



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**PROYECTO**

# **SISTEMA ACUAPÓNICO**

**DESARROLLADO EN LA ASIGNATURA DE:  
INNOVACIÓN Y GESTIÓN TECNOLÓGICA**



**PRESENTADA POR:**

Artica Palomino Fiorella Stephanny

Baldeón Zapana Angela Ivania

Macarlupú Gómez, Greizy Liliana

Samalvides Castañeda Mauricio

Rosales Curasi Giuliana Leydi Maria

**ASESORES:**

Leydi Beatriz Manrique Tejada

Ares Leonardo Silva Varillas

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, a nuestros padres y a nuestros asesores por su constante motivación y apoyo para la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

A nuestros asesores Leydi Beatriz  
Manrique Tejada y Ares Leonardo  
Silva Varillas, por su paciencia y  
empeño al enseñarnos.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>8</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b>	<b>8</b>
<b>Planteamiento y formulación del problema</b>	<b>8</b>
Problema general	8
Problemas específicos	8
<b>Objetivos</b>	<b>8</b>
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
<b>Justificación e importancia</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>10</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>10</b>
<b>Estado del arte</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>12</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>12</b>
3.1 Resultados esperados	12
3.2 Compresión de la solicitud	12
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>14</b>
<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN</b>	<b>14</b>
4.1 Identificación de requerimientos	14
4.2 Análisis de la solución	14
4.2.1 Estructura de funciones	15
4.2.2 Diseño conceptual	15
4.3 Diseño	15
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>16</b>
<b>CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS</b>	<b>16</b>
5.1 Construcción	16
5.2 Pruebas y resultados	16
5.3 Conclusiones	17
5.4 Recomendaciones	17
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>19</b>

## RESUMEN

La constante búsqueda por aliviar los problemas medioambientales, nos lleva a buscar soluciones innovadoras que permitan aprovechar los recursos no renovables en el mundo. Por ejemplo, la falta del recurso hídrico ha ido agravando la situación de muchos ciudadanos a nivel mundial, Perú no es la excepción, se estima que 3.4 millones de peruanos carecen de acceso a agua potable. Uno de los sectores que se ve afectado directamente es el Agrícola, el mal manejo de los recursos, ha producido deforestaciones, salinizaciones, desertificación, entre muchos otros problemas. El estado promueve acciones para el manejo y uso productivo de los recursos naturales para así, poder lograr una agricultura sostenible, el presente informe tiene como objetivo detallar una solución que promueva el máximo uso y reúso de recurso hídrico en la agricultura, en los dos primeros capítulos se indican los objetivos a realizar y los estudios que han precedido nuestra investigación.

## ABSTRACT

The constant search to alleviate environmental problems, leads us to seek innovative solutions that allow us to take advantage of non-renewable resources in the world. For example, the lack of water resources has been aggravating the situation of many citizens worldwide, Peru is no exception, it is estimated that 3.4 million Peruvians lack access to potable water. One of the sectors that is directly affected is the agricultural sector, the bad management of resources has produced deforestation, salinization, desertification, among many other problems. The state promotes actions for the management and productive use of natural resources in order to achieve sustainable agriculture. This report aims at detailing a solution that promotes the maximum use and reuse of water resources in agriculture; the first two chapters indicate the objectives to be carried out and the studies that have preceded our research.

**Key words:** Aquaponic system, non-renewable resource, water optimization, Peru.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha podido observar que la agricultura ha empezado a modernizarse, más conocida también como agricultura moderna que contribuye directamente a reducir el uso de los recursos naturales sea en agua, tierra y energía, logrando incrementar la productividad, ya sea en el uso de los tractores, cosechadoras con el fin de agilizar los procesos ya sea en la siembra, cosecha y mantenimiento para su desarrollo de los productos en el menor tiempo posible. Por otro lado, también se han ido ejecutando los jardines verticales, sistemas hidropónicos y aeropónicos en donde por muchos de ellos trabajan con invernaderos para su protección de lluvias, vientos en gran magnitud, con ello también tienen control de plagas y el calor óptimo para agilizar el proceso de crecimiento y aumentar la producción que en su mayoría se trabaja con verduras.

Hoy en día los sistemas acuapónicos son considerados como uno de los sectores de producción de alimentos más acelerados, ya que representan un 50% de los productos pesqueros a nivel mundial destinados a la alimentación. (FAQ, 2016).

