



Proyecto Final
2021

**Control automático para producción
en sistemas de Acuaponía**

Tesis de grado

*Nicolás Astigarraga
Ariel Rojas Zayas
Carlos Habiague*

Índice

1. Introducción teórica y justificación	5
1.1. Estudio de la problemática.....	5
1.2. Definición de Acuaponía	6
1.2.1. Hidroponía	6
1.2.2. Acuicultura.....	6
1.3. Peces y plantas.....	7
2. Antecedentes y Estado del arte	9
3. Desarrollo de la solución a implementar	9
3.1. ¿Por qué inclinarse por el cultivo hidropónico o Acuaponía?.....	9
3.2. Sistema propuesto.....	10
3.3. Diagrama en bloques del sistema.....	10
3.4. Rectificación, carga y amplificación.....	11
3.4.1. Etapa de rectificación.....	11
3.4.2. Cargador de batería	12
3.4.3. Etapa amplificadora	12
3.5. Microcontrolador: ATmega 328.....	12
3.6. Sensores	14
3.6.1. Sensor de temperatura y humedad: DTH11	14
3.6.2. Sensor de caudal: YF-S201	14
3.6.3. Sensor de temperatura: DS18B20	15
3.6.4. Sensores de nivel: tipo boya.....	15
3.7. Actuadores	16
3.8. Visualización local: LCD 1602-A	16
3.9. Raspberry Pi 3	16
3.10. Visualización: IoT (Internet de las cosas).....	16
3.10.1. Node Red	18
3.10.2. Telegram	19
3.10.3. Implementación en el proyecto	19
3.11. Sistema acuaponico	21
3.11.1. Filtros: biológico y mecánico.....	21
3.11.2. Nuestro sistema.....	22
3.12. Circuito hidráulico	22

1. Introducción teórica y justificación

Este proyecto tiene como fin proponer a las comunidades, personas vulnerables e interesados, una alternativa sustentable e innovadora para la producción o comercialización de alimentos de una manera sencilla. Se parte de algunas preguntas como: ¿Qué proyecto sostenible podría concentrar sus esfuerzos en beneficiar la parte social, económica y ambiental de un pueblo a un bajo costo y al mismo tiempo?, ¿Su alcance beneficia a qué tipo de personas o comunidades?, ¿Es sustentable, en cuanto a recursos, rentabilidad y funcionamiento?, con el propósito de responder a estas preguntas se revisa, en primer lugar, las problemáticas desde una perspectiva histórica, particularmente, desde la escasez, desnutrición y seguridad alimenticia en Argentina y ciertas partes del mundo donde las condiciones son hostiles para la supervivencia humana; a partir de allí, se presenta el marco conceptual con las problemáticas, solución propuesta e implementación en escala reducida del sistema automático en su totalidad.

Por otra parte, se intenta controlar diversos parámetros y principalmente generar un compromiso social, para implementar esta forma de producción entre los habitantes de las comunidades, para que las familias tengan acceso a alimentos sanos y frescos en su propia casa.

1.1. Estudio de la problemática

La Argentina siempre fue un país que se caracterizó por ser el granero del mundo, pero si miramos más a fondo el territorio nos podemos dar cuenta que no todo el país es apto para tener cultivos, o no todas las personas tienen los recursos económicos para obtenerlos. Algunas de estas regiones con carencias económicas o de suelo son: las subregiones de la puna jujeña, la pampa seca, el chaco árido, el chaco semiárido, entre otros (ver Figura 2).



Figura 2: Regiones de Argentina.

En contraste, las zonas productoras de cereales con estas zonas no productoras, se caracterizan por la escasez de agua, tierras no aptas para cría de ganado y cultivos, teniendo como consecuencia que las poblaciones de estas sean de escasos recursos debido a la falta de trabajo, pero principalmente por no poder utilizar la tierra para tal fin. Sumándole, en muchas ocasiones, el abandono del estado a la hora de buscar soluciones,

su calidad de vida se torna cada vez más insostenible.

Tiempo atrás, se empezó la implementación de recolección de agua de lluvia en las provincias de Santiago del Estero y Formosa para paliar la escasez. Esta medida fue impulsada por ingenieros de la UBA (Universidad de Buenos Aires). Esto no es reciente, existen muchas iniciativas de este tipo en todo el país, en las distintas regiones en donde padecen la falta de agua. Por eso se propone una medida económica y accesible para diferentes poderes adquisitivos.

A medida que van apareciendo soluciones, se deben acompañar con avances tecnológicos para que las zonas tengan una opción sin derroche de este fluido tan importante y escaso.

