se debe, fundamentalmente, al potente mercado estadounidense, que se ha erigido en uno de los mayores importadores de Tilapia. Actualmente su mercado esta fraccionado en varios segmentos: pescado vivo, pescado congelado entero, filete congelado y filete fresco.

Según los datos Sudamérica es el origen de la mayor parte de las importaciones seguido por China, Taiwan, Indonesia etc. Además el mercado canadiense ha experimentado un gran aumento en los

últimos años, especialmente el mercado de peces vivos que recibe Tilapia de Sudamérica y Jamaica.

En Sudamérica también ha habido un crecimiento en el consumo de Tilapia de esta manera Colombia, Venezuela, Brasil, México o Cuba además de ser exportadores tienen un gran consumo local.

Los países árabes constituyen así mismo un importante mercado para la Tilapia, consumiendo elevados volúmenes tanto procedentes de importaciones como de producción interna. El principal país productor de la zona es Egipto con 384.000 toneladas producidas en 2010. Del mismo modo, grandes importadores de Tilapia procedente de los países asiáticos son Arabia Saudí, Kuwait, Emiratos Árabes, Bahrein, Jordania y Qatar.

En Europa este producto es aún un gran desconocido para la mayoría de la población y su cultivo se halla en sus inicios, aunque se augura un rápido crecimiento y un futuro prometedor. El país con mayor mercado de Tilapia es el Reino Unido con un 34% de las importaciones, seguidos por Francia 22%, Holanda 17%, Bélgica 14%, Portugal 7% y España 4%.

Los principales consumidores de Tilapia en Europa son los integrantes de las comunidades de origen africano, y asiático, especialmente chino, que viven en las principales ciudades europeas, aunque su consumo esta creciendo de forma exponencial en mercados donde la presencia de estas comunidades producto de la inmigración no justifica por si solo este aumento.

Prácticamente la totalidad de la Tilapia consumida en Europa es importada; hasta hace pocos años, solo en Bélgica se cultivaban Tilapias habiéndose constituido en el segundo producto de acuicultura del país. En la actualidad, el Reino Unido y Francia ya poseen producciones propias y otros países han emprendido diversas experiencias piloto.

A diferencia del estadounidense, el mercado europeo prefiere la importación de Tilapia entera y congelada. Los principales proveedores para Europa son China, Tailandia, Indonesia, Vietnam, Malasia, Costa Rica, Jamaica y más recientemente Zimbawe y Uganda.

Con vistas al mercado internacional, el peso final de los peces varia con la demanda puntual del mercado, siendo el tamaño óptimo entre 600-800 gramos.

El futuro de la Tilapia en el mercado internacional se muestra muy alentador. Los EEUU y Europa están experimentando una disminución en el consumo de carne de vacuno, con el consiguiente aumento de otras fuentes alternativas de proteínas de origen animal, como productos de porcino, aves y acuicultura.

Habida cuenta de la gran proyección de futuro de esta actividad, seria beneficioso para las empresas productoras de Tilapia, ampliar las presentaciones del producto para proporcionar cumplida oferta de mercado mayor a la actual tal y como se esta realizando en EEUU.



Los productos que se pueden presentar abarcan un enorme espectro, embutidos, ahumado, sashimi, empanados, marinados, surimi etc.

Ya que como se ha expuesto con anterioridad, la Tilapia tiene un ciclo reproductivo más corto que la mayoría de los géneros cultivados habitualmente y es muy resistente a enfermedades y condiciones medioambientales, la verdadera dificultad que subyace en el cultivo de la Tilapia a una cierta escala radica en identificar profesionales con estudios en producciones acuícolas, buen manejo y dilatada experiencia en su cultivo.

Los grandes importadores de Tilapia son el mercado de EEUU y en menor medida algunos países europeos que están siendo abastecidos por los países productores asiáticos y sudamericanos principalmente.

Los graves problemas sanitarios que han sufrido últimamente el ganado vacuno y el porcino (EEB, peste porcina, gripe aviar etc.) y las tradicionales prácticas de pesca que han derivado en algunos casos en insostenibles, han llevado a la drástica reducción de los recursos pesqueros y han propiciado la apertura de las puertas a los productos acuícolas a un enorme mercado potencial para el cual todavía no hay una estructura que asegure una producción estable para abastecerlo.

En el mercado europeo, hasta hace poco tiempo, la demanda de Tilapia estaba frecuentemente limitada a grupos étnicos específicos y la especie no era familiar en los grandes mercados. Pero paulatinamente, la Tilapia comenzó a recibir mayor atención, a la vez que los consumidores demostraban que existe un buen potencial en el mercado europeo para la sustitución de muchas especies de carne blanca. Por todo esto, la Tilapia de buen tamaño y gran calidad podría ser muy bien aceptada por este nuevo mercado.

El acceso por parte del sector productor al mercado internacional de Tilapia pasa por la elaboración de un cuidadoso plan comercial, que ha de contemplar los siguientes factores debidamente secuenciados.

- Determinar la admisibilidad del mercado
- Investigar el precio de producto en el mercado de destino y compararlo con los costos de producción, transporte y comercialización del pez en el formato de presentación elegido. Analizar si resulta en el mercado internacional principalmente en Francia por la proximidad y la cuota de mercado explicada con anterioridad.
- Contar con un plan de control de calidad para mostrar al consumidor. Investigar los certificados sanitarios requeridos.
- Asegurarse que el empaquetado, etiquetado y el resto del producto cumple con las normas generales de organismos competentes de salud y seguridad alimentaria. Contactar con las autoridades locales.
- Desarrollar una hoja de especificaciones del producto que contenga una completa información del mismo.
- Consultar con agencias de carga y transporte para precios, rutas de transporte y aranceles.
- Preparar una lista de precios una vez contemplados todos los items

- Asegurar que se conocen los tiempos para hacer el despacho de la orden, bajo su propia marca.
- Conocer la capacidad mensual o semanal de pez que se puede ofrecer al comprador y asegurar la continuidad del abastecimiento.
- Seleccionar el mejor comprador para sus necesidades y habilidades: distribuidor.
- Enviar las especificaciones, precios, y muestras al cliente potencial.

3.6.- Producción

Como se ha expuesto, el cultivo de Tilapia se ha llevado a cabo principalmente en países en vías de desarrollo, sustentándose en la sobresaliente adaptabilidad de la especie y condicionadas a la existencia de un clima cálido. En el marco socioeconómico de esos países ha inducido al uso de las técnicas de cultivo muy rudimentarias, con aplicación de sistemas básicos y control mínimo del proceso, cuyo resultado final ha sido generalmente una producción poco relevante y un producto mediocre en calidad teniendo como único factor positivo el bajo coste de producción. La relativamente elevada inversión que supone la instalación y funcionamiento de los sistemas más modernos es, indudablemente, un impedimento que desde BREEN hemos tratado de reducir haciendo una gestión sostenible de la energía en cuanto a consumos de calor y electricidad mediante sistemas de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

De esta manera, en los países más desarrollados se dispone de tecnología que permite compensar las condiciones climáticas más adversas para la especie, con infraestructuras modernas y sistemas capaces de proporcionar cultivos altamente productivos. El control en estas instalaciones es elevado y preciso, la calidad del producto muy buena aunque el coste puede llegar a ser ligeramente superior.

El objetivo del proyecto BREEN es analizar la viabilidad de los cultivos sostenibles de Tilapia en lugares en los que la temperatura no es la apropiada en condiciones competitivas. Ello implica aunar las ventajas de adaptabilidad y sencillez de procesos con la implantación de controles de calidad que garanticen la consecución de un producto de buena calidad y a un precio razonable.

Para la consecución de este objetivo se revela necesario incorporar una tecnología sustentable que optimice los costos de producción y aumente los ingresos, lo que implica establecer un estricto control sobre:

- la piscifactoría, asegurando una excelente línea genética, cosechas regulares y producción sostenida
- La planta de procesado, aplicando los rendimientos esperados y cumpliendo los requerimientos de salud e higiene en la manipulación, procesado, empaquetado y cadena de frío
- La comercialización en todos los sentidos, desde la salida del producto, el transporte hasta la comercialización total (seguimiento y control de la trazabilidad)

- la conservación de la calidad ambiental del entorno, mediante la aplicación de medidas preventivas y de procedimientos de control suficientemente rigurosos y económicamente sostenibles
- La garantía de calidad ante el consumidor a través de la adopción de los estándares exigidos por la Comunidad Europea, siendo recomendables también la implantación de la certificación de calidad ISO 9002, y la obtención de certificados de calidad ambiental, reglamento EMAS, certificación ISO 14000. Así mismo sería de gran interés la inscripción en la GAA, Global Aquaculture Alliance, organización internacional no gubernamental concebida para respaldar la práctica de la acuicultura y sus organizaciones en armonía con el medio ambiente.

