



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica  
Superior d'Enginyeria  
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica  
Universitat Politècnica de València

# Sistema para el control automatizado del nivel de pH en piscinas

Trabajo Fin de Grado

**Grado en Ingeniería Informática**

**Autor:** José Carlos Sánchez de Rojas Rincón

**Tutor:** David de Andrés Martínez

**Curso:** 2021-2022



# Dedicatoria

---

Agradezco a toda mi familia por el esfuerzo y apoyo que he recibido por su parte a la hora de realizar todos mis estudios.

# Agradecimientos

---

Agradezco a mis compañeros y amigos que he ido teniendo a lo largo de la carrera, cuyos nombres son: Brian, Oleh y Adrián, por apoyarnos y ayudarnos mutuamente en los momentos más difíciles de la carrera, por haber pasado buenos momentos con ellos y por seguir en contacto con ellos. También me gustaría agradecer a mi tutor de TFG y de la asignatura DSD, David de Andrés Martínez, por haber confiado y haber estado tanto tiempo con él.

## Resumen

---

El objeto de este trabajo tiene como fin el desarrollo de un proyecto sobre la automatización del control del nivel de pH en piscinas. Para ello, se utilizará una sonda que permitirá medir la cantidad de pH que hay en el agua y dos relés y bombas peristálticas, encargadas de inyectar los componentes químicos necesarios para subir o bajar el nivel de pH del agua. Este nivel deberá mantenerse dentro de un rango preestablecido para así poder tener un mayor control sobre la acidez del agua y evitar irritaciones en la piel de los usuarios.

Como mecanismos de control se ha decidido utilizar una placa Arduino en la cual se integrarán los siguientes componentes: una controladora RNB, una placa Ethernet Shield para tener conexión a la red, una pantalla LCD de 20x4 para mostrar la información relacionada sobre las acciones que se están realizando, dos relés y dos bombas peristálticas.

**Palabras clave:** Arduino; Ethernet Shield; sensor PH; relé; sensores; piscina; automatización; bomba peristáltica

## Resumen

---

L'objecte d'aquest treball té com a fi el desenvolupament d'un projecte sobre l'automatització del control del nivell de ph en piscines. Per a això, s'utilitzarà una sonda que permetrà mesurar la quantitat de pH que hi ha en l'aigua i dos relés i bombes peristàltiques, encarregades d'injectar els components químics necessaris per a pujar o baixar el nivell de ph de l'aigua. Aquest nivell haurà de mantindre's dins d'un rang preestablert per a així poder tindre un major control sobre l'acidesa de l'aigua i evitar irritacions en la pell dels usuaris.

Com a mecanismes de control s'ha decidisc utilitzar una placa Arduino en la qual s'integraran els següents components: una controladora RNB, una placa Ethernet Shield per a tindre connexió a la xarxa, una pantalla LCD de 20x4 per a mostrar la informació relacionada sobre les accions que s'estan realitzant, dos relés i dues bombes peristàltiques.

**Paraules clau:** Arduino; Ethernet Shield; sensor PH; rele; sensors; piscina; automatització; bomba peristáltica

# Abstract

---

The purpose of this work is to develop a project on the automation of pH level control in swimming pools. To do this, a probe will be used to measure the amount of pH in the water and two relays and peristaltic pumps, responsible for injecting the chemical components necessary to raise or lower the pH level of the water. This level should be kept within a pre-established range in order to have greater control over the acidity of the water and avoid irritation to the skin of users.

As control mechanisms, it has been decided to use an Arduino board in which the following components will be integrated: an RNB controller, an Ethernet Shield board to connect to the network, a 20x4 LCD screen to show the related information about the actions to be taken. they are making, two relays and two peristaltic pumps.

**Keywords:** Arduino; Ethernet Shield; sensor PH; rele; sensor; pool; automation; Peristaltic pump

# Prólogo

---

La creación de este proyecto nos ha beneficiado tanto a mi familia como a mí en la obtención de conocimiento que desconocíamos a la hora de controlar el estado del agua de nuestra piscina y nos va a facilitar tener un control optimo usando el mínimo de productos químicos, ahorrando tanto tiempo como dinero.