1.2. Definición de Acuaponía

En resumen, la acuaponía es una técnica de producción sustentable, que permite combinar la producción de peces (acuicultura) con la producción de hortalizas o plantas ornamentales en agua, sin uso de tierra (hidroponía); con bajos costos y altas ganancias. Es un término que deriva de la fusión de dos palabras, “ACUA” de acuicultura y “PONIA” de hidroponía (Van der Auwermeulen, E, 2007). La acuaponía puede definirse como el conjunto de un sistema hidropónico y uno de acuicultura recirculante (Rakocy et al., 2006 citado por Díaz 2013). Esta palabra se puede encontrar en diversos documentos como “acuaponía”, “acuaponía” o “aquaponics”, es tan reciente su uso que no está incluida actualmente en los diccionarios. [3]

1.2.1. Hidroponía

La palabra hidroponía proviene de griego (Hydro) que significa agua y (Ponos) que significa labor, trabajo o esfuerzo; traducido literalmente significa trabajo en agua (Díaz, 2004). El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua lo define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas; sin embargo actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte (arena, grava, carbón, etc.) sin el uso de suelo, en donde son alimentadas mediante una solución de nutrientes minerales (sales minerales) que se les suministra por medio de agua de riego (Díaz, 2004). Esta palabra se puede encontrar en diversos diccionarios como “hidroponía”, “hidropónia” o “hidroponia.”[3]

1.2.2. Acuicultura

Cría de organismos acuáticos, comprendidos peces, moluscos, crustáceos y plantas. La cría supone la intervención humana para incrementar la producción; por ejemplo: concentrar poblaciones de peces, alimentarlos o protegerlos de los depredadores. La cría supone asimismo tener la propiedad de las poblaciones de peces que se estén cultivando. La acuicultura varía mucho según el lugar donde se lleve a cabo, desde la piscicultura de agua dulce en los arrozales de Viet Nam hasta la cría de camarón en estanques de agua salada en las costas de Ecuador, y la producción de salmón en jaulas en las costas de Noruega o de Escocia. Sin embargo, la mayor parte de la acuicultura se lleva a cabo en el mundo en desarrollo, para la producción de especies de peces de agua dulce de poco consumo en la cadena alimentaria, como la tilapia o la carpa (FAO, 2003).[3]

1.3. Peces y plantas

Hay una gran variedad de plantas que se pueden utilizar, principalmente si la acuaponía se encuentra bajo invernadero, entre ellas;

- Acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla*).
- Ajo (*Allium sativum*).
- Albahaca (*Ocimum basilicum*).
- Arveja (*Pisum sativum*).
- Ayote (*Cucurbita argyrosperma*).
- Berenjena (*Solanum melongena*).
- Berro (*Nasturtium officinale*).
- Brócoli (*Brassica oleracea italica*).
- Cebolla (*Allium cepa*).
- Cebollín o Ciboulette (*Allium schoenoprasum*).
- Cilantro (*Coriandrum sativum*).
- Chile dulce- Pimiento- Ají- Morrón (*Capsicum* sp.).
- Col o Repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*).
- Coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*).
- Eneldo (*Anethum graveolens*).
- Espinaca (*Spinacia oleracea*).
- Fresa o Frutilla (*Fragaria*).
- Frijol pelón (*Vigna unguiculata*).
- Lechuga (*Lactuca sativa*).
- Melón (*Cucumis melo*).
- Menta (*mentha* var., *arvensis*; *citrata*; *piperita*; *spicata*)
- Nabo (*Brassica rapa* subsp. *Rapa*).
- Orégano (*Origanum vulgare*).
- Papa o Patata (*Solanum tuberosum*).
- Papaya (*Carica papaya*).
- Pepinos (*Cucumis sativus*).
- Perejil (*Petroselinum crispum*).
- Puerro (*Allium ampeloprasum* var. *Porrum*).

- Radicheta o Escarola o Achicoria común (*Cichorium intybus*).
- Rúcula (*Eruca sativa*).
- Sandía (*Citrullus lanatus*).
- Tomate (*Solanum lycopersicum*).
- Tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*).
- Zanahoria (*Daucus carota*).
- Plantas ornamentales como helechos y florales.

Así mismo, la elección de los peces va a depender de la zona en donde se vive y se va a colocar la acuaponía.

Lo ideal es elegir especies autóctonas, porque van a estar adaptadas a las características del agua y temperatura ambiental. La especie más conocida y cultivada a nivel mundial del género *Oreochromis* es la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*), un pez de agua dulce oriundo de la cuenca del Nilo que posee interés comercial debido a sus extraordinarias cualidades, como crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades poblacionales, adaptación al cautiverio, aceptación a una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca de excelente calidad y amplia aceptación, la cual ha despertado gran interés comercial en la acuicultura mundial (Mallo, 2015).