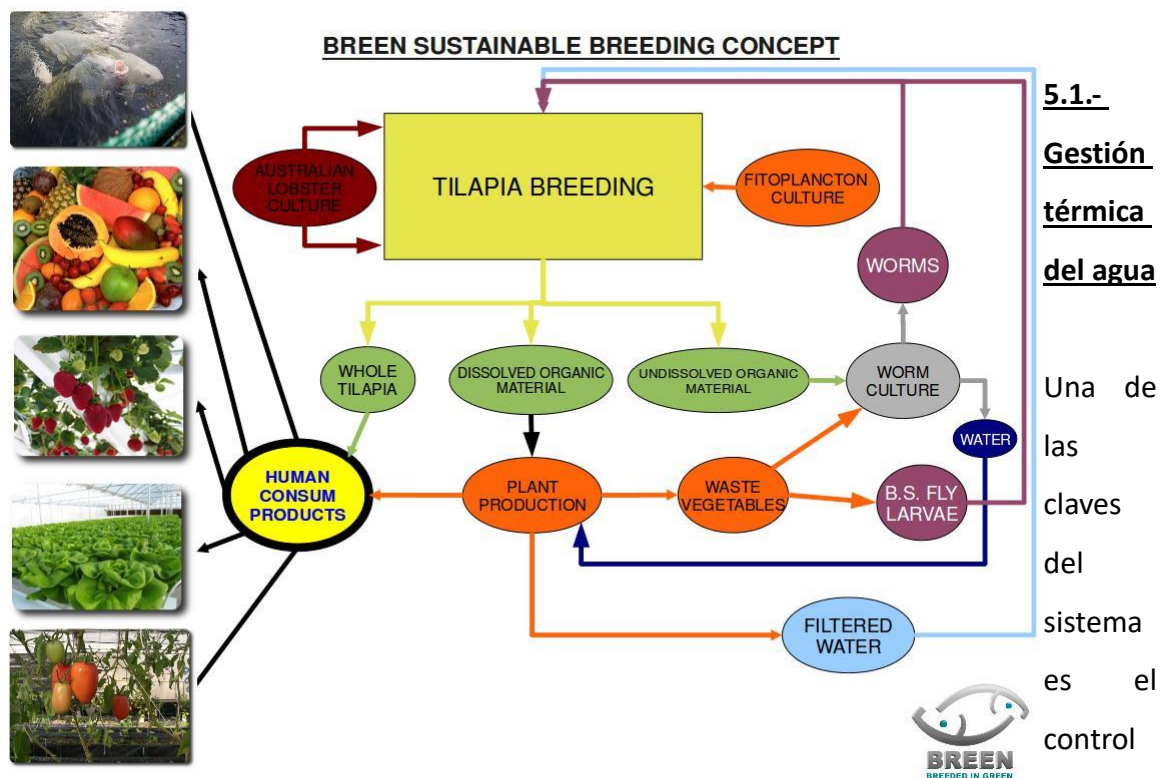
5.- Metodología de cultivo BREEN

El sistema de cultivo sostenible intensivo de Tilapia BREEN esta basado en la automatización de los procesos de producción y la filtración biológica en tres fases, filtración biológica bacteriana, filtración biológica vegetal (Acuaponía) y filtración biológica animal (Lombricultura).



El sistema de cultivo sostenible intensivo de Tilapia BREEN esta basado en la automatización de los procesos de producción.

Esquema principal de un sistema BREEN de cultivo de Tilapia en acuaponía.



automatizado de la temperatura de los tanques.

El concepto BREEN aboga por una fuente de energía sostenible y no contaminante para la obtención de energía térmica y eléctrica en la medida de lo posible.

Sistemas de gestión energética sostenibles como la biomasa, solar térmica, geotermia vertical y horizontal, aerotermia, eólica etc son soluciones viables en un sistema BREEN y que habría que estudiar en cada una de las necesidades personalizadas.

Mediante una bomba auto aspirante controlada por un termostato se bombea desde el depósito de agua caliente de la fuente térmica el agua al sistema primario de calefacción dentro de las instalaciones de BREEN.



Bomba auto aspirante



El sistema primario de calefacción consta de un termostato que esta programado entre 30 y 40 °C.

Cuando el sistema detecta que el agua del termo del sistema primario baja de 30°C arranca la bomba auto aspirante del depósito de agua caliente y se queda activado hasta que el agua del interior del termo llega a 40°C.

Este agua es el que se bombea mediante la bomba de calefacción por todos los tubos del sistema interno de *Circuito primario, termo 300 litros* tanques de pared radiante.

El agua de cultivo de los peces está en contacto continuo con los tubos de calefacción de pared radiante y mediante el intercambio de calor se mantiene a la temperatura deseada el agua de las Tilapias.

Cada uno de los tanques, tal y como se ve en las imágenes, tiene un sistema de pared radiante que en la entrada del mismo tiene una electroválvula que permite que el agua caliente circule por dentro del tanque.

En los tanques diseñados para la producción industrial los tubos de calefacción y el sistema de aislante térmico irán integrados dentro del propio tanque de cultivo como se vera mas adelante para evitar puntos de sedimentación internos no deseados.

Mediante la electroválvula se controla el paso del agua de calefacción, controlada a su vez por un termostato que se programa dentro de los valores de temperatura óptimos de cultivo. En el caso de BREEN, entre 24-28°C.

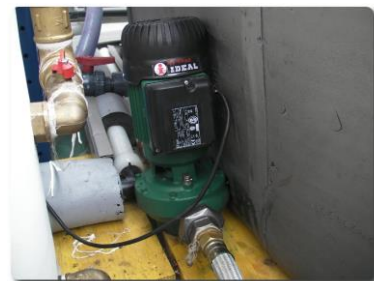
El agua de calefacción y el agua de cultivo no se mezclan en ningún momento de modo que se evita cualquier tipo de contaminación del sistema acuícola.



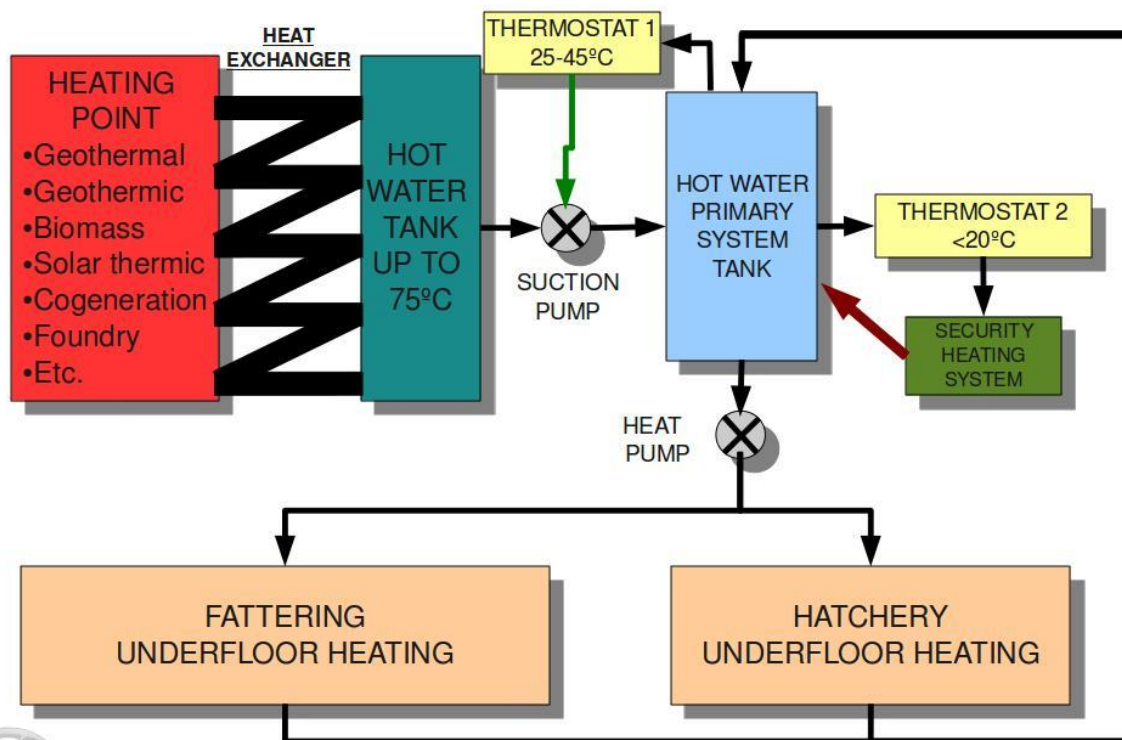
Termostato Pared radiante



Electroválvula Bomba de calefacción



BREEN HEATING SYSTEM



Esquema general de un sistema de gestión térmica BREEN

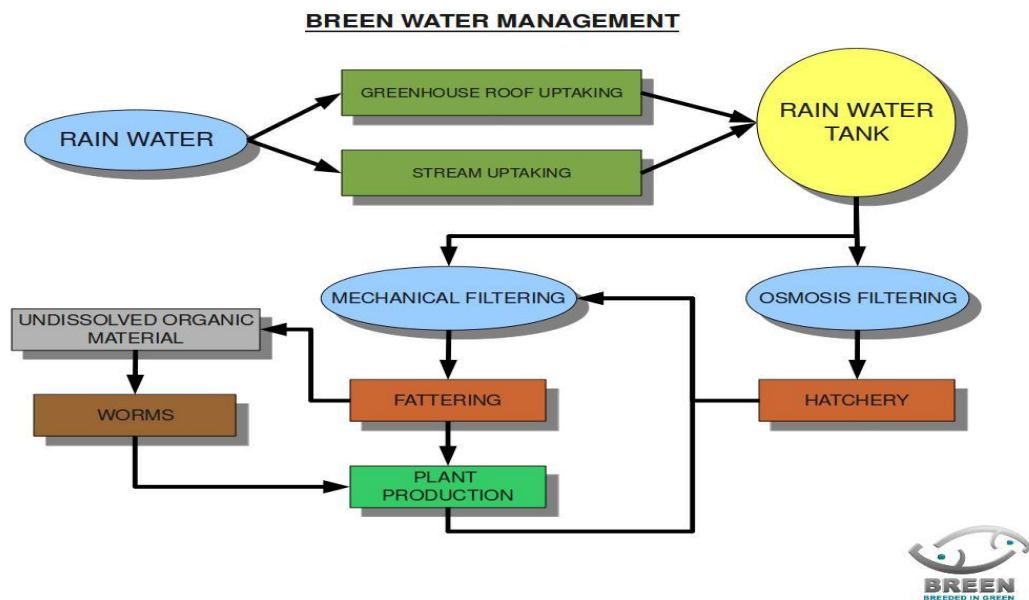
5.2.- Cultivo intensivo de Tilapia en recirculación

En el cultivo intensivo de Tilapia en recirculación el reaprovechamiento del agua es continuo, para ello el sistema tiene varias bombas y filtros que permiten recircular y limpiar el agua de sólidos no disueltos. En los sistemas BREEN el aprovechamiento del agua es parte fundamental. Únicamente se renueva diariamente entre un 10-20% del volumen total del sistema. Las razones principales de necesitar agua de fuera, son la evaporación y la filtración vegetal que se verá más adelante.