Para el desarrollo del sistema se lograron cumplir las premisas dentro la integración multitrófica de tres biosistemas como es en peces, plantas y bacterias, que se encuentran en beneficio mutuo, aplicando un sistema de recirculación de agua. (Diver et al. 2010)

Según Sandra Díaz la acuaponía es un sistema sostenible de producción que consiste en la integración de un cultivo acuícola (crianza de animales acuáticos) y otro hidropónico (cultivo de plantas en agua con nutrientes disueltos), un sistema que trabaja a base de la recirculación del agua con desechos orgánicos de los peces que son aprovechados para los nutrientes de las plantas, ya que contienen altas concentraciones de nutrientes.

Hoy en día muchas empresas optan en robots para la automatización agrícola usados en la producción de verduras, tal es el caso de la compañía Iron Ox en donde producen robots enfocados a el cultivo y cosecha de verduras, a diferencia de ello el sistema desarrollado en este artículo tiene un enfoque más amplio con respecto a costos, ya que hoy en día trabajar con robots es muy costoso por sus aplicaciones, los tipos de motores que utiliza y los métodos de programación, que a diferencia que nuestro sistema tendrá un menor costo y realizará de manera muy similar su trabajo en este caso enfocado a la cosecha.

Una de las problemáticas en la cosecha de verduras hidropónicas son los espacios reducidos y más aún cuando se trabajan con los dos sistemas tanto en hidroponía como también en la acuicultura, ya que en muchos casos la parte inferior es aprovechada por el sistema acuícola. Dificultando así la circulación del personal para realizar la cosecha de las verduras, también es la forma de cosecha que influye bastante en el producto en este caso cuando tratamos con lechugas u otros alimentos delicados en donde se dañan fácilmente cuando se las maltrata al momento de su cosecha, en muchos casos el personal por acelerar el trabajo de la cosecha maltrata a las verduras y estas tienden a descomponerse a pocos días de su cosecha, sin dan un buen producto al mercado que muchas veces son rechazadas.

Es por ello que el objetivo de esta investigación está orientado a desarrollar un sistema de automatización en cada uno de sus procesos, para así poder optimizar el tiempo y costo respecto a la cosecha de verduras en los sistemas acuapónicos.

El proyecto incentiva a aplicar este tipo de procesos automatizados, como también poder implementar sistemas tecnológicos en este sector ya que es de principal fuente para la alimentación y genera mayor demanda en las personas. Ya que la mayor parte de la erosión del suelo se debe a la sobreexplotación del suelo en la agricultura, con el fin de mejorar la producción y más no ver los problemas a futuro.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

##### 1.1.1 Problema general

¿Se logrará implementar la acuaponía como una alternativa para la producción de hortalizas y peces, y así lograr aprovechar el uso del recurso hídrico?

##### 1.1.2 Problemas específicos

- ¿Qué producción alcanzaremos implementando acuaponia?
- ¿Se logrará aprovechar los nutrientes de los alimentos sin hacer uso excesivo de fertilizantes?
- ¿Acuaponia es una opción sustentable?

#### 1.2 Objetivos

##### 1.2.1 Objetivo general

Realizar un sistema ciclónico utilizando los desechos de los peces como fertilizante natural para las plantas y estas a su vez depurar el agua y volver al recipiente donde están los peces, para el cultivo de alimentos orgánicos.

##### 1.2.2 Objetivos específicos

- Producir alimentos acuapónicos que pueda llegar a un sector que aún no ha sido lo suficientemente aprovechado en el mercado que son los alimentos orgánicos.
- Reducir la inversión en compra de fertilizantes para los cultivos en comparación a las actividades convencionales aprovechando más del 70% de nutrientes de los vegetales.
- Motivar la producción de alimentos en cultivos caseros o en masa para así contribuir a la libertad alimentaria.

### 1.3 Justificación e importancia

En la actualidad el uso de fertilizantes en masa en los sistemas de cultivos está ocasionando que los productos alimenticios tengan químicos que puedan ser perjudiciales para la salud humana, ya que dichos alimentos ya no cuentan con todos sus nutrientes y su capacidad para ser absorbidas por el cuerpo humano, estos fertilizantes son utilizados para evitar que plagas y gusanos puedan perjudicar el alimento pero a su vez son perjudiciales para la salud humana. Por ello la necesidad de crear un sistema alternativo para un cultivo que genere alimentos sin fertilizantes químicos que sean perjudiciales para el consumo humano, a través de un sistema acuapónico en el que no hay contaminación residual y el consumo de agua es mínimo gracias a su sistema cíclico es decir un sistema de recirculación, así los peces producidos son más saludables que los que se crían en la acuicultura típica y el volumen de producción es superior. (Fundación neotrópico, 2012)