Peces que se pueden cultivar en acuaponía:

- Artichar o Salvelino o Trucha alpina o Trucha ártica (*Salvelinus alpinus*).
- Bagres (Siluriformes).
- Carpa (*Cyprinus carpio*).
- Cahana o Pacú negro o Gamitana (*Colossoma macropomun*).
- Largemouth bass o Lobina (*Micropterus salmoides*).
- Mojarra de agallas azules (*Lepomis machrochirus*).
- Murray cod o Bacalao del Murray (*Maccullochella peelii*).
- Pacú (*Myleus pacu*).
- Perca europea (*Perca fluviatilis*).
- Randiá o Bagre sapo o Bagre negro (*Rhamdia quelen*).
- Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

2. Antecedentes y Estado del arte

En la antigüedad, en Malasia, los sistemas integrados de cultivos se han practicado desde la década de 1930, con la producción de peces en arrozales y en los sistemas estanques-cerdos (Ahmad, 2003). China tiene una larga y rica historia del cultivo integrado de peces. Documentos escritos del primer y segundo siglo A.C. documentan la integración del cultivo de plantas acuáticas y peces. Desde el noveno siglo diversos documentos muestran el cultivo de peces en arrozales. Existen registros de la rotación de los cultivos de peces y gramíneas desde los siglos XIV al XVI, y por los años 1620 se desarrollaron los estanques de peces con diques plantados de morales, la integración del cultivo de peces y ganado y sistemas complejos de actividades múltiples integrados con la piscicultura (Yang et al., 2003). Los aztecas practicaron una forma inicial de acuaponia, mediante la crianza de peces junto a las cosechas. Ellos construían islas artificiales conocidas como “chinampas”, pantanos y lagos someros, y plantaba en ellos maíz, zapallo y otras plantas. Los canales navegables que rodeaban las islas fueron usados para la crianza de peces. Los desechos de los peces que caían al fondo de los canales eran recuperados para fertilizar a las plantas (Matus et al., 2009). [1]

Los primeros ensayos publicados en acuaponia se remontan a la década del '70, donde se demostró que los desechos metabólicos que los peces generaban podían ser utilizados para el cultivo de plantas, en forma hidropónica (Lewis, 1978, citado por Caló 2011). Sin embargo, no fue sino hasta la década del '90 que se empezaron a obtener datos concretos aplicables a producciones comerciales. Rackocy, es considerado uno de los más importantes investigadores en el área. Radicado en la Universidad de las Islas Vírgenes, desarrolló un sistema de cultivo acuapónico que lleva en funcionamiento más de 25 años. Con dichos sistemas fueron realizadas numerosas experiencias, obteniendo valiosos resultados para el desarrollo de la actividad (Caló, 2011). En Argentina, se está comenzando en algunas instituciones con la instalación de sistemas acuapónicos, con fines de investigación o educación, como en la estación de piscicultura, ubicada en la ciudad de Necochea provincia de Buenos Aires, que instaló un sistema acuapónico con fin educativo, dirigido a la población en general para dar a conocer la acuaponia.[1]

3. Desarrollo de la solución a implementar

La acuaponía es un 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 medioambiente simbiótico). El cultivo hidropónico prescinde totalmente de la tierra para cultivar los alimentos. Es un método que simplemente se vale del agua y de los elementos nutritivos que necesitan los cultivos.

3.1. ¿Por qué inclinarse por el cultivo hidropónico o Acuaponía?

Razones, desde luego, no faltan. Algunas de las más destacadas, además de la mayor eficiencia respecto al espacio necesario, son las siguientes:

- Estabilidad de las producciones a lo largo del año.
- Ahorro de recursos, fundamentalmente de agua gracias a la reutilización de la misma.

- Alimentos más seguros por la ausencia de productos químicos y de riesgos de enfermedades que se producen en la tierra.
- Más posibilidades de éxito de los cultivos por su menor vulnerabilidad a elementos externos como, por ejemplo, las inclemencias meteorológicas.
- No se utilizan fertilizantes ni sustancias tóxicas.

3.2. Sistema propuesto

Se propuso un sistema automatizado, que permite medir variables como temperatura del agua (que sea adecuada para los peces), temperatura y humedad del ambiente, caudal adecuado para evitar el desprendimiento de las raíces, nivel del agua en el tanque y el valor de los actuadores del sistema. A la vez, se las visualizará en tiempo real por medio de una pantalla LCD ubicada en el dispositivo y un Dashboard local conectado a una Raspberry Pi. Aplicando IoT también se recibirán y enviarán notificaciones a través de un grupo de Telegram. Además, tendrá un sistema de alimentación regulado con cargador de baterías en caso de inestabilidad en el suministro de energía y para protegerlo de sobretensiones.

3.3. Diagrama en bloques del sistema

A continuación se expone el diagrama en bloques del sistema comprendiendo las partes físicas compradas, las creadas y las partes ubicadas en la nube.

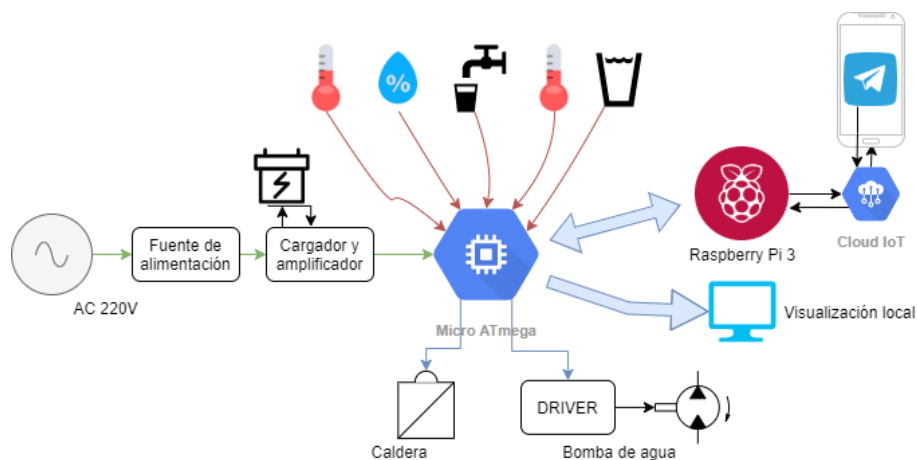


Figura 3: Diagrama propuesto.