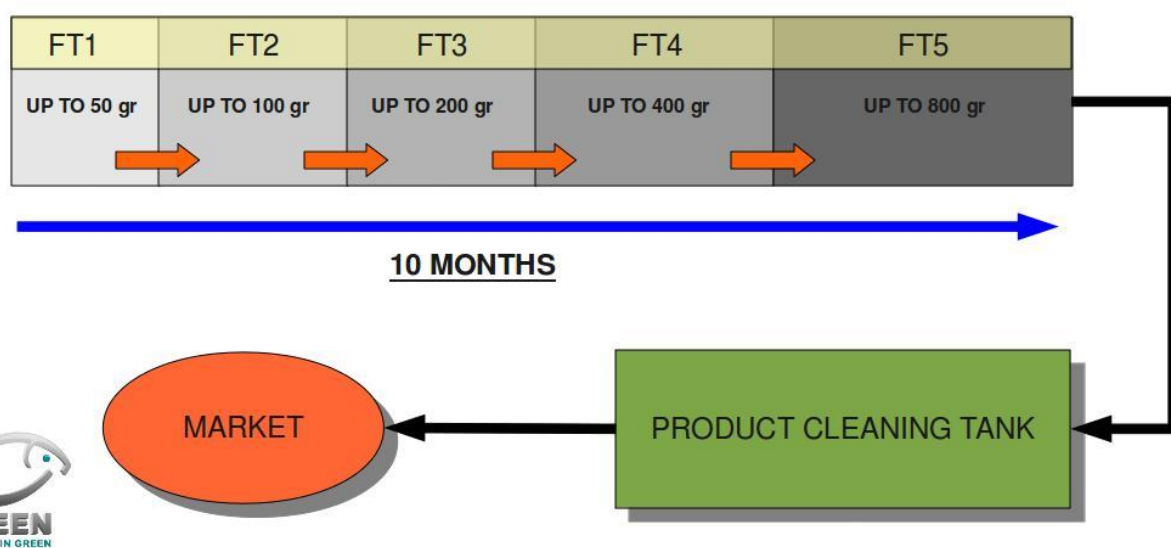
Para poder realizar una gestión sostenible del agua, es necesario aprovecharla tantas veces como sea posible. Los sistemas abiertos de cultivos acuícolas después de utilizar el agua y ensuciarla en el cultivo, la desechan e introducen el 100% del agua nueva del exterior.

El agua es un bien escaso en muchas partes del planeta por lo cual es importante hacer una gestión sostenible de la misma. Además, el hecho de necesitar mucha cantidad de agua para cualquier cultivo acuícola condiciona la ubicación de los cultivos a una gran fuente de agua como lagos, ríos caudalosos y el mar.

Mediante el sistema de cultivo sostenible BREEN se reaprovecha hasta un 80% del total del agua, de forma que se eliminan las limitaciones geográficas anteriormente citadas.



de volumen de agua del tanque y las características de la especie a trabajar. En nuestro caso, la Tilapia, tiene una gran capacidad de adaptación a cultivos intensivos en recirculación y soporta grandes cantidades de biomasa por m³. Inicialmente y debido a la filosofía BREEN de cultivo ético,



5.3.- Alimentación

La Tilapia tiene hábitos alimenticios omnívoros/herbívoros, pueden formar parte de su dieta pequeños insectos acuáticos, detritus y sedimentos del fondo incluso bacterias del cieno.

Además es capaz de reingerir materia fecal en condiciones de escasez de alimentos en el medio.

En consecuencia, la Tilapia presenta adaptaciones estructurales a estas dietas como un largo intestino muy plegado, dientes específicos etc.

Hasta hace relativamente poco los piensos que se empleaban para el cultivo de Tilapia contenían niveles de proteína animal superiores al 40% ya que se consideraba necesaria una alta concentración de proteína animal para la alimentación de los reproductores.

Las Tilapias son herbívoras/omnívoras y se adaptan perfectamente al alimento 100% vegetal aunque se ha comprobado que los factores de conversión son ligeramente más altos utilizando piensos con una composición de hasta un 10% de harina de pescado. Existen diferentes fabricantes de piensos para Tilapia que producen pienso sostenible con bajos contenidos de harina de pescado a partir de subproductos generados en los procesos de obtención de alimento para consumo humano.

Dentro del sistema BREEN de producción, el alimento juega un papel muy importante. Si realmente con la acuicultura se pretende liberar a los océanos de la presión de capturas a los que han sido sometidos en las últimas décadas, no es posible seguir utilizando pescados de origen extractivo, de mar y lagos, para fabricar pienso para los peces de cultivo. Actualmente para poder producir en acuicultura un kilo de pez carnívoro como el salmón, hacen falta capturar en el mar entre 3 y 4 kilogramos de peces de descarte, esta relación 4-1 es insostenible a corto plazo.

Por esta razón en BREEN hace especial hincapié en el cultivo de Tilapia y en la utilización de harinas vegetales que sustituyan en gran medida a las de pescado rompiendo de esta manera la dependencia con las capturas del medio marino y aprovechando en gran medida los subproductos generados y desechados actualmente en el mercado. Un cultivo de Tilapia BREEN es un cultivo sostenible en los tres ejes mencionados con anterioridad, el agua, la energía y el alimento.

5.4.- Seguridad alimentaria y trazabilidad

Un punto muy importante dentro del concepto sostenible de BREEN es la seguridad alimentaria. Actualmente los peces de captura tienen cada vez menos seguridad alimenticia. El pez capturado no se sabe dónde ha vivido ni que ha comido. En la actualidad los carnívoros súper depredadores que se encuentran en la parte superior de la cadena trófica contienen elevados niveles de metales pesados perjudiciales para la salud humana.

La Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) dependiente del Ministerio de Sanidad, recomienda a embarazadas y niños de hasta siete años no consumir estos pescados (atún, bonito, pez espada etc) por estar contaminadas con mercurio. 100 gramos a la semana superaría la ingesta tolerable de mercurio en una embarazada mientras que los niños entre 7 y 12 años no deberían comer más de 50 gramos por semana.

El problema de estos peces es que gracias a su larga vida, se convierten en bioacumuladores de metales pesados. El mercurio ha acabado en las cadenas tróficas de los mares sin degradarse proveniente de los desechos industriales de las últimas décadas.

También se han detectado altos niveles de cadmio en las cabezas de algunas especies de crustáceos.

Además del cada vez más acuciante problema de la acumulación de metales pesados, los peces pueden estar contaminados con hidrocarburos que provienen de desastres ecológicos como derrames de crudo, hundimiento de barcos o plataformas petrolíferas o simplemente originado por la combustión de derivados del petróleo de todo el tráfico marítimo existente en la actualidad.

El parasitismo en muchas especies de peces es también un grave problema que cada vez se detecta en mayor número de especies y en grandes cantidades. El Anisakis es el parásito más extendido en la actualidad. Aparentemente el Anisakis no es más que un parásito que se puede encontrar en los estómagos de algunos peces pero si se consume pescado sin cocinar o sin haberlo tenido a menos de -20 °C durante mínimo 48 horas, el parásito puede pasar al organismo humano pudiendo causar alergias de gran importancia.

Los peces de cultivo en sistemas de recirculación en tierra pueden estar exentos de todos estos problemas alimenticios siguiendo unos exhaustivos controles de calidad en el cultivo.

Uno de los puntos importantes en este sentido es el control de la trazabilidad alimenticia de la especie cultivada.

5.5.- Trazabilidad

La trazabilidad en el cultivo acuícola es la posibilidad de tener información en todo momento del historial alimenticio y de engorde del pez.

Como se ha mencionado con anterioridad, los peces capturados tienen una escasa trazabilidad hasta el momento de la captura. A partir de la captura se podrá saber cómo se ha mantenido, cuándo se ha capturado, lugar de captura y algunos datos más pero nunca se sabrá donde ha vivido, qué ha comido, si padece alguna enfermedad o si los niveles de tóxicos son elevados para su consumo.

En un sistema acuícola en recirculación la trazabilidad de pez es mucho mayor. Además de saber los datos anteriormente citados para los peces de captura, en un sistema de cultivo cerrado se pueden saber datos como, cuánto ha comido a lo largo de su engorde, qué tipo de alimento ha ingerido, cuáles han sido sus parámetros de cultivo, calidad de los reproductores, etc.

El hecho de saber todos estos datos, gracias a la trazabilidad del sistema de producción, se consiguen unos niveles de seguridad alimenticia superiores a los peces de captura.