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Estado del arte

Estudios realizados desde 1982 sobre los nutrientes que pueden ser absorbidos mediante el uso de fósforo y nitrógeno en el cultivo de los alimentos (Gonzales Bran, 2017) para que éstos se puedan desarrollar óptimamente y así se pueda aprovechar todos sus beneficios se han visto perjudicados por el desarrollo de pesticidas y fertilizantes químicos que en el tiempo afectó la salud humana. Tanto los fertilizantes químicos como pesticidas han logrado que los productos cosechados no se vean aparentemente afectados por las plagas y gusanos, y tengan una apariencia ideal. Pero a la par también se ha visto afectada la salud humana por ello la necesidad de crear un sistema alternativo para que se pueda llegar a consumir productos orgánicos y estos sean beneficiosos para las familias y comunidades, y a su vez mejorar la economía utilizando medios que se puedan reutilizar como es el sistema acuapónico.

Actualmente sólo en China se ha visto una industria gigante de plantas con hidroponia aprovechando el uso de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno. Dichos sistemas de esta gran industria como el reflejo de rayos violeta o UV y las tres cámaras o pisos de plantación son patentadas por esta industria. Su monitoreo es a través de cámaras de seguridad y un sistema computarizado que mide la temperatura y humedad para las diversas plantas, estas crecen en un ambiente artificial (CGTN, 2019).

En Sudamérica dicha tecnología aún no ha sido implantada, los sistemas de acuaponia e hidroponia son básicos. Nuestra visión es que no solo las familias puedan tener este tipo de sistemas sino también las comunidades creando un mejor estilo de vida.

## 2.2 Bases teóricas

Acuaponía: Se denomina acuaponía al sistema de producción de plantas y peces que combina la acuicultura tradicional, que es la cría de animales acuáticos como peces, cangrejos de río y camarones; con la hidroponía, cultivo de plantas en agua en un medio ambiente simbiótico. En acuicultura, las secreciones de los animales cultivados pueden acumularse en el agua; por el contrario, en un sistema de acuaponía, el agua de la acuicultura, que aquí funciona como un subsistema, alimenta al sistema hidropónico, en el que los desechos son descompuestos en nitritos y posteriormente en nitratos por las bacterias de nitrificación. Estos nitratos son utilizados luego por las plantas como nutrientes, por lo que es posible que el agua retorne al subsistema de acuicultura (Tyson, et al. 2014).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Resultados esperados

Queremos ayudar con el desarrollo sostenible de zonas rurales en el país, el cual se dará a través del sistema acuapónico por que debido al acelerado crecimiento de la población cada vez queda menos tierras para poder cultivar y además la contaminación (suelos y tierra) es un factor de mucha importancia para el desarrollo de este proyecto (Albarrán y Cardoso, 2018).

En cuanto a la relación de las plantas y peces queremos brindar un ambiente satisfactorio para ambos, ya que a un futuro cercano sería una posibilidad de poder criar peces(comestibles) y plantas orgánicas, ambos que pueden generar ingresos a la economía familiar. (Ramirez, et al. 2017)

Deseamos desarrollar un prototipo sencillo de manipular, ya que estos serán utilizados por poblaciones rurales, además brindar un manual de uso, cultivo de las plantas recomendadas y cuidado de los peces adecuados dependiendo de la zona en la que se ubica la familia. (INTAGRI, 2020)

#### 3.2 Compresión de la solicitud

La acuaponía es una técnica de cultivo de doble propósito donde el componente principal es el agua que por medio de la acuicultura se crían peces y con el agua residual sirve como nutrientes para el cultivo de diversas hortalizas bajo un mismo sistema de producción. (Márquez, 2020) Una comparación de gasto de agua hecho para el año 2006, mostró como la cantidad de agua utilizada en cultivos es ligeramente mayor en hidropónicos (600 litros para 100 dólares de lechuga) que en acuapónicos (500 litros para 100 dólares de lechuga), con la gran diferencia que en los sistemas acuapónicos se genera doble producto. Sin embargo, debe aclararse que la cantidad de agua que utiliza un sistema

acuapónico para producir un valor dado de plantas y/o peces, puede variar dependiendo del tipo de peces y plantas que se utilicen.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