En el diagrama de la figura podemos diferenciar de una manera intuitiva los diferentes dispositivos que interfiere en nuestro proyecto y la interconexión de entre ellos. Por un lado tenemos la alimentación de la línea de 220 V, la cual se conecta a un seccionador/cargador de baterías. Éste tiene la función de fuente de alimentación conjuntamente cargar la batería y seleccionar el modo directo o desconectado de la red. Este sistema alimentará a nuestro microprocesador y a la Raspberry Pi. También contamos con las entradas de los sensores y la salida de los actuadores (en este caso sólo la bomba y la caldera). Para visualizar los datos contamos con un Dashboard

local creado por la Raspberry Pi como así también un sistema IoT en la nube, el cual puede enviar y recibir datos hacia un grupo de Telegram.

3.4. Rectificación, carga y amplificación

El siguiente diagrama describe el funcionamiento de esta etapa. Basicamente se dispone de un conjunto de circuitos que garantizan la alimentación de todo el sistema independientemente de si existe o no energía eléctrica suministrada por la red. Posee una sub-etapa de rectificación, una de carga de batería y un amplificador para elevar la tensión a los 5V necesarios por el microcontrolador.

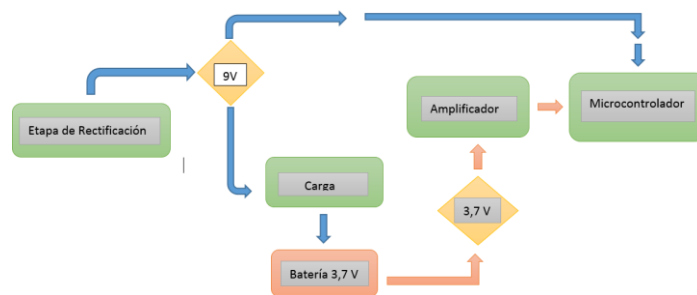


Figura 4: Etapa rectificadora, de carga y amplificadora.

Comenzando por la etapa de rectificación, se ingresa al circuito los 220 V de la red domiciliaria. Éstos son convertidos a 12 V/330mA por medio de un transformador. Luego se rectifica y regula a 9 Volt en continua para poder disponer de ella en la entrada del microcontrolador. Ésta misma señal es la que ingresa a la etapa de carga donde se almacena su energía en una batería de 3,7 V / 1A.

El circuito cuenta con un MOSFET de Canal P que se utiliza como llave y está censando todo el tiempo. El MOSFET solo deja que la batería alimente el amplificador cuando en la salida de la etapa de rectificación no exista tensión. El amplificador recibe en la entrada 3,7V y en salida obtenemos 9V, este alimenta el microcontrolador en caso de que en la salida de la etapa de rectificación no exista tensión.

Este sistema está pensado para que el microcontrolador tenga un funcionamiento óptimo y no sea reseteado ante bajas tensiones y así evitar que dañe el circuito.

3.4.1. Etapa de rectificación

El circuito recibe 12V / 330 mA de energía alterna y se rectifica a través del puente de diodos. Como la etapa de rectificación no elimina la forma AC de la señal entrante, es necesaria una etapa de filtrado. Ésta se conforma de capacitores de 2200uF/50V y 0,1uF (cerámico), se cargan y descargan con una constante de tiempo relativamente grande, facilitando la reducción del rizado y obteniendo una señal bastante similar a una DC.

Luego, se coloca un regulador Lm317, regulador de baja potencia y eficiencia que permite la estabilidad del voltaje, ajustando la caída de tensión entre la entrada y la salida. En este caso la salida es de 9V. esta señal resultante, es la que alimenta al microcontrolador y a la etapa de carga de la batería.

Esquemático (xxx) en sección Anexos.

3.4.2. Cargador de batería

En la entrada del circuito recibimos los 9V de la etapa anterior. La batería es cargada por medio de la tensión que ingresa por el relay en la configuración normalmente cerrado, el relay es excitado y cambia a normalmente abierto cuando la tensión de la batería llega a 4,5V. Cuando la batería termina de cargar un LED se enciende indicando su carga completa.

Esquemático (xxx) en sección Anexos.

3.4.3. Etapa amplificadora

Este circuito convertidor de voltaje utiliza principalmente un regulador de conmutación MC34063A y un diodo Schottky 1N5819, el cual evita que pase corriente de la salida que proviene de la etapa de rectificación ingrese al “Pin 1”. También posee algunos de los componentes discretos para terminar de desarrollar el circuito y los niveles necesarios.