5.12.- Acuaponía

La acuaponía es la técnica utilizada para cultivar plantas sin tierra utilizando los residuos orgánicos disueltos de un cultivo acuícola. El sistema acuapónico es similar al hidropónico con la diferencia que en los sistemas hidropónicos se enriquece el agua y el los acuapónicos ya viene enriquecida mediante la materia orgánica del cultivo de peces. Los cultivos hidropónicos al llevar químicos añadidos en el agua para alimentar los vegetales, no son ni biológicos ni ecológicos mientras que los sistemas acuapónicos al aprovechar la materia orgánica generada en el cultivo acuícola, si lo son.

La acuaponía es la técnica mediante la cual se pueden producir en paralelo peces y plantas, realizando al mismo tiempo una gestión sostenible del agua.



En acuaponía se necesitan tres cultivos diferentes para conseguir el equilibrio en el sistema; el cultivo de peces, el cultivo vegetal y el cultivo bacteriano. Al alimentar los peces se generan residuos orgánicos, principalmente NH_4 (Amonios) que son nocivos para los peces. Para eliminar estos Amonios, el agua se pasa por un cultivo bacteriológico (Nitrosomonas y Nitrobacter) que se alimentan de Amonios y los convierten en NO_3 (Nitratos). Los Nitratos son el alimento principal de las plantas, de modo que éstas pueden alimentarse y filtrar el agua para que sea de nuevo utilizable en el cultivo de peces.

La producción acuícola mencionada, genera una cantidad de materia orgánica disuelta y no disuelta que hay que tratar. La herramienta de filtración para la materia orgánica disuelta es la acuaponía.

La acuaponía es una herramienta de filtración para cultivos acuícolas que permiten además obtener un producto que se puede comercializar y sacar un rendimiento económico del mismo.

Los sistemas de cultivo acuapónicos pueden tener diferentes diseños pero siempre basados en tres formatos básicos:

- Sistema de cultivos sobre sustrato, arlita principalmente
- Sistema de cultivos sobre planchas flotantes
- Sistema de cultivo en tubos recirculantes

Se estima que la superficie acuapónica ha de ser cerca de 3 veces superior a la superficie de cultivo acuícola o bien una relación del alimento que se les da a los peces y la superficie de cultivo vegetal. 1M2 de superficie por cada 100 gramos de alimento de peces.

Mediante acuaponía se pueden cultivar desde tomates de cualquier tipo, lechugas, hierbas aromáticas e incluso fresas y frutas tropicales.

Dependiendo de los vegetales seleccionados y de la superficie disponible, los sistemas podrán ser de arlita, tubos circulantes o planchas flotantes tal y como se ha mencionado anteriormente.

En el caso de productos vegetales de mata baja las planchas flotantes dan un buen resultado de absorción y filtración de nutrientes. Del mismo modo los tubos circulantes permiten tener mayor superficie de cultivo en menos espacio y los cultivos sobre arlita permiten tener vegetales de mata alta con enraizado fuerte.



5.12.1.- Control biológico de plagas

El control biológico es un método de control de plagas, enfermedades y malezas que consiste en utilizar organismos vivos con objeto de controlar las poblaciones de otro organismo.

En un sistema de cultivo acuícola en acuaponía no se pueden utilizar agentes químicos externos como insecticidas, bactericidas o fertilizantes puesto que al ser un circuito cerrado, finalmente se acumularían o acabarían en la parte del cultivo acuícola poniendo en riesgo el bienestar de los peces.

Por ello es necesario trabajar con un control biológico de plagas exhaustivo y utilizar en todo momento productos biológicos y naturales para el control.

6.- Unidades de Producción a nivel industrial

Para poder calcular cual podría ser la unidad productiva idónea en cada uno de los casos, hay que tener en cuenta 3 factores esenciales:

- El agua
- El terreno
- La fuente de calor

Estos tres factores junto con el mercado son los que marcaran los limites de producción para un sistema BREEN.

6.2.- Materiales de los tanques de cultivo

Los costes de las instalaciones acuícolas pueden variar en gran medida dependiendo del tipo de material y diseño empleado para la construcción de los tanques de cultivo.

Hasta la actualidad se han utilizado materiales como el cemento y el hormigón para la construcción de los tanques. Este tipo de construcción tiene una ventaja muy importante, que además de permitir una gran flexibilidad en los diseños, el coste es sensiblemente inferior al resto de los sistemas.

El principal inconveniente que tiene este tipo de construcción de tanques es el gran deterioro que sufren en poco tiempo debido a la capacidad filtradora del mismo que permite que el agua se vaya introduciendo poco a poco en su interior deteriorando y dañando notablemente el material. Al cabo de 10 años los tanques de hormigón presentan grietas y fugas que necesitan ser reparadas con el gasto añadido que esto conlleva.

Los tanques de fibra de vidrio y resina de poliéster son una buena solución a la durabilidad y al deterioro mencionado. Los tanques de fibra tienen una garantía de 30 años y su deterioro es mínimo. No presentan filtraciones y el agua apenas les afecta en el tiempo.

El principal inconveniente de los tanques de fibra de vidrio es la necesidad de hacer un molde o premolde para la construcción del mismo. Este sistema repercute económicamente en las instalaciones ya que al coste de la fabricación del tanque hay que sumarle el del molde encareciendo mucho el sistema. Si se necesitaran tanques exactamente iguales se podría utilizar un mismo molde para todos pero en nuestro caso para poder fabricar los tanques de diferentes dimensiones harían falta 6 moldes de piezas comunes que juntándolas de diferente manera nos

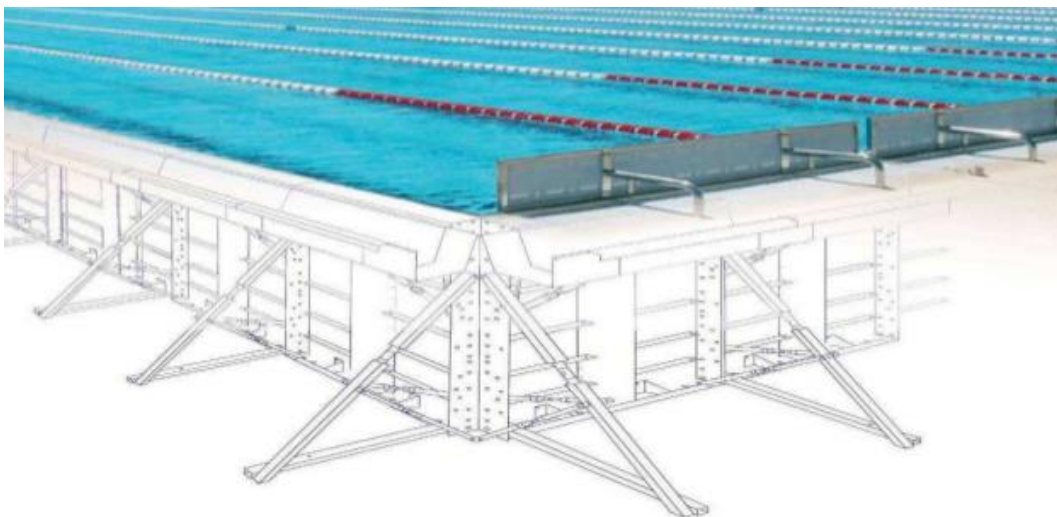
diera la posibilidad de fabricar lo que necesitamos. En las imágenes que se muestran a continuación se ve un ejemplo práctico para diferentes tamaños de tanque de cultivo.

El hecho de necesitar moldes y de realizar el mínimo posible de ellos para minimizar costes nos limita la flexibilidad de formas y diseños de tanques con lo que la adaptación a superficies existentes es mucho más limitada.

Existe también una tecnología utilizada para la construcción de piscinas mediante liners de PVC de 1,5 mm que utilizando como estructura principal un sistema de acero galvanizado se construye la base sobre la cual se extienden las laminas de PVC. Estas laminas se sueldan térmicamente entre ellas permitiendo una estanquidad total al tanque.

El coste de este tipo de estructuras con liners es similar al de los tanques de PVC con la diferencia que no se necesitan moldes para su fabricación pero en cambio si necesita una preparación de la base del tanque con hormigón donde se integra el sistema de suelo radiante de calefacción. El aislante térmico necesario para evitar la pérdida de calor también habría que añadirse a posteriori a diferencia de los sistemas de fibra de vidrio que lo llevarían incorporado.