# Tabla de contenidos

---

## Contenido

1.	Introducción .....	11
1.1	Motivación .....	12
1.2	Objetivos .....	13
1.3	Impacto esperado .....	13
1.4	Metodología .....	14
1.5	Estructura .....	15
2.	Estado del arte .....	16
2.1	Introducción .....	16
2.2	Sistemas similares .....	16
2.2.1	Sistema manual.....	17
2.2.2	Sistema electrónico.....	18
2.2.3	Sistemas automáticos .....	19
2.2.4	Sistemas salinos.....	20
2.3	Análisis.....	21
2.4	Críticas al estado del arte.....	22
2.5	Propuesta .....	22
3.	Análisis del problema.....	23
3.1	Identificación y análisis de soluciones posibles.....	23
3.2	Solución propuesta .....	24
3.3	Presupuesto .....	25
4.	Diseño de la solución .....	26
4.1	Arquitectura del sistema.....	26
4.2	Especificación Hardware .....	27
4.2.1	Arduino UNO rev 3.....	27
4.2.2	Arduino Ethernet Shield R3 .....	29
4.2.3	Pantalla LCD.....	30
4.2.4	Relés actuadores.....	31
4.2.6	Sonda pH .....	32
4.2.7	Protoboard de interconexión.....	34
4.2.8	Cableado .....	35
4.3	Especificación Software .....	35
4.3.1	Arduino IDE .....	36



4.3.2	Bucle Principal.....	36
4.3.3	Código LCD.....	37
4.3.4	Código lectura sensor pH .....	38
4.3.5	Código relé.....	39
4.3.6	Código Ethernet.....	40
4.3.7	Código HTML.....	41
5.	Desarrollo de la solución propuesta.....	42
6.	Implantación .....	46
7.	Pruebas .....	47
8.	Conclusiones .....	49
8.1	Relación del trabajo desarrollado con los estudios cursados .....	50
9.	Trabajos futuros.....	51
10.	Referencias.....	53



# Índice de imágenes

---

Imagen 1 tiras de control de pH. ....	17
Imagen 2 Kit control pH. ....	18
Imagen 3 Sistema electrónico. ....	18
Imagen 4 Bomba peristáltica. ....	19
Imagen 5 Bomba de diafragma. ....	20
Imagen 6 Sistema salino. ....	21
Imagen 7 Arquitectura del Sistema. ....	26
Imagen 8 Arduino Uno rev 3. ....	28
Imagen 9 Ethernet Shield. ....	29
Imagen 10 Panel LCD. ....	31
Imagen 11 Relé. ....	31
Imagen 12 Imagen peristáltica. ....	32
Imagen 13 Sonda de pH. ....	34
Imagen 14 Protoboard. ....	34
Imagen 15 Cableado. ....	35
Imagen 16 Arduino IDE. ....	36
Imagen 17 Bucle principal ....	37
Imagen 18 Código LCD. ....	38
Imagen 19 Lectura pH ....	39
Imagen 20 Prueba relé variables ....	40
Imagen 21 Prueba relé ....	40
Imagen 22 Página web. ....	41
Imagen 23 Conexión de red y eléctrica. ....	42
Imagen 24 Conexión LCD. ....	43
Imagen 25 Conexión sonda pH. ....	43
Imagen 26 Conexión relé. ....	44
Imagen 27 Conexión Arduino. ....	44
Imagen 28 Sonda calibración pH ....	45
Imagen 29 Depuradora. ....	47
Imagen 30 Sobres pH. ....	48
Imagen 31 Prueba calibración sonda pH. ....	48
Imagen 32 Sonda Redox. ....	51
Imagen 33 Sonda nivel líquidos. ....	52

# Índice de tablas

---

Tabla 1. Valoración entre sistemas. ....	21
Tabla 2. Presupuesto de cada componente.....	25
Tabla 3. Presupuesto total del proyecto. ....	25
Tabla 4. Especificaciones Arduino. ....	29
Tabla 5. Conexiones Ethernet Shield. ....	30
Tabla 6. Especificaciones Ethernet Shield. ....	30
Tabla 7. Características interfaz sonda.....	33
Tabla 8. Características sonda.....	33

# 1. Introducción

---

Debido a la pandemia actual que está en todo el mundo, se ha multiplicado la demanda a fabricantes que se dedican a la instalación o fabricación de piscinas prefabricadas. Esta causa ha provocado que el plazo para la obtención de una piscina de uso privado se haya incrementado por la alta demanda de la pandemia.

Se estima que el plazo de espera para la obtención de una piscina es del plazo de un año. Cada vez son más familias que desean tener una piscina privada, pero no estiman el costo del mantenimiento que causa tener una piscina en buen estado durante todo el año, sin desperdiciar el agua en cada temporada, tanto económico como para la salud.