La tensión puede variar entre 5 y 40 V según las características del circuito integrado. Como nosotros necesitamos 9V, regulamos la tensión con la R3 (elegimos el valor de 4K).

Esquemático (xxx) en sección Anexos.

3.5. Microcontrolador: ATmega 328

Atmel ATmega328 microcontrolador AVR® 8 bits es un dispositivo basado en la arquitectura RISC estos son de muy alto rendimiento ya que combinan una memoria 32KB ISP flash con capacidades de lectura y escritura, mientras que 1 KB EEPROM, SRAM 2 KB, 23 puertos I/O de propósito general, 32 registros de propósito general, USART programable de serie, y mucho más. Es capaz de ejecutar instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj, permitiendo que el dispositivo logre rendimientos que se aproximan 1 MIPS por MHz mientras equilibra el consumo de energía y velocidad de procesamiento. Estos Atmel MCU están diseñados para su uso en la automatización industrial y la automatización de viviendas y edificios. Este microcontrolador contiene un núcleo AVR, su frecuencia de trabajo o frecuencia de reloj máxima es de 20MHz a si mismo se puede mencionar que tiene un tamaño de memoria cercano a los 32KB y un tamaño de datos RAM de 2KB. Dentro de sus especificaciones técnicas se puede

mencionar que trabaja con una fuente de alimentación entre 1.8v a 5.5v y tiene un Conversor Análogo/Digital (ADC) de 10bit.

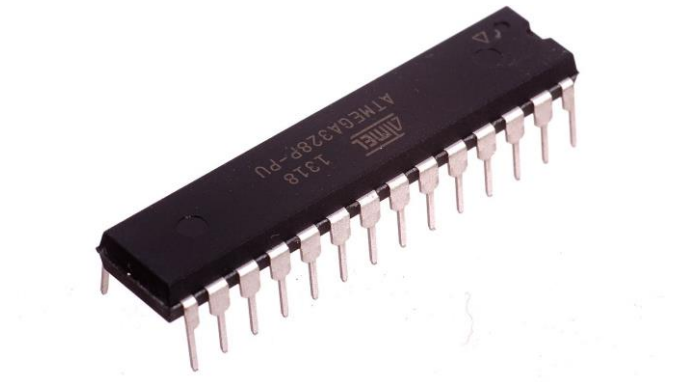


Figura 5: Microcontrolador ATmega 328P.

Es la etapa más compleja del circuito. En la entrada de la etapa se reciben los 9V los cuales son regulados por medio de un Lm7805. La salida de éste alimenta al Micro Atmega 328 y a los distintos sensores que son conectados a los puertos reservados para ello. Es muy necesario poner un condensador en la salida del regulador Lm7805 para que la señal sea lo mas continua posible. Pensando en los aspectos generales, también es aconsejable poner dos condensadores cerámicos de 22pF entre las patas del oscilador de cristal y masa, para dar mayor estabilidad al circuito del clock.

Cuenta con dos módulos de relay que los usamos para controlar una caldera y una bomba de agua. Estas se conectan directamente a los 220 V de la red domiciliaria y se activan por medio de un pulso enviado por el Microcontrolador. También se puede ver que tiene pines header donde se conectan el módulo de puerto serie y los cables de la pantalla LCD.

En nuestro caso, se configuró internamente al microcontrolador de la siguiente manera:

- **Sensor de nivel superior:** entrada digital 9.
- **Sensor de nivel inferior:** entrada digital 8.
- **Sensor de temperatura y humedad:** entrada digital 13.
- **Sensor de temperatura del agua:** entrada analógica A1.
- **Sensor de caudal:** entrada analógica A2.
- **Bomba de agua:** salida digital 10.
- **Caldera:** salida digital 12.
- **Puerto serial:** pines 1 y 2 del chip.
- **LCD:** pines 2, 3, 4, 5, 6 y 7 del chip.

Esquemático (xxx) en sección Anexos.

3.6. Sensores

Como se muestra en el diagrama de bloques de nuestro sistema, se utilizaron diferentes sensores para capturar las magnitudes físicas del entorno y así poder controlar los actuadores. De esta manera, se obtiene un sistema que automáticamente mantiene la producción sin cortes y con una constante supervisión de parte del usuario operario. Los sensores utilizados son:

3.6.1. Sensor de temperatura y humedad: DHT11

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica).

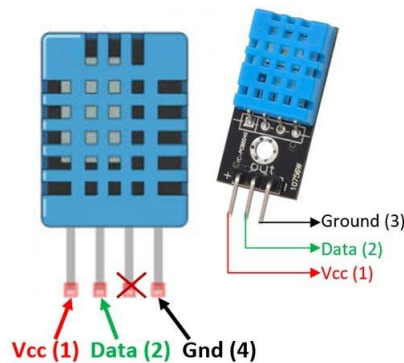


Figura 6: Sensor de temperatura y humedad DHT11.