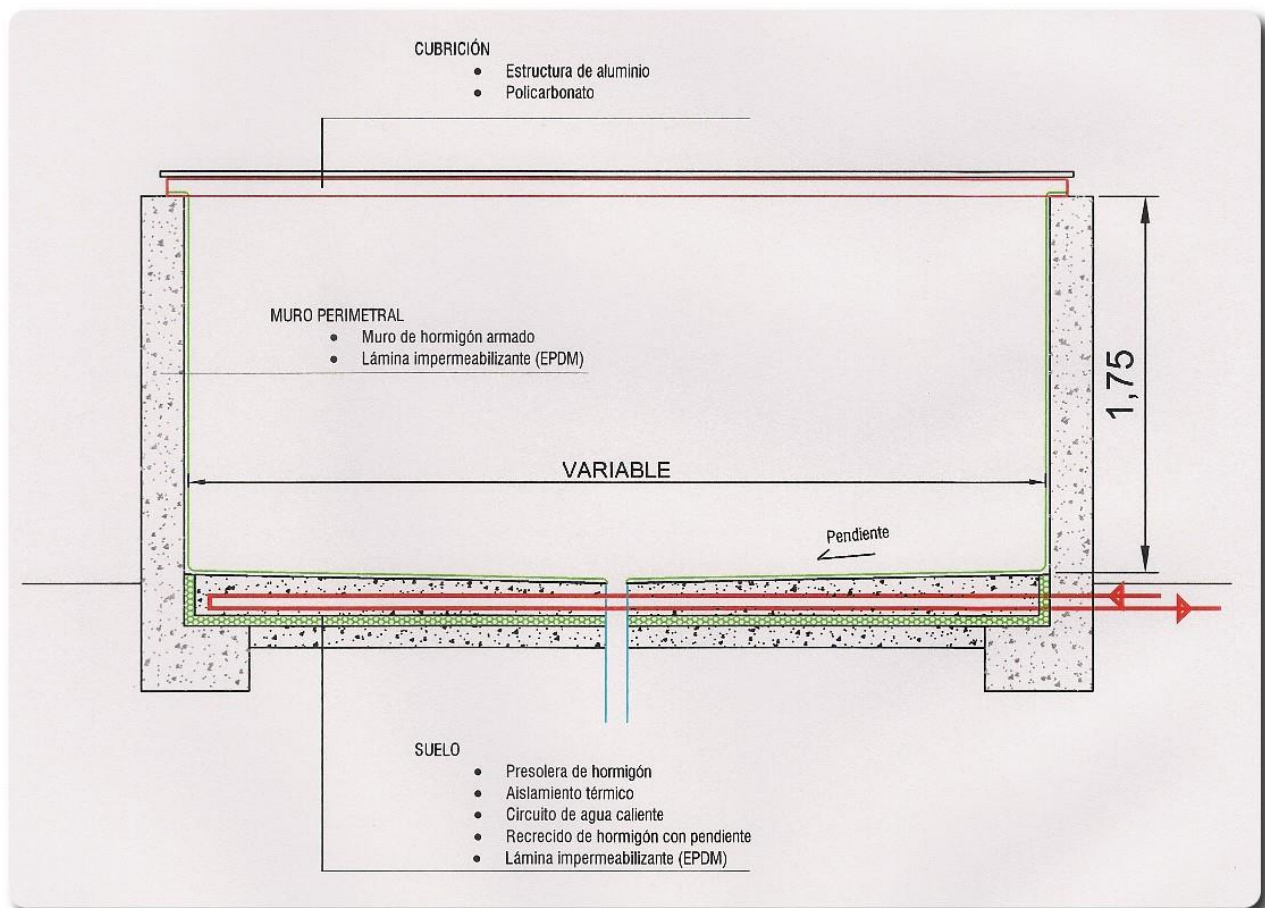
El mayor inconveniente de estos sistemas es la necesidad de poner unos soportes laterales o refuerzos que permitan soportar la tensión ejercida por el agua en las paredes del tanque. Esto limita el sistema para los diseños de los cultivos acuícolas BREEN, ya que los tanques de cultivo en serie necesitan estar pegados unos a otros.



En cada una de las instalaciones se hace un estudio personalizado para ver la mejor opción de tanques en relación a las instalaciones y necesidades del cliente.

Si la instalación va a ser definitiva y no hay intención de mover los tanques en ningún momento, la opción de realizar los tanques en hormigón es la opción más simple, rápida y económica. El principal problema que surge con este tipo de tanques es la necesidad de revestirlos con algún material protector que impida la filtración del agua en el material y su posterior deterioro en el tiempo.

Para evitar la evaporación del agua en los tanques y a su vez reducir la pérdida de calor del cultivo, es imprescindible tener los tanques aislados y una cubierta desplegable o enrollable que permita cubrir los tanques independientemente pero a su vez tenga flexibilidad para abrirse parcialmente



para manipular los peces del interior.

6.3.- Proyecto de industrialización BREEN para GreenFish S.L.

6.3.1.- Producción acuícola, cultivo de Tilapia

Teniendo en cuenta los planos recibidos por parte de la empresa GreenFish S.L., se ha hecho un diseño aproximado de una producción BREEN de Tilapia en acuaponía.

El terreno que se propone para el proyecto consta de unos 7350 m² con un desnivel de unos 10 m aproximadamente que hay que allanar para poder tener adecuado el terreno para el cultivo.

Actualmente en el terreno existen unas edificaciones que se pueden utilizar como oficina y sala de control pero el resto de la instalación está por construir.

Viendo las características del terreno y la cantidad de agua que se puede obtener del riachuelo y de la lluvia se puede proyectar una instalación de entre 100 y 125 toneladas de Tilapia anuales escalable o ampliable hasta 175 toneladas/año.



A partir de estos valores, se realizan los cálculos necesarios de las necesidades térmicas para la realización del proyecto de instalación de una unidad de Biomasa.

Una vez que se establece el volumen de producción total, se puede hacer el calculo de necesidades de la parte acuapónica.

Se calcula que para una producción de este tipo se pueden obtener entre 150.000 y 200.000 unidades vegetales/año dependiendo la especie vegetal seleccionada.

No se debe olvidar que la parte acuapónica es en primer lugar un sistema de filtración biológica, de modo que hay que buscar un equilibrio entre la capacidad de filtración y el interés en el mercado para la selección de los vegetales que se vayan a producir en acuaponía.

Mediante los datos obtenidos en la instalación piloto se puede hacer una comparativa de necesidades térmicas y de agua de la instalación propuesta. A continuación se muestran los datos y gráficas comparativas para el calculo de necesidades.

Los datos son relativos a San Sebastián (SS) que es donde se ubica la planta piloto, y A Coruña (AC) que es donde se propone la nueva

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
T SS	8,2	8,8	9,7	10,7	13,8	16,2	18,6	19,1	17,7	14,9	11,1	9,3
TM SS	10,8	11,6	12,8	13,8	17,1	19,3	21,6	22,2	21	18	13,8	11,8
Tm SS	5,5	6	6,6	7,6	10,5	13,1	15,5	16,1	14,4	11,9	8,3	6,7
R SS	148	124	124	153	130	94	92	112	115	155	170	146
DR SS	13	12	13	14	13	11	10	10	10	12	13	12
DH SS	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
I SS	95	99	134	135	166	178	192	184	167	131	103	87
T AC	10,4	10,9	11,7	12,5	14,4	16,7	18,7	19,2	18,2	15,6	13	11,5
TM AC	13,1	13,7	14,9	15,5	17,4	19,8	21,8	22,5	21,5	18,7	15,8	14
Tm AC	7,6	8	8,6	9,4	11,4	13,7	15,6	16	14,8	12,6	10,3	8,9
R AC	128	102	79	85	80	42	30	35	68	110	114	135
DR AC	14	14	12	13	11	7	5	6	8	12	14	15
DH AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I AC	108	112	155	167	191	220	240	240	179	150	107	93

instalación.

Datos obtenidos de AEMET Agencia Estatal de Meteorología

Teniendo en cuenta los datos hasta ahora mencionados a continuación se presenta el diseño de la producción acuícola y vegetal para GreenFish S.L.

Propuesta de diseño de cultivo acuícola para una producción de 100-125 Tm/año de Tilapia y 150.000 unidades vegetales:



Mediante este sistema de producción en paralelo, cada mes, el sistema tiene la capacidad de sacar al mercado de forma continua aproximadamente 10Tm de Tilapia.

Las líneas están diseñadas para sacar la producción de forma alternativa.

6.3.2.1.- Cálculo de la demanda energética

Como hemos mencionado anteriormente, el conjunto de los tanques se va a alojar en el interior de un invernadero. La demanda energética depende de la relación entre las condiciones climáticas exteriores y las necesidades ambientales de los cultivos en el interior. El control climático mejora el confort de las plantas y ayuda a conseguir los objetivos productivos. La temperatura de los tanques de agua debe ser mantenida estable en el margen entre 24 y 28°C.

Los sistemas de calefacción y refrigeración se usan para controlar la temperatura interior. Su objetivo es el de lograr valores de humedad y temperatura lo más cercanos posibles a los óptimas de producción.

El material de cubierta utilizado es uno de los factores que influyen de forma decisiva en las necesidades de calefacción o refrigeración. Igualmente tienen importancia la propia refrigeración que proporcionan las mismas plantas a través de su transpiración y el calor que entra o sale a través de los sistemas de ventilación.

Con el objeto de estimar las necesidades de calefacción o refrigeración, se ha realizado un estudio basado en el principio del balance de energía.