#### 4.1 Identificación de requerimientos

El sistema acuapónico consta de una fuente cristalina o una pecera con dos bandejas superiores donde en éstas estarán las plantas. El excremento de los peces ayudará a fertilizar y llenar de nutrientes a las plantas y éstas a su vez filtrar entre sus raíces, el contenido del agua de la pecera logrando así obtener agua limpia y rica para el hábitat de estos peces. Ya cuando se haya obtenido todo este filtrado el agua volverá a la pecera donde las pequeñas partículas descartadas por las plantas servirán de alimento para peces. Cumpliendo así el beneficio entre plantas y peces. El sistema acuapónico debe de estar en una ubicación donde le permita al usuario el fácil acceso para las plantas y peces. Estos peces y plantas pueden llegar a ser de uso decorativo o también alimenticio y de comercio que es el objetivo de este proyecto. Se beneficiará este proyecto en la correcta instalación de las mangueras y bomba de agua que va conectada a la pecera y subirá a las bandejas de las plantas.

Para este proyecto se detallaron los materiales básicos para desarrollar un prototipo mínimo viable. (ver Anexo 1).

#### 4.2 Análisis de la solución

Con este proyecto queremos que ante esta crisis exista otra alternativa para obtener ingresos económicos o para poder alimentarse con productos orgánicos que no perjudiquen la salud humana. Actualmente está en tendencia el consumo de productos orgánicos, pero cómo saber si realmente lo son, qué nos puede asegurar que no fueron tratados con fertilizantes, ah ellos la propuesta de un sistema acuapónico donde el único proveedor de nutrientes sería otro ser vivo como los peces y obtener productos confiables.

Establecer restricciones de costo y tiempo: En un proyecto es necesario saber si éste es favorable tanto en costo como en tiempo de elaboración. Para nuestro modelo de sistema acuapónico de manera general se está utilizando una pecera de 40x20x30 cm, fuente, relé, cables, arduino, bomba de agua y otros; se ha presupuestado en total de inversión 180 soles y la construcción aproximada de dicho sistema acuapónico será de 1 a 2 días con una correcta instalación y sistema de bombeo. Como se verá tanto el presupuesto como el tiempo para la construcción de este proyecto es muy loable.

#### **4.2.1 Estructura de funciones**

Realizamos un DOP para mostrar el funcionamiento del “sistema acuapónico”, permitiéndonos identificar los pasos del proceso y optimizando la disposición y manejo del equipo. (ver Anexo 2)

#### **4.2.2 Diseño conceptual**

El modelo diseñado cuenta con una base (pecera de 40x30x20), sobre ella se añadirán soportes en cada uno de los 4 vértices, por encima de los soportes se colocará un modelo en 3D, que cubrirá los requisitos necesarios para que las hortalizas crezcan y el flujo de agua no se interrumpa.

#### **4.3 Diseño**

Tal como se ve en el Anexo 3, el diseño del prototipo se hizo en Rhinoceros, la estructura superior se imprimirá en 3D.

## **CAPÍTULO V**

### **CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS**

#### **5.1 Construcción**

El uso correcto del prototipo requiere el conocimiento de propiedades físicas y mecánicas de los materiales a utilizar. Por ello nos centramos en el estudio de las propiedades para así poder estimar con facilidad y confiabilidad las condiciones de utilización y procedimiento adecuado. (ver Anexo 4)

Para la fabricación de este proyecto se utilizaron conceptos básicos de la acuaponia, para hacer funcionar el ciclo hídrico se utilizó Arduino, para crear el código que hará funcionar el sistema.

#### **5.2 Pruebas y resultados**

La primera prueba se empezó con el llenado de la pecera, que está conectado con el arduino. Tenemos dos entradas de carga de energía, una alimenta al arduino y otra al sistema. Previamente se ha programado en el sistema de bombeo por cada hora durante diez minutos, el agua debe de ser bombeada hacia los canales de irrigación en tuberías hacia las plantas, llevando con ella los nutrientes, para posteriormente el agua purificada por las plantas vuelvan a la pecera.

Como resultado en la primera prueba realizada se evidenció que efectivamente el sistema funciona correctamente. Durante tres horas de evaluación del sistema acuapónico el sistema de bombeo funcionó durante diez minutos y se detuvo exactamente en el tiempo programado, el agua pasó por las tuberías para así poder irrigar a las plantas y que éstas posteriormente puedan beneficiarse de los nutrientes de las excretas de los peces, como también el agua filtrada y purificada por las plantas volvió a la pecera haciendo evidenciar de que el sistema está correctamente instalado.