3.6.2. Sensor de caudal: YF-S201

El sensor de flujo o caudalímetro es un dispositivo que se utiliza para medir el flujo de agua. Este sensor se encuentra en línea con la tubería de agua y contiene un sensor de molinete para medir cuánto líquido ha pasado a través de él. Hay un sensor de efecto hall magnético integrado que emite un pulso eléctrico con cada revolución.

Los sensores de flujo utilizan ondas acústicas y campos electromagnéticos para medir el flujo a través de un área determinada mediante el cálculo de magnitudes físicas, como la aceleración, frecuencia, presión y volumen construido y proporciona un pulso digital cada vez que una cantidad de agua pasa a través de la tubería.

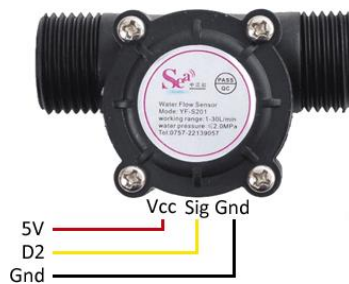


Figura 7: Sensor de caudal YF-S201.

Cabe destacar que la medición del caudal es importante para poder mantener de manera correcta el flujo y la velocidad del agua que circula debajo de las plantas, es las raíces. Un caudal muy alto podría desprender las raíces y de esa manera matar el cultivo.

3.6.3. Sensor de temperatura: DS18B20

El sensor DS18B20 permite medir temperaturas de hasta 125°C de forma fácil y además está sellado en un envoltorio estanco que permite sumergirlo en un líquido o pretegerlo de la intemperie. Dado que es un sensor digital, la señal leída no se degrada debido a la distancia del cableado. Puede funcionar en modo 1-Wire con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ con una resolución de 12 bits. También pueden utilizarse varios sensores sobre el mismo pin ya que internamente viene programado con un ID único de 64 bits para diferenciarlos. El rango de funcionamiento es de 3 a 5V por lo que se puede utilizar en prácticamente cualquier sistema de que use microcontroladores.



Figura 8: Sensor de temperatura DS18B20.

Este sensor se utiliza para medir la temperatura del agua del estanque. es de suma importancia conocerla para que los peces se mantengan en un ambiente propicio para su salud, principalmente y luego para su reproducción y normal convivencia.

3.6.4. Sensores de nivel: tipo boya

Los sensores de nivel tipo flotador son dispositivos muy simples en su funcionamiento y su utilización, básicamente son un switch que se abre o cierra una vez el nivel

de fluido produce su movimiento, por lo tanto su correcta orientación es muy importante para su utilización. Si un sensor está diseñado para cerrar su circuito interno cuando el agua lo rebase se debe tener cuidado en la dirección en la que se coloca en el fluido pues si se coloca al revés, su acción será exactamente opuesta a lo planeado.



Figura 9: Sensor de nivel de boya horizontal.

Son los encargados de controlar el nivel de agua del tanque principal. Se disponen 2 de estos sensores a una distancia conocida y deseada para que, si el agua baja por debajo de ambos, la bomba se active y si el agua llega al sensor superior, la bomba se detenga.

3.7. Actuadores

El sistema puede contener muchos actuadores. A partir de los datos obtenidos de los sensores, podemos controlar de una manera eficiente diferentes salidas para que mantengan a todo el conjunto estable dentro de ciertos rangos de tolerancia. El automatismo debe ser tal que permita al usuario olvidarse del suministro de agua y en nuestro caso, también mantener la temperatura estable para la vida saludable de los peces y plantas hidropónicas.

3.8. Visualizacion local: LCD 1602-A

De una forma alternativa y para que exista una visualización sobre el mismo equipo es que se decidió incorporar un display LCD modelo 1602-A. El mismo muestra con un intervalo de

3.9. Raspberry Pi 3

3.10. Visualizacion: IoT (Internet de las cosas)

La definición de IoT podría ser la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o Internet, la red de redes), dónde todos ellos

podrían ser visibles e interaccionar. Respecto al tipo de objetos o dispositivos podrían ser cualquiera, desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos como pueden ser el frigorífico, el calzado o la ropa. Cualquier cosa que se pueda imaginar podría ser conectada a internet e interaccionar sin necesidad de la intervención humana, el objetivo por tanto es una interacción de máquina a máquina, o lo que se conoce como una interacción M2M (machine to machine) o dispositivos M2M.



Figura 10: Ejemplo simple de un sistema IoT.

En este proceso de comunicación es dónde IoT está evolucionando ya que uno de los escollos a salvar es el tipo de protocolo con el que se comunican dichos dispositivos (es decir, "el idioma" que hablan entre ellos). Actualmente, existen dispositivos o sensores muy nuevos cuya comunicación y conexión a internet es fácil y directa, pero también existen muchos otros dispositivos más antiguos no estándar cuyo protocolo de comunicación y conexión no es trivial, es ahí dónde viene uno de estos escollos a salvar. Adicionalmente, cada fabricante o "vendedor" tiene sus propios protocolos de comunicación que hace que no todos los dispositivos sean compatibles. Uno de los mecanismos que se ha intentado establecer es la creación un protocolo abierto y estándar (propuesto por IBM) denominado MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), que permite que todos los fabricantes puedan participar y soportarlo, facilitando así la comunicación entre distintos dispositivos de diferentes fabricantes.