Los principales datos climáticos que caracterizan el clima de una zona son los siguientes:

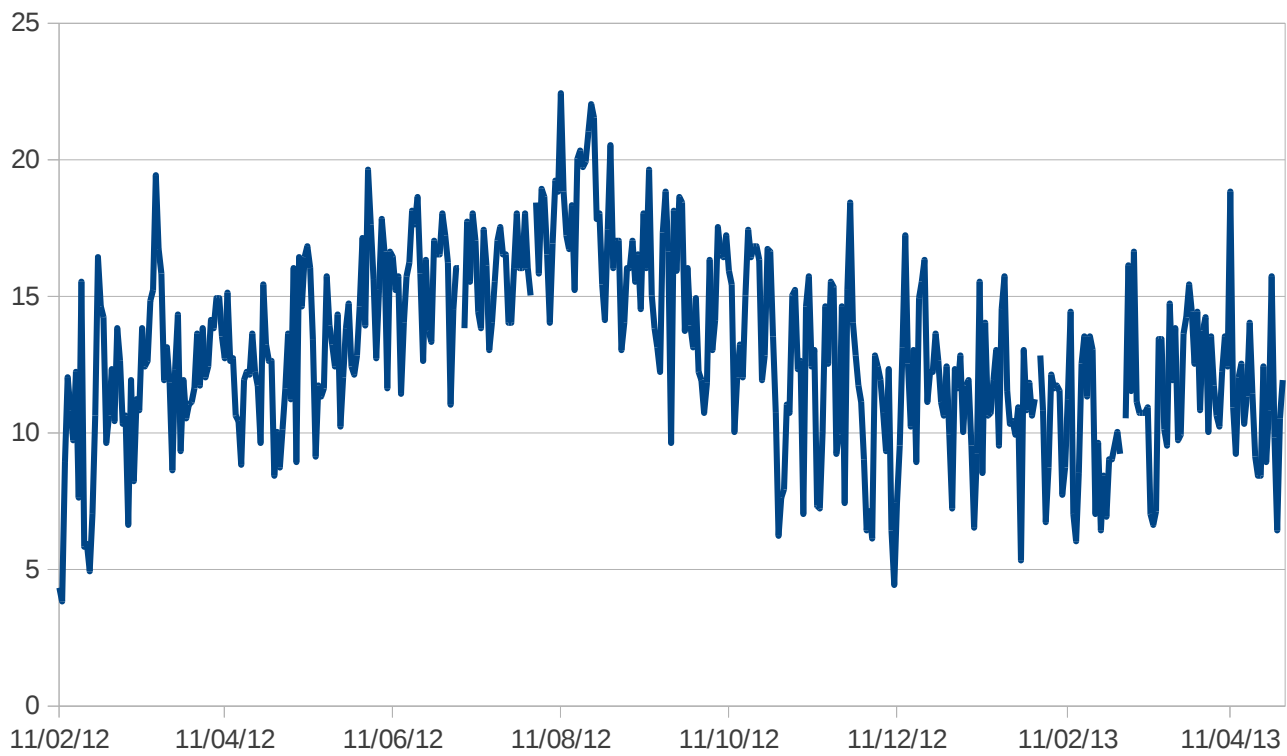
- Intensidad máxima de radiación solar
- Temperatura y humedad exterior
- Temperatura y humedad interior

El principal parámetro en el balance energético de un invernadero es la temperatura exterior, que determina de forma directa las necesidades de refrigeración y calefacción.

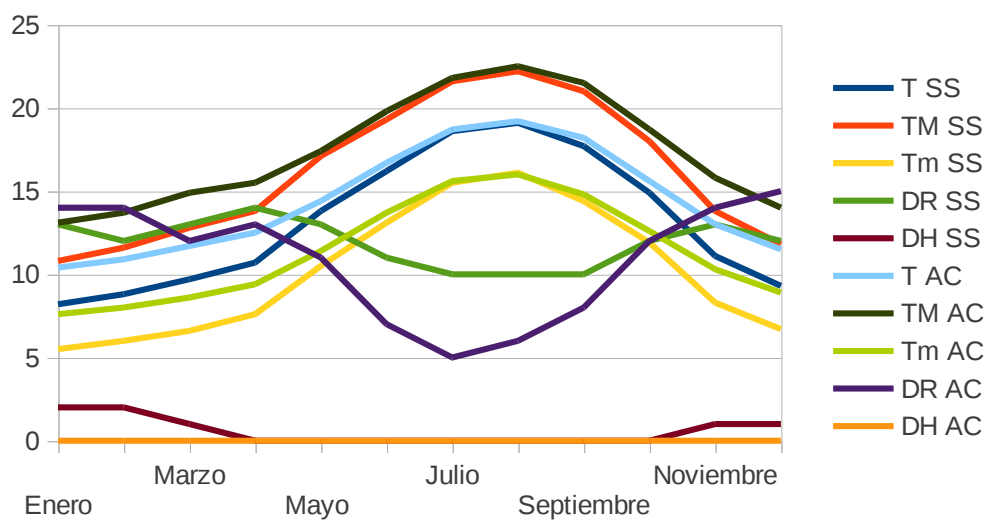
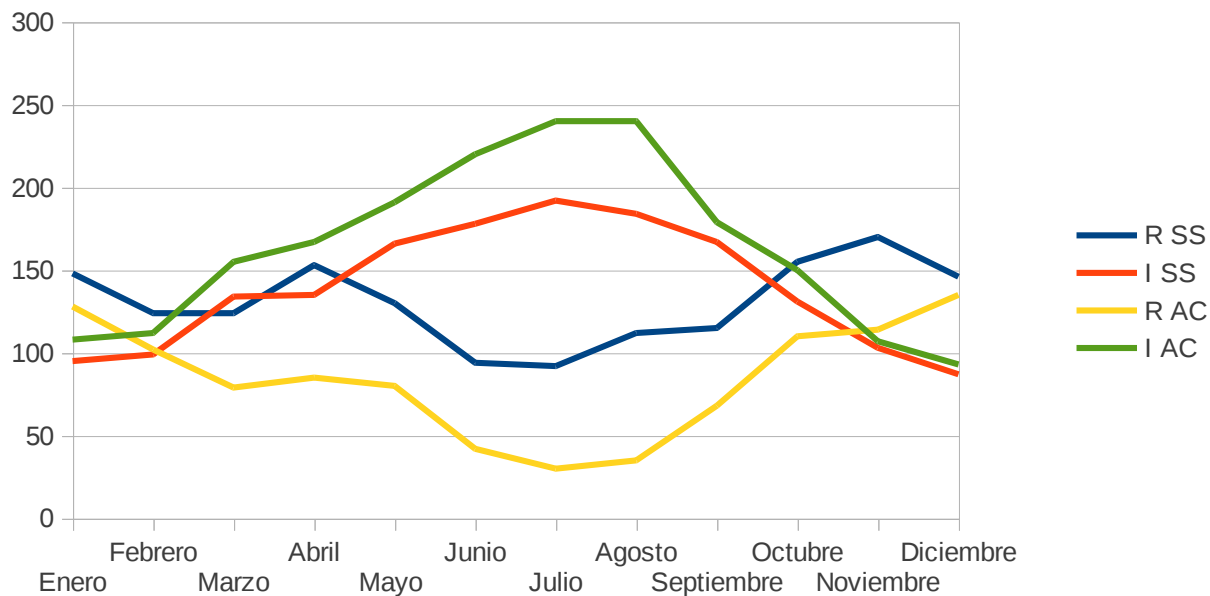
Existen diferentes valores de temperatura exterior que se pueden utilizar en el diseño de los sistemas de climatización. Los principales valores de temperatura exterior que se pueden considerar son:

- Temperatura media mensual del mes más cálido
- Temperatura media de las máximas diarias del mes más cálido
- Temperatura máxima absoluta del año
- Temperatura media mensual del mes más frío
- Temperatura media de las mínimas mensuales
- Temperatura mínima absoluta del año

Gracias a los datos tomados durante la fase piloto en San Sebastián, disponemos de la siguiente información de temperaturas mínimas registradas dentro del invernadero de plástico:



Comparativa entre valores climáticos de San Sebastián y A Coruña.



R= Precipitación mensual media
I= Numero medio horas de sol mensuales

T= Temperatura media mensual
TM= Temperatura media máxima diaria
Tm= Temperatura media mínima diaria
DR= Precipitaciones medias mensuales
DH= Media de heladas mensuales

Como se puede apreciar en las gráficas los valores climáticos de A Coruña son mas suaves en invierno en comparativa a los valores de San Sebastián. Esto nos indica que la necesidad térmica aun siendo muy parecido es ligeramente inferior a la necesitada en San Sebastián.

Estos valores sirven como base para establecer las consignas de funcionamiento de los sistemas de calefacción, además de para calcular su potencia de diseño a través del balance de energía. Los valores de consigna de los sistemas de calefacción suelen variar en función del periodo del día, así como según el cultivo. En el diseño se deben considerar las condiciones de funcionamiento más restrictivas, por lo que la calefacción se diseñará para satisfacer las necesidades de calor durante las noches invernales.

Las necesidades energéticas dependen fundamentalmente del salto térmico, es decir, la diferencia entre la temperatura interior y exterior que se desea mantener.

6.3.2.2.- Cálculo de necesidad energética

Teniendo en cuenta los datos resultantes de la planta piloto, se ha establecido que para el cálculo de necesidades caloríficas hace falta tener una relación entre el volumen de agua de calefacción y el volumen de agua de cultivo. Esta relación nos dará como resultado las necesidades caloríficas para conseguir mantener el agua de cultivo dentro de los rangos óptimos.

1 litro de agua de calefacción por cada 175 litros de agua de cultivo es la relación establecida.

El volumen total para el sistema proyectado será de 1500 m³ con lo cual hacen falta aproximadamente 8.500 litros de agua de calefacción circulando por el sistema.

Para la correcta gestión de la temperatura de calefacción hace falta una caldera de biomasa de 45 KW con otra caldera mas pequeña de biomasa como soporte auxiliar de 25 KW para casos de emergencia y seguridad.

Porqué Biomasa?

La biomasa es una fuente energética que se produce con recursos internos del país. Además no esta sujeto ni a las fuertes presiones especulativas, ni a las fuertes cargas fiscales con las que se penalizan la energía eléctrica o los combustibles fósiles.

En comparación con los combustibles fósiles la madera es un combustible con un balance de emisiones de gases de efecto invernadero neutro.

En la combustión del granulado de madera, pellet, la cantidad de dióxido de carbono que se libera es la misma cantidad que se produce durante el ciclo natural de descomposición de la madera. De este modo el ciclo de equilibrio del dióxido de carbono en la atmósfera no es alterado, de forma

que la combustión del pellet implica un balance neutro del principal agente en el avance del efecto invernadero.