### 5.3 Conclusiones

- El diseño y construcción de un sistema acuapónico prototipo aplicado a tilapia gris y albahaca evaluando su operatividad en función al cultivo de ambas especies, es factible.
- Se evidencia que en el sistema acuapónico prototipo los parámetros fisicoquímicos y ambientales fluctuaron y se estabilizaron al final del cultivo, no habiendo mortandad.
- Es factible el diseño y construcción del sistema acuapónico prototipo aplicado a tilapia (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) evaluando su operatividad en función al cultivo de ambas especies.

### 5.4 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar diferentes tipos de hortalizas autóctonas de nuestro país y plantas empleadas en la gastronomía nacional como: la hierbabuena, el perejil, el apio, la col, la muña, el huacatay, entre otras.
- Se recomienda seguir realizando ensayos en acuaponía con respecto a los recambios de agua y caudal mínimos para distribuir los nutrientes.
- Se recomienda realizar más trabajos aplicados a nuevas tecnologías y sistemas integrados de producción con la acuicultura, como la acuaponía en sus diversos diseños y escalas, los sistemas Biofloc y sistemas de recirculación de agua en general.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Morales Huamán, Angel Humberto (2016) DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO PROTOTIPO, APLICADO A TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*) Y ALBAHACA (*Ocimum basilicum*).

Polder (2010) Innovación de productos, procesos y organizaciones: impulsores, efectos de complementariedad y productividad.

CGTN. (2019, Abril 01). *Una maravillosa fábrica de plantas*. NEWSSES CGTN. Retrieved Octubre 22, 2020, from <https://newses.cgtn.com/news/3d4d7a58336b444d79457a6333566d54/p.html>

Fundación neotrópica. (2012, Noviembre 13). *Ventajas de la acuaponía*. Neotrópico. Retrieved 10 22, 2020, from <http://www.neotropico.org/index.php/actividades/investigacion/acuaponia/item/ventajas-de-la-acuaponia>

Gonzales Bran, J. I. (2017, Febrero 16). *Acuaponia para todos*. Comunidad Social. Retrieved Octubre 22, 2020, from <https://comunidad.socialab.com/challenges/comprometidos2017/idea/34503>

Tyson, Richard y Simonne, Eric . A Practical Guide for Aquaponics as an Alternative Enterprise. *EDIS*. [En línea] 2014. [Citado el: 30 de Octubre de 2020.] <https://edis.ifas.ufl.edu/hs1252>

Mercado Albarrán y Beristain Cardoso. *La Acuaponía como alternativa sustentable para la producción de peces y hortalizas*. s.l. : CIAI, 2018.

Ramirez, D, y otros. *La Acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible*. 1-2, s.l. : Facultad Ciencias Básicas, 2017, Vol. 4.

INTAGRI. *Acuaponia: Producción de Plantas y Peces*. INTAGRI. [En línea] [Citado el: 30 de Octubre de 2020.]

Jiménez Márquez, O. 2020 *ACUAPONÍA: UNA FORMA POTENCIAL Y SUSTENTABLE DE CULTIVAR DE MANERA EFICIENTE Y SUSTENTABLE ALIMENTOS. III Congreso Virtual Internacional sobre Economía Social y Desarrollo Local Sostenible Febrero 2020.*

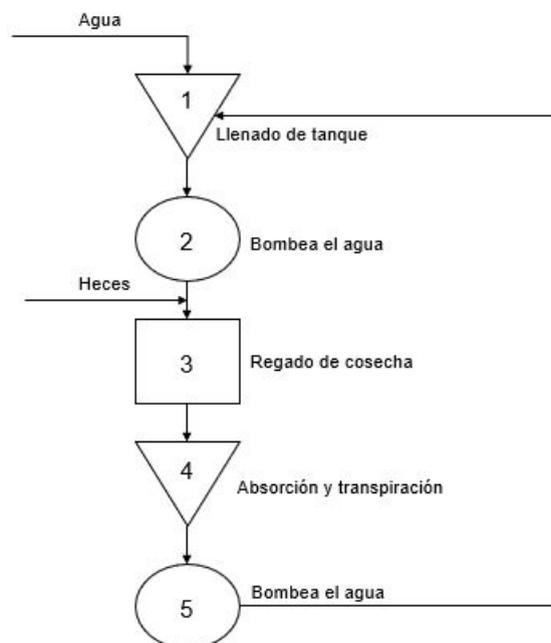
Iglesias Salas,D. (2013,Noviembre 21). Propiedades físicas-Mecánicas de los materiales. Retrieved November 15, 2020, from <https://danybarker.wordpress.com/>