Por otro lado, si se buscan dispositivos para IoT se tienen considerar diversos aspectos como el bajo consumo y que sean de pequeño tamaño, de ahí que los SoCs (SoC, System on Chip) sean una parte importante de dichos dispositivos. Un SoC es un circuito integrado que contiene todos o gran parte de los módulos que tendría un ordenador (se pueden encontrar SoCs en los teléfonos móviles, por ejemplo). Como ejemplos de grandes fabricantes tenemos ARM e Intel, aunque no son los únicos, existen otros más recientes como MediaTek, Qualcomm o Samsung. Adicionalmente, existen alternativas muy asequibles para todos los usuarios como Arduino que permite que un usuario puede montarse sus propios dispositivos y circuitos de control para el hogar.

Otra parte importante de un dispositivo IoT son los sensores, el procesador y la plataforma se encargan de gestionar la información, pero ésta, debe provenir de los sensores. En este sentido, Arduino ha permitido que este tipo de tecnología esté al al-

cance de todos los usuarios. Adicionalmente, los vendors que de servicios en la nube también ofrecen kits preparados con diversos sensores y que permiten conectarse de forma sencilla con dichos servicios.

Finalmente, otro componente importante tecnológicamente para habilitar el IoT es la tecnología utilizada para la comunicación entre varios dispositivos cuya ubicación no sea próxima, es decir, las redes de comunicación. En este apartado se puede hablar por ejemplo de comunicación a través de una red "WiFi" que, aunque admite una tasa de transferencia alta, tiene un consumo alto y un bajo alcance. Otro ejemplo conocido sería una red móvil (3G, 4G o la futura 5G) donde el alcance sería mayor y de menor consumo. Adicionalmente, existen otro tipo de redes específicas para IoT como puede ser Sigfox (con gran cobertura tanto en Estados Unidos como en Europa) o LoRa.

Para terminar, simplemente comentar que hablar de tecnología en IoT, significa hablar de una serie de soluciones propuestas por diferentes fabricantes y que están en continua evolución. No existe una única tecnología, sino muchas de ellas que hay que analizar para adaptarlas a la solución concreta que se quiera desarrollar.

3.10.1. Node Red

Node-RED es una herramienta de programación visual. Muestra visualmente las relaciones y funciones, y permite al usuario programar sin tener que escribir una línea. Node-RED es un editor de flujo basado en el navegador donde se puede añadir o eliminar nodos y conectarlos entre sí con el fin de hacer que se comuniquen entre ellos.[4]

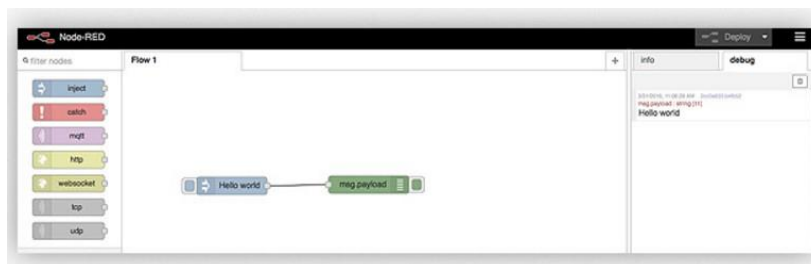


Figura 11: Ejemplo de implementación de una programación en Node Red.

Node-red se ha convertido en el estándar open-source para la gestión y procesamiento de datos en tiempo real, logrando simplificar los procesos entre productores y consumidores de información.

Node-Red se ha consolidado como framework open-source para la gestión y transformación de datos en tiempo real en entornos de Industry 4.0, IOT, Marketing digital o sistemas de Inteligencia Artificial entre otros. La sencillez de aprendizaje y uso, que no requiere de conocimientos de programación, su robustez y la necesidad de bajos recursos de cómputo ha permitido que hoy en día se encuentre integrado en prácticamente la mayoría de dispositivos IOT e IIOT del mercado, así como equipos Raspberry, sistemas cloud o equipos locales.

Node-RED es una herramienta muy potente que sirve para comunicar hardware y servicios de una forma muy rápida y sencilla. Simplifica enormemente la tarea de programar del lado del servidor gracias a la programación visual.

3.10.2. Telegram

Telegram es una aplicación de mensajería instantánea para dispositivos electrónicos lanzada en el año 2013 por los hermanos Nikolái y Pável Dúrov como una alternativa a la aplicación WhatsApp. Cuenta con más de 400 millones de usuarios activos alrededor del mundo y se destaca por su sistema de seguridad y velocidad al envío de mensajes. [5]



Figura 12: Logo de la App Telegram.

Justamente, estas características son las que la hacen especialmente interesante a la hora de encarar un proyecto de IoT. Disponiendo de Bots o grupos, se pueden obtener resultados con un alto grado de confianza casi en tiempo real con sólo añadir su librería en Node Red y conectar los lazos correspondientes. [5]

Telegram utiliza el protocolo de comunicaciones MTProto, que se enfoca en la multisesión en varios dispositivos. Este protocolo, a su vez, permite el transporte de archivos sin importar su formato o capacidad. [5]

Esta app ofrece algunas funcionalidades que otras aplicaciones de mensajería no soportan como lo son: la creación de bots (mensajes automáticos) y la implementación de chats secretos que protegen aún más la privacidad de los usuarios con un cifrado exclusivo entre el emisor y el receptor. [5]

3.10.3. Implementación en el proyecto

Nuestro código necesita recibir en un lapso de tiempo determinado los datos sensados del sistema para poder disponer de ellos, en caso de ser necesario trabajarlos y luego poder realizar la telemetría cuando se solicite desde cualquier lugar del mundo.

En el apartado de Anexos se puede encontrar con detalle el gráfico de programación de los nodos y los diferentes datos que se obtienen. A continuación se muestra el Dashboard local del Node Red y se detallan los datos visualizados:



Figura 13: Dashboard local Node Red.

- **Visualización de la fecha:** En el sector superior derecho se visualiza la fecha y hora real en el formato DD/MM/AA y HH:MM.
- **Valores de los sensores:** En la esquina superior izquierda se pueden visualizar los valores sensados en tiempo casi real. Algunos se expresan de forma gráfico de torta, otros de forma de gráficos de valores e incluso se repite el valor de la temperatura del agua con un gráfico temporal.
- **Estado de los actuadores:** En el lado derecho de la pantalla se puede observar el estado ENCENDIDO o APAGADO de la bomba de agua, el estado NORMAL o CRÍTICO de los peces (a partir de la temperatura del agua) y el estado ENCENDIDA o APAGADA de la caldera.
- **Ingreso de los datos al sistema:** El ingreso se realiza a través de la comunicación serial (USB) de la Raspberry Pi. La cadena de caracteres se envía por el puerto serie del microcontrolador, luego ingresa a un acondicionador de nivel Serial/TTL e ingresa por uno de los puertos USB de la Raspberry Pi.
- **Nodos de Telegram:** Aquí es donde hacemos uso de las librerías de dicha red social. Sólo agregamos el nodo de recepción de orden, el cual se puede configurar para que sea un carácter o un string, luego se conecta a una función que nos permite determinar que se realizará o que activará esa orden y luego se le agrega el nodo de envío de dato al grupo de Telegram. No siempre deben existir los dos (recepción y emisión) al mismo tiempo, por ejemplo, el aviso de ESTADO CRÍTICO de los peces se envía automáticamente, cada 5 segundos cuando el agua del estanque supera los 35 grados o disminuye de los 10 grados centígrados.
- **Nodos de funciones custom:** Aquí se encuentran los nodos que se modifican para responder a necesidades del usuario. Se programan en Node.js, parte del JavaScript que se utiliza en el código fuente original de Node Red. seguir...

3.11. Sistema acuaponico

El sistema acuapónico puede adaptarse a cualquier espacio que se disponga, por eso se puede realizar de diversas maneras, como por ejemplo el que se encuentra construido en la ciudad de Necochea:



Figura 14: Sistema acuapónico instalado en la estación de piscicultura de la ciudad de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina.

- 1. Un contenedor para los peces.
- 2. Bomba de agua.
- 3. Filtro mecánico.
- 4. Filtro biológico.
- 5. Un contenedor para las plantas.
- 6. Una bomba de agua.
- 7. Cables de alimentacion.

3.11.1. Filtros: biologico y mecanico

El filtro mecánico es un tanque de decantación o sedimentación, en donde se acumulan las partículas sólidas y más groseras presentes en el agua, como restos de alimento, algas y materia fecal de los peces.



Figura 15: Ejemplo de filtro mecánico.

3.11.2. Nuestro sistema

A continuación se muestra la maqueta de nuestro sistema. Se utilizaron elementos reciclados de otros artefactos, mangueras y demás conectores necesarios para la correcta instalación.

3.12. Circuito hidráulico

En la siguiente figura se puede observar una simple descripción de los distintos dispositivos ubicados en campo.

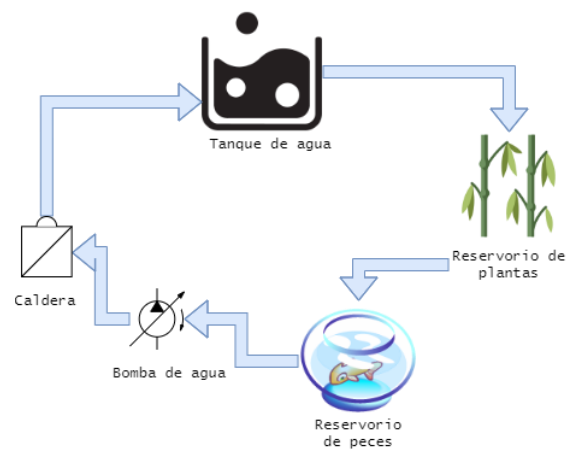


Figura 16: Ejemplo simple de la implementación del sistema.