El pellet no está influenciado por las variaciones del precio en el mercado internacional y ayuda a mantenerse al margen de las crisis, ya que al tratarse de una materia prima a nuestro alcance, nos dota de una mayor independencia energética.

Los pellets se fabrican a partir de residuos de la industria de la madera, no siendo necesaria para su fabricación la tala de árboles.

El pellet es un combustible de granulado a base de madera, elaborado a partir de serrín y virutas de madera. La compresión de los pellets se realiza sin aditivos, ya que los componentes naturales de la madera son suficientes en el proceso de compactación y al ser un combustible elaborado a partir de residuos de madera, es una fuente de energía natural, que además de más ecológico resulta más barato.

Debido a su alto poder calorífico, la utilización de éste novedoso combustible como alternativa energética está en auge en muchos de los países europeos, donde la dureza del invierno es muy notable.

NORMAS Y ESTÁNDARES

Las normas de calidad de los pellets especifican la cantidad de agua residual del combustible permitida, así como la densidad y el nivel de abrasión requerida, con el objetivo de establecer los valores precisos para el buen funcionamiento de la caldera.

4

Para conseguir una buena combustión y asegurar así el buen funcionamiento de la caldera es necesario utilizar pellets fabricados según las normas DINplus .

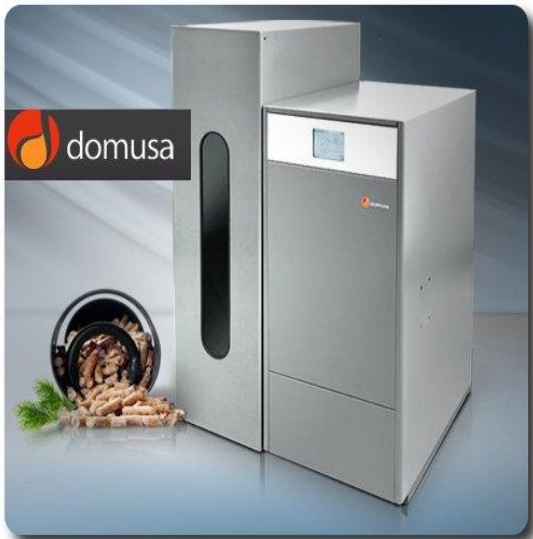
FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

La solución a la alimentación automática de las calderas de biomasa se resuelve con los pellets. Este combustible permite ser utilizado con alimentadores mecánicos que permiten usar los sistemas más modernos de regulación y control.

Estas son calderas que se pueden encender a distancia sin la acción del usuario para el encendido.

LOGÍSTICA

El espacio de almacenamiento que requiere el pellet se reduce a la mitad en comparación a la madera. De todas formas, en función de la disponibilidad de espacio, existen diferentes posibilidades para almacenar el pellets.



Caldera de biomasa



6.3.4.- Invernaderos para cultivo acuapónico

El invernadero que en este caso se propone para el cultivo acuapónico es de 2,160 m². El cálculo de las necesidades de filtración vegetal que se necesitan se calculan respecto al alimento máximo que se les da a las Tilapias diariamente.

Si tenemos en cuenta que se les da de comer aproximadamente un 3% de la biomasa total y que en el caso de mayor biomasa del cultivo se llegaran a tener aprox. 20.000 kg, sumando toda la biomasa de todos los tanques, la cantidad diaria máxima de comida suministrada en diferentes granulometrías será de aprox. de 600 kg de pienso al día.

Si por cada 100 gramos de alimento suministrado se aconseja tener 1m² de superficie de cultivo acuapónico, para 600 kg de alimento, teóricamente, harían falta 6.000 m² de superficie acuapónica máxima para filtración 100%.

Relación de cantidad de alimento y granulometrías por año	
Primer año	Granulometría 1 = 600 kg/mes x 12 meses = 8.000 kg Granulometría 2 = 1.200 kg/mes x 10 meses = 12.000 kg Granulometría 3 = 2.400 kg/mes x 8 meses = 20.000 kg Granulometría 4 = 4.800 kg/mes x 6 meses = 30.000 kg Granulometría 5 = 9.600 kg/mes x 4 meses = 40.000 kg
Años posteriores	Granulometría 1 = 600 kg/mes x 12 meses = 8.000 kg Granulometría 2 = 1.200 kg/mes x 12 meses = 15.000 kg Granulometría 3 = 2.400 kg/mes x 12 meses = 30.000 kg Granulometría 4 = 4.800 kg/mes x 12 meses = 60.000 kg Granulometría 5 = 9.600 kg/mes x 12 meses = 120.000 kg

Mientras los valores de los rangos óptimos del cultivo acuícola se mantengan dentro de lo establecido el equilibrio del cultivo sera el correcto. Una filtración de materia orgánica total no es buena para el sistema puesto que dejaría sin nutrientes temporalmente los filtros biológicos bacterianos y vegetales causando un desequilibrio en el sistema.

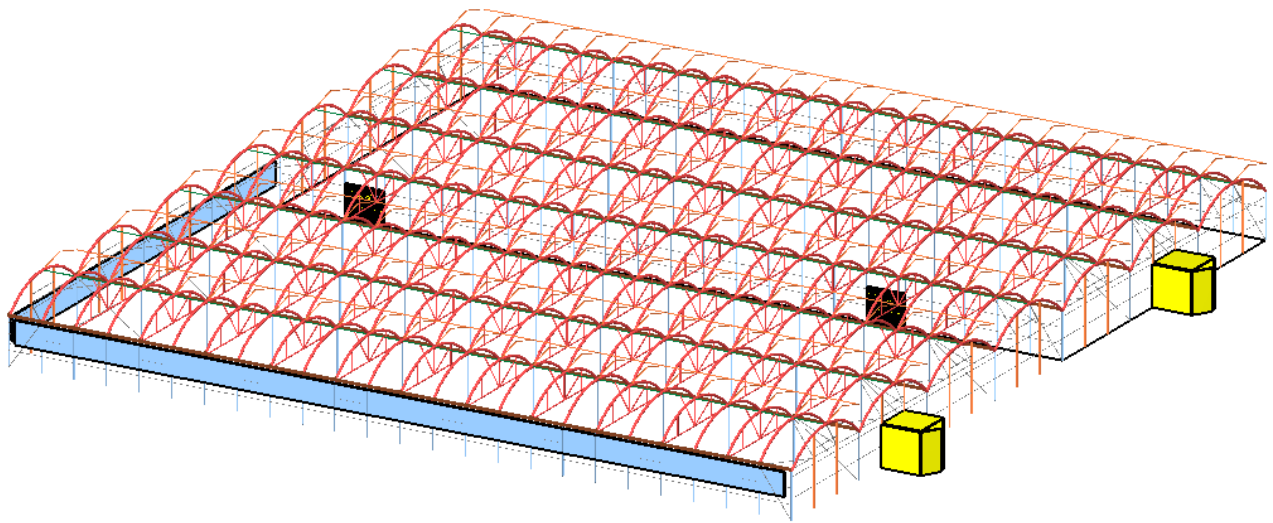
De este modo se puede asegurar que con una superficie de filtración vegetal de 2.160 m² se consigue la filtración necesaria para mantener los rangos óptimos de cultivo acuícola, vegetal y bacteriano.

Todo el sistema de cultivo, tanto acuícola como vegetal en su conjunto irán integrados en invernaderos.

En el proyecto, proponemos dos opciones en los materiales para los recubrimientos de los invernaderos diferenciándolos también en el presupuesto económico final.

OBJETO:

Instalación de 1 invernadero para acuaponía: uno Modelo MULTICAPILLA con un área de 1620 m² para zona acuícola, y otro Modelo MULTICAPILLA con un área de 2160 m² para hidroponía. El total de la superficie cubierta por los 2 módulos, es de 3780 m².



CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- Número de naves: 7
- Ancho de cada nave: 9 m.
- Longitud de las naves: 60m.
- Altura bajo canal: 3.5 m.
- Altura al cenit: 5.42 m.
- Tipo de pilar: 100X50 (cimentado).
- Sistema de Entutorado estándar a 5 m.
- Corriente eléctrica: 220v / 380v 3f 50Hz.
- Número de puertas frontales: 2 puertas frontales de 3 x 3 m. (Incluye antesala)
- Número de puertas laterales: 2 puertas laterales de 2.5 x 3 m. entre naves

Recubrimiento en frentes: PLASTICO (2 líneas de correas frontales), placa como opción (4 líneas de correas frontales).

Recubrimiento en laterales: PLASTICO (2 líneas de correas laterales,) placa como opción (3 líneas de correas laterales)

- Recubrimiento en techos: Plástico, placa como opción.

- Número de ventilaciones cenitales: 3 de tipo 1/2 ARCO
(MARCO 50X30) de 60 m. (Incluye malla antitrip con sistema de fijación)

Pantalla térmica 64% Sombreo / 62% ahorro energía (opcional)

ESTRUCTURA:

▣ Pilar:

Tubo rectangular galvanizado de 100 x 50 mm. de 3.5 metros bajo canal. (Tapón de PVC en el extremo).

En líneas exteriores a 2.5 metros, En líneas interiores a 5 metros.

▣ Arco:

Tubo redondo de ▣ 60 mm. situado entre sí a 2.5 metros.

▣ Correas:

2 correas laterales y frontales de perfil para plástico.

1 correa cenital de tubo redondo de Ø 32 mm situado en la cumbrera de las naves sin taqueo cenital.