## ANEXOS

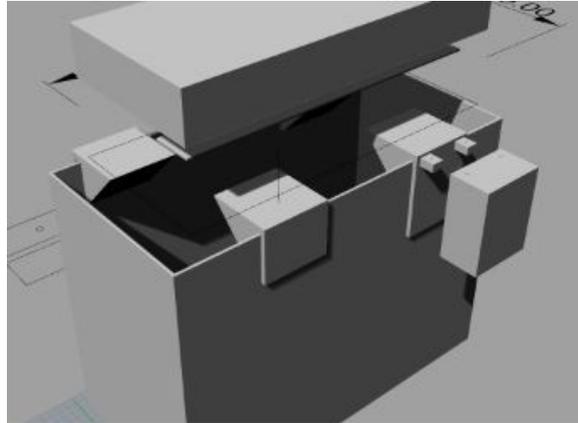
### Anexo 1

Materiales	Descripción
Pecera	Para colocar a los peces y generar el ciclo.
Semillas	De la hortalizas <i>Lactuca sativa</i> .
Peces	Del pez <i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia).
Protoboard	Para realizar las conexiones.
Fuente de poder	Fuente de 5V
Cables	Cables 18
Relé	-
Bomba	Bomba 5V
Placa	Arduino

### Anexo 2

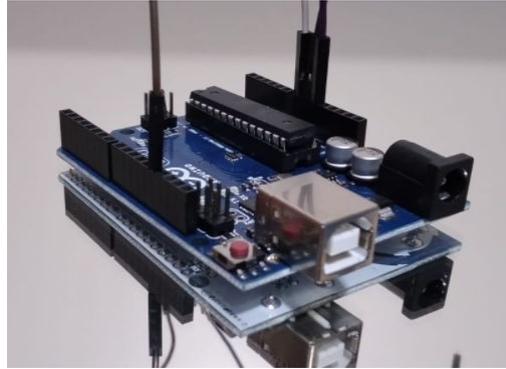


Anexo 3



Anexo 4

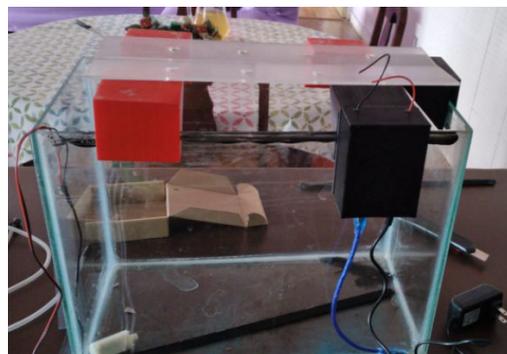
<i>Vidrio</i>	<i>Alta densidad, impermeable, transparente, baja reacción al fuego, resistente a choques térmicos, duro, resistente a compresión y a la abrasión.</i>
<i>Plástico</i>	<i>Absorción de agua y/o humedad, conductancia, rigidez, resistencia química, tenacidad y dureza.</i>
<i>Conductores eléctricos</i>	<i>Maleabilidad, resistencia conductancia y aislante.</i>
<i>Relé</i>	<p><i>Aislamiento entre los terminales de entrada y salida.</i></p> <p><i>Adaptación sencilla a la fuente de control.</i></p> <p><i>Soporta sobrecargas, tanto en los circuitos de entrada como en el de salida.</i></p>
<i>Bomba</i>	<i>Transforma energía, traslada agua e incrementa el caudal.</i>
<i>Arduino</i>	<i>Placa con elementos para conectar periféricos a las entradas y salidas de un microcontrolador.</i>



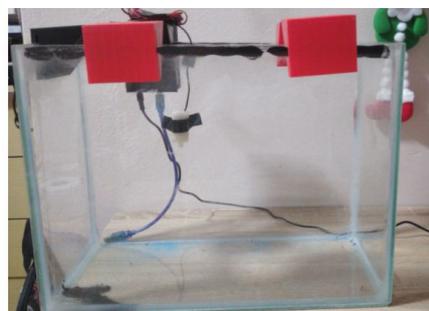
*Arduino programado*



*Semillas de lechuga*



*Armado de prototipo*



*Acuaponico*