Las restricciones sanitarias sobre la pandemia han beneficiado el auge de plataformas para alquilar piscinas, cuyo principal uso se destina para actividades y ocio, por lo que en verano es un buen reclamo para reuniones y celebraciones. El alquiler de piscinas privadas está dejando de ser una idea desconocida en España y tiene un gran margen de crecimiento debido al clima que poseemos. [1]

Se calcula que España es el cuarto país del mundo y el segundo de Europa en número de piscinas de uso residencial, con un parque actual estimado en 1.018.000 de piscinas de uso residencial y si a esta cifra le sumamos las de uso público colectivo la cifra asciende a casi 1.2 millones de piscina en toda España. [2]

El 88,7% de las piscinas contienen agua de consumo humano. La gran mayoría de las piscinas se encuentran en comunidades de vecinos, hoteles, e instalaciones deportivas. El resto se encuentran ubicadas en alojamientos rurales, parques acuáticos, camping y centros de hidroterapia, según indica la ASOFAP (Asociación Española de Profesionales del Sector Piscinas). Si aplicamos este porcentaje por comunidades, las que cuentan con mayor número de piscinas sería: Andalucía, Cataluña y la comunidad Valenciana. [1]

El tamaño medio de capacidad de una piscina privada se estima en una media de 40 metros cúbicos mientras que las piscinas públicas almacenan una media de 200 metros cúbicos. La piscina sobre la cual se va a hacer este proyecto es sobre una piscina de 43,68 metros cúbicos.

Solo el 1% de las piscinas es de agua de mar el equivalente a 62.400.000 metros cúbicos de agua salada, según un informe nacional de la calidad sanitaria de las piscinas en España, informe elaborado en 2016 por el ministerio de sanidad. [1]

Para conseguir un mantenimiento adecuado de su reutilización del agua es necesario llevar a cabo varias acciones en función de la época. Durante el verano es aconsejable cubrir la piscina con lonas para evitar la evaporación de esta y evitar tener que reponer esa agua evaporada, además de mantener la temperatura del agua en horario nocturno. Con ello se consigue ahorrar agua manteniendo la piscina en unas condiciones óptimas.

Durante el invierno también se aconseja tener la piscina con lonas para así evitar que se congele en climas muy fríos y también para evitar que le entre suciedad del exterior como pueden ser hojas, polvo en suspensión, ...

Estas medidas hacen que en invierno los ciclos de uso de la depuradora para mantener el agua limpia en los momentos en los que no se utiliza sea menor, acarreado un menor consumo y desgaste de los componentes para su mantenimiento.

Conseguir explotar de forma eficaz, cómoda y transparente para el usuario el mantenimiento de una piscina, no es tarea fácil debido a las inclemencias meteorológicas y distintos factores, como son la dureza y la alcalinidad del agua. El viento y la lluvia van depositando impurezas sobre la superficie, cuya descomposición origina gérmenes nocivos en el agua.

Por ello su cuidado necesita de mucha atención y cuidado, cosa que el usuario intenta evitar, ya que prefiere dedicar su tiempo en otras tareas. Por lo cual, en la última década, “Internet Of Things” [9] ha hecho que las personas investiguen por su cuenta para crear proyectos en los cuales se automatizan ciertos ámbitos de la vida cotidiana, para simplificación de esta.

La finalidad de este proyecto consistirá en obtener un mayor control sobre el pH del agua de la piscina mediante el uso de distintos sensores, controladores, actuadores, ...

### 1.1 Motivación

El TFG (Trabajo Final de Grado), nos permite como estudiantes la oportunidad de desarrollar un proyecto en el cual podemos plasmar todos los conocimientos adquiridos durante todos estos años.

Tener una piscina limpia y desinfectada es algo fundamental para garantizar la salud de los usuarios que la utilizan, evitando todo tipo de enfermedades, así como bacterias y hongos que se pueden generar. No es tarea fácil mantener un nivel de pH constante en el agua.

Existe una gran cantidad de información sobre el uso de productos químicos para el control del agua y está al alcance de cualquier persona.

Sin embargo, el conocimiento sobre el porcentaje que hay que usar para los distintos escenarios varía dependiendo de la situación geográfica en la que se ubique. Esto me ha llevado a pensar en una solución para tener un mayor control sobre el agua de la piscina la cual es llevada a cabo en este proyecto.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal para la realización de este proyecto surge de la idea de la simplificación del mantenimiento que surge en mi familia para mantener la piscina en un estado óptimo para su uso y disfrute.

Otros factores a tener en cuenta son la dureza del agua junto con las inclemencias meteorológicas y las estaciones del año las cuales hace que varíe el porcentaje de cloro en invierno y verano, siendo esta última la cual se debe inyectar más cloro para mantener a raya las bacterias y algas que se puedan producir.

Para cumplir este objetivo propuesto, se implementará un sistema por el cual usaremos herramientas de automatización, para añadir productos químicos especiales para regular el pH (cloro, fungicidas y anti-algas.).

Existen distintos productos en el mercado para subir el pH y bajarlo para que esté dentro de un rango comprendido entre 7.2 y 7.6 de pH. Estando dentro de este rango se garantiza un menor uso de otros productos químicos como pueden ser el cloro, floculantes, entre otros, evitando irritaciones en los ojos y la piel de los usuarios. [10]

Esta función de control del pH es el objetivo principal por el cual se realiza este TFG y desempeñará la función de controlar el pH mediante Arduino y una tarjeta shield conectada a Arduino para poder tener una mayor gestión del estado actual del pH que se dispone en este momento, en definitiva, se realizará la comunicación entre la piscina y el usuario mediante una interfaz intuitiva y sencilla de utilizar.

## 1.3 Impacto esperado

Las ventajas que supondría el uso de este proyecto en piscinas es la obtención de un mayor control del agua y obtención de lectura de datos en tiempo real sobre el estado en el que se encuentra.

A nivel medioambiental el poder tener mayor control sobre el agua evitaría en caso de limpieza de filtros de la depuradora o vertido del agua la contaminación del medio donde se encuentre, para así poder reutilizar el agua para otros posibles usos. Esto implicaría un menor uso de agua potable para mantener su nivel y evitar tener que vaciar la piscina por falta de mantenimiento tirando una media de 40 metros cúbicos por piscina en España.



Este objetivo de desarrollo sostenible está promovido por la ONU para conseguir un futuro sostenible para todos, ya que se interrelacionan entre sí y se incorporan los desarrollos globales a los que nos enfrentamos día a día, para no dejar a nadie atrás.

Las metas que desea la ONU para el impacto esperado que puede generar mi TFG son las siguientes:[11]

6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial

6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua

6.5 De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda

6.6 De aquí a 2030, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos

6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización

Estos apartados explicados anteriormente son los que se adaptan a los objetivos que se realizan en este proyecto.

### **1.4 Metodología**

Como primer paso para la realización de este TFG se buscará dónde será aplicado para adaptarlo a las necesidades independientes de cada piscina.

El segundo paso es la obtención de productos químicos que van a modificar los valores de pH que se van a analizar para ajustarlos dentro del rango establecido.

Buscar sensores actuadores, bombas y la forma de gestionar todo el entorno, que en mi caso será mediante una placa Arduino, una tarjeta de red ethernet shield conectada a Arduino, una sonda de pH, dos relés, y dos bombas la cual inyectará el producto químico en la piscina.

Otro paso sería el conexionado de los distintos componentes nombrados anteriormente y empezar a realizar el código software que va a gestionar todo el entorno. Una vez creado todo lo anterior aplicarlo a la piscina de mi chalet la cual dispongo desde hace muchos años.

Sera aplicado una vez finalice el TFG para tener controlado el nivel de pH de la piscina durante todo el año, se tendrá que obtener una lectura mediante una sonda de pH y controlará el nivel de acidez donde se encuentra para que lo adecue a los estándares.

Una vez que ya esté controlado, la lectura debe de dar entre unos valores determinados, mientras no se encuentre dentro de ese rango de valores determinados activará un relé u otro relé para que suban o bajen los niveles de pH.

## 1.5 Estructura

En el primer apartado llamado introducción, se explica brevemente la motivación que me ha supuesto la realización de este proyecto y continúa con los objetivos que tengo intención de que se cumplan en mayor medida.

En el estado del arte, capítulo 2, hablaré de si existen proyectos o estudios similares a lo que estoy realizando. En el capítulo 3 análisis del problema abordo la solución propuesta para realizar este proyecto. A continuación, en el capítulo 4 hablaré sobre los componentes que son necesarios en el software implementado para la creación de este proyecto. En el capítulo 5 se habla sobre el conexionado de todos los componentes para su correcto funcionamiento. En el siguiente capítulo 6 se habla sobre la implantación donde se va a situar el proyecto, para que su funcionamiento sea lo más adecuado. En el capítulo 7 llamado pruebas, será donde se hagan las pruebas para que funcione correctamente este proyecto. En el penúltimo capítulo, el número 8 llamado conclusiones trataré como he enfocado el proyecto y el costo que me ha supuesto. Para acabar en el capítulo 9, llamado trabajos futuros, muestro un par de cosas que me gustaría desarrollar en un futuro para poder ampliar la funcionalidad de este proyecto y conseguir que este proyecto sea lo más completo y automatizado posible.



## 2. Estado del arte

---

### 2.1 Introducción

Hoy en día los usuarios buscan productos en su entorno para facilitarles el trabajo. Por ello en la piscina para controlar el nivel de pH existen numerosas soluciones de distintos fabricantes para controlar de una forma automática el laborioso trabajo de mantenerla desinfectada y en perfectas condiciones.

La interconexión de dispositivos y los objetos a través de una red, donde pueden ser visibles y se puede interaccionar, está generando que los usuarios puedan crear sus propias versiones de proyectos o crear nuevos dispositivos que todavía no han sido creados debido al desconocimiento de ese sector.

Esto supone un paso respecto a los tratamientos manuales, los cuales mediante un electrodo de pH se puede determinar los niveles de concentración de pH en la piscina. Estas medidas son analizadas por un controlador, donde el usuario establece unos valores óptimos de pH para tener una piscina en un estado óptimo para su disfrute.

### 2.2 Sistemas similares

En este apartado va a ser presentado una serie de tecnologías que se pueden encontrar en el mercado actualmente de manera privativa. Estos sistemas se encargan del control de la piscina de forma manual, electrónica y automática. Otros sistemas serían de cloración salina.



### 2.2.1 Sistema manual

Este sistema que se muestra en la imagen 1, es el más económico de todos ya que consiste en comprar un medidor que consta de una tirita con un reactivo al agua que cambia de color dependiendo del nivel en que se encuentre para su comprobación del color con respecto a una tabla de colores para saber en qué nivel se encuentra. [12]



*Imagen 1 tiras de control de pH.*

Otro de estos sistemas manuales sería el que muestro a continuación en la imagen 2 que consta de dos probetas en las cuales hay que introducir agua de la piscina de forma manual a una profundidad mínima de 50 cm para después ponerles una disolución que hará reacción con el nivel de pH y cloro que tenga la piscina. [13]

## Sistema para el control automatizado del nivel de pH en piscinas



Imagen 2 Kit control pH.

Como desventaja de este sistema, es que solo te proporciona el nivel del pH en el que se encuentra el agua sin posibilidad de ajustarlo automáticamente.

### 2.2.2 Sistema electrónico

Este sistema mostrado en la imagen 3 es muy parecido a los sistemas manuales, que son los mencionados con anterioridad, pero se diferencian en ellos en que para la obtención del nivel de pH es de forma más rápida y precisa que en comparación con los sistemas manuales que se tiene que intentar adivinar encontrando la diferencia que te da una tira en comparación con una tabla.[14]



Imagen 3 Sistema electrónico.

### 2.2.3 Sistemas automáticos

Se podrían clasificar en dos subapartados: mediante el uso de una bomba peristáltica y una bomba de membrana.

Ventajas:

- Las bombas peristálticas son autocebantes, fáciles de instalar, asépticas y se pueden usar con hasta un 80% de sólidos inorgánicos disueltos.[15]
- Las bombas de membrana son muy precisas y dosifican muy bien los líquidos, tienen alta resistencia a la corrosión. [16]

Desventajas:

- Las bombas peristálticas no son tan precisas como una bomba de membrana.
- Las bombas de membrana se bloquean si bombean gas o productos sólidos.

A continuación, en la imagen 4, muestro un ejemplo de lo que sería un producto de la marca AstralPool, el cual ya lleva incluido la controladora que permite el control del pH del agua junto con un relé que activaría la bomba peristáltica que lleva incorporada para la inyección del producto químico que permite obtener el control preciso del nivel de pH que realiza la misma función que este proyecto: [17]



Imagen 4 Bomba peristáltica.

Otro fabricante importante en este sector sería CTX que está más especializado en la venta y fabricación de productos químicos como su dosificación y control en piscinas. Esta bomba que muestro en la imagen 5 es una bomba de membrana que permite la inyección del pH o cloro según determine la controladora mediante la sonda. [18]



Imagen 5 Bomba de diafragma.

#### 2.2.4 Sistemas salinos

Estos sistemas salinos se caracterizan por el control del agua mediante electrólisis. Esta electrólisis se produce porque se introduce sal en la piscina para que una vez que se active la depuradora y mueva el agua pase por este sistema y genere cloro por electrólisis. Con este sistema mostrado en la imagen 6 se consigue un sistema mediante sal el cual no es casi necesario introducir cloro, pero a cambio debes tener controlada la salinidad del agua para que su funcionamiento sea óptimo. [3] [19]



Imagen 6 Sistema salino.

## 2.3 Análisis

A continuación, mostraré una tabla en la cual se muestran los distintos sistemas detallados anteriormente y cuáles son sus ventajas y desventajas explicadas de una manera sencilla y precisa.

Tabla 1. Valoración entre sistemas.

	Precio	Lectura pH	Control remoto
<b>Sistema manual</b>	Muy barato	Si	No
<b>Sistema electrónico</b>	Barato	Si	No
<b>Sistema automático</b>	Caro	Depende del modelo	No
<b>Cloración salina</b>	Muy caro	Si	Si

Debido a la tabla anterior se puede comprobar que no existe un sistema que permita gestionar el nivel de pH de la piscina mediante el uso de cloro de forma remota.

## 2.4 Críticas al estado del arte

Como se ha podido comprobar en el apartado anterior, llamado estado del arte; no existe dispositivos que permitan una monitorización remota e interactuar mediante una interfaz con el sistema. Existen otros sistemas, como son los que permiten la cloración salina, para los cuales sí que existen modelos de control mediante una aplicación Android/iOS.

El coste de estos dispositivos es mayor ya que se tendría que adaptar la piscina con sal y el precio del dispositivo y el mantenimiento anual que se debe realizar en la piscina es más estricto porque se puede estropear el sistema o decrementar la eficiencia del funcionamiento.

Por ello pienso que el mejor sistema para mantener la piscina en un óptimo estado es mediante el control del pH, para así tener que reducir al mínimo el uso de productos químicos como son el cloro o floculantes.

## 2.5 Propuesta

La mejora que puede aportar el desarrollo de este TFG al mantenimiento de la piscina incide a la hora del menor uso del cloro mediante el control del pH.

Este menor uso del cloro favorece en la utilización de esta agua de piscina para poder regar campos y evitar contaminar químicamente el suelo o subsuelo mediante productos químicos.

Aparte permite el mantenimiento de la piscina a un menor costo con respecto a los productos que posee la competencia, ya que el coste de la adquisición de este dispositivo es mucho menor y más modular que el de grandes marcas reconocidas a nivel mundial.

## 3. Análisis del problema

---

El objetivo principal de este TFG es el control del nivel de pH de una piscina doméstica para que se sitúe dentro de unos límites establecidos para así poder tener un mayor control y calidad del agua mediante el uso en menor medida de productos químicos, como es el cloro.

Por ello se busca pasar de un sistema manual en el que el usuario debe medir el pH del agua manualmente y ajustar el nivel de pH a otro más cómodo y automatizado en el que el usuario no debe preocuparse por nada. Esta especificación de requisitos va destinada a cualquier parte que esté interesado en las funcionalidades que representa.

### 3.1 Identificación y análisis de soluciones posibles

Para poder identificar las posibles soluciones que existen en el mercado a la hora de realizar este TFG hay que valorar en primer caso las mejores opciones disponibles y que mayor utilización tengan, ya que esto implica un mayor soporte y en ocasiones un menor coste.

Por ello, en mi caso y como ya se ha comentado anteriormente, el desarrollo de este proyecto se va a llevar a cabo con la microcontroladora llamada Arduino [20]. Otra opción hubiese sido la utilización de una placa Raspberry Pi [21], pero se ha descartado por su mayor coste y complejidad para realizar este control del pH, ya que es un miniordenador con un sistema operativo.

La respuesta del porque he elegido Arduino frente Raspberry Pi es porque está más orientada a proyectos de pequeña envergadura centrados en el Internet of Things (IOT), mediante el uso de actuadores, relés, sensores, y un conjunto de dispositivos que sería más complejo de implementar que si hubiese sido mediante Raspberry Pi.

A continuación, mostraré las ventajas más relevantes:

- Es barato y fácil de adquirir. Esto permite su facilidad de uso y modificación.
- Posee un entorno de programación muy fácil para que cualquiera que no sepa programar pueda crear proyectos sencillos e ir incrementando la dificultad y complejidad para abarcar más posibilidades.
- Es multiplataforma para los distintos sistemas operativos que existen actualmente en el mercado.

Normalmente existen más soluciones