Entutorado:

Conjunto de elementos tubulares espaciados cada 5 m. y formado por una barra de entutorado y 5 tirantes refuerzo que rigidizan el conjunto arco-barra entutorado.

▣ Canalón:

Perfil de 5m, 250 mm. de ancho entre unión de naves (y 190 mm. de ancho en canalones laterales) que permite un desagüe eficaz y acceso fácil a la parte superior del invernadero. En ambas aletas presenta orificios cada 33 cm para unión atornillada a perfil para plástico.

▣ Cabezal:

Elemento estructural que realiza la unión entre pilares, arcos, canalones y entutorados. Se presenta estampado en una única pieza de acero galvanizado y en 2,5 mm. de espesor.

Puertas:

1 puerta frontal de 3 x 3 m. en perfil tubular galvanizado, y con recubrimiento de Policarbonato. La puerta se compone de 2 hojas independientes de 1,5 metros de anchura, y sistema de corredera mediante guiado superior e inferior.

☐ Antesalas:

Antesala exterior con recubrimiento de plástico de dimensiones . Se compone de marco tubular, perfilería y chapas de estanqueidad. El acceso a la antesala se realiza mediante una puerta formada por dos hojas abatibles de 1,5 m, galvanizadas y recubiertas de Policarbonato.

AIREACIONES:

☐ Ventana cenital de 1/2 arco:

Ventana con punto de giro en el cenit, que cubre desde el centro de la nave hasta el canalón. El sistema de apertura de cada ventana está formado por motoreductor de tipo GW40, que transmite el

Página: 8 movimiento mediante acoplamiento de cadena a un eje de transmisión y conjuntos de piñón-cremallera cada 2.5 metros. Los brazos de mando cada 2.5 metros son de tubo rectangular de 60x30 mm, con cremalleras dentadas de 2 mm de espesor curvas, y piñones autolubricantes.

MALLA ANTITRIP EN VENTILACIONES:

☐ Ventilaciones cenitales:

Malla antitrip color BLANCO de 10X20 en ventilaciones cenitales. La malla se pliega y se extiende al mismo tiempo que la ventana se mueve, por medio de una cuerda elástica y grapas cada 2.5 metros.

☐ RECUBRIMIENTOS:

☐ En techos:

Polietileno EVA de 800 galgas de espesor. La sujeción se realiza mediante un perfil metálico y dos perfiles de PVC que conjugan la facilidad de montaje con una gran resistencia a la intemperie.

Página: 9 ☐ Laterales y frontales:

Polietileno EVA de 800 galgas de 800 galgas de espesor. La sujeción se realiza mediante un perfil clip y dos perfiles de PVC que conjugan la facilidad de montaje con una gran resistencia a la intemperie.

Ventana lateral enrollable:

Ventana en la que la apertura se realiza mediante un sistema de enrollamiento del film plástico sobre una barra continua, y guiada cada 5 metros.

La ventana dispone en sus extremos de cortavientos para evitar la entrada de viento en caso de cierre de la ventana. El film plástico se fija al tubo enrollador mediante fijadores clip, y el accionamiento se realiza mediante reductor sin telescópico.

CONTROL CLIMÁTICO:

Autómata:

Autómata capaz de controlar las variables climáticas internas del invernadero Y la zona acuícola de manera independiente. Dispone de una pantalla LCD que facilita su sencilla programación y eficaz manejo.

Sondas:

El autómata incluye las siguientes sondas para el control del clima:

- Anemómetro.
- Pluviómetro.
- Piranómetro.
- 2 sondas Temperatura. (una por zona)

Control de parámetros de cultivo acuícola:

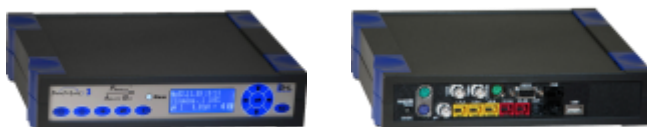
Profilux Aquatic Control system :

Sondas de O2, PH, Conductividad, Rdox, Temperatura de cultivo, Temperatura de invernadero, humedad ambiental.

Sistemas de control de sockets para gestión eficiente de bombas, regadíos y filtraciones mecánicas.

Sistemas de control de fotoperíodo para el cultivo.

Sistemas de control de niveles de tanques.



6.4.- Costes

6.4.1.- Costes de las instalaciones

<i>Detalle</i>	<i>Valoración económica aproximada</i>
Invernadero rígido de policarbonato	195.000
Tanques de cultivo de hormigón con impermeabilización y tapas.	390.000
Sistema de producción acuícola BREEN	390.000
Depuradora biológica externa	195.000
Sistema doble de fuente de calor	90.000
Sistema de producción acuapónica BREEN	190.000
Salarios primer año	200.000
Almacén de piensos y taller	90.000
Aprovisionamiento de alimento para 1er año	120.000

Coste total del proyecto	1.860.000€
---------------------------------	-------------------

Todos estos precios NO llevan incluido el 21% de IVA.

6.4.2.- Amortizaciones

<i>Detalle</i>	<i>Tiempo de amortización en años</i>	<i>Coste amortización anual</i>
Invernadero rígido	20	9.750
Tanques de cultivo de hormigón con impermeabilización	20	19.500
Sistema de producción acuícola BREEN	10	39.000
Depuradora biológica externa	20	9.750
Sistema doble de fuente de calor	10	9.000
Sistema de producción acuapónica BREEN	20	9.500
Almacén de piensos y taller	20	4.500
Total a amortizar anualmente		101.000

Coste de amortización anual por kg de Tilapia para una producción de 115 Tm =0,88 €

6.4.3.- Costes de producción acuícola y vegetal

Cálculo de coste de producción de 1 kg de Tilapia

CT= Coste kg de Tilapia

CPer= Costes de Personal por kg de Tilapia

CE= Costes Energéticos

Cal= Coste Alevín de Tilapia

FC= Factor de Conversión= 1,2 en Tilapia

FC= Cantidad de alimento necesario para conseguir 1 Kg de Tilapia

CPi= Coste de 1 kg de pienso

CPi=0,7 €

Tiempo hasta la primera cosecha= 12 meses

Costes de amortización= 0,88 €

Costes de amortización= CAmo

Costes de Alimentación por kg de Tilapia

CAlí= Coste de alimentación para 1 kg de Tilapia

CAlí= FC x peso de la Tilapia en kgs x CPi

CAlí= 1,2 x 1 x 0,7 =

CAlí=0,84 €

Costes de personal producción acuícola

6 técnicos de producción acuícola

2 técnicos de producción vegetal

CPer= Costes de Personal producción acuícola.

CPer=8 personas= 16.000 €/mes

CPer=192.000 €

PT= Producción de Tilapias= 115.000 kg/año

CPer= Costes de personal de producción acuícola por kg de Tilapia.

Cper= 192.000 / 115.000= 1,67 € /mes/kg de Tilapia

Cper= 1,67 €/mes/kg de Tilapia

Costes Energéticos

Costes térmicos media anual sistema mixto solar térmica/biomasa

CTer=0,2 €/kg/Tilapia/mes

Costes eléctricos= 12.500 KW/mes= 1500 €/mes

CEle=1.500 x 12 = 18.000 €/año de costes eléctricos

CEle= CE / Producción total anual de Tilapia

CEle= 18.000 / 125.000 = 0,14€ de coste eléctrico por kg de Tilapia.

Costes de Alevines

CAle= Disponiendo de hatchery propia, los costes de los alevines estarían incluidos en los costes de personal mencionados. **CAle= 0**

CTotal=CAli+CPer+CElec+CTer + Camo =

Ctotal= 0,84 + 1,67 + 0,14 + 0,2 + 0,88 + =3,73 €

Se pueden mejorar los costes de producción a partir de las primeras cosechas ajustando la biomasa por m3 de 50kg/m3 hasta 70kg/m3.

Mejorando el FC se mejoran y reducen el tiempo de cosecha y el coste de alimentación.

Además de los costes de producción mencionados hay que tener en cuenta los costes administrativos y los costes comerciales así como los de transporte y distribución.

6.5.- Ingresos

Los ingresos derivados de una producción acuapónica como la mencionada, permite sacar al mercado Tilapias y vegetales. Tal y como se ha mencionado anteriormente, los cálculos establecidos para el proyecto de GreenFish S.L. se pretende tener un volumen de producción anual de Tilapia de **115 Tm** y unos **150.000 unidades** vegetales.

El precio de venta de la Tilapia entera rondará los **4,9 €**.

Si el volumen total de producción acuícola es de 115 TM anuales, a **4,9 €/kg**, nos da un volumen de ingresos por Tilapia de **563.500 €**.

Como se ha mencionado anteriormente en el apartado de costes, el coste de producción por kg de Tilapia es **3,73 €** con lo cual el coste de producción anual sera de **476.100 €**.

Con lo cual, de la parte acuícola podemos concluir que se podrían estimar unos beneficios de **87.400 €/año** de la producción acuícola.

Por la parte vegetal, se estima que cada unidad vegetal producida podría tener un valor de **0,30€** en el mercado, de manera que los ingresos obtenidos por la producción vegetal de **150.000 unidades** ascendería a **45.000€**.

Los costes de producción vegetal están incluidos en los costes generales de la producción acuícola ya que en realidad la parte acuapónica se considera principalmente una herramienta de filtración del sistema..

Resumen de ingresos costes y beneficios /año:

	Ingresos	Costes	Beneficios
Producción acuícola	563.500 €	476.100 €	87.400 €
Producción vegetal	45.000 €		45.000 €
TOTAL			132.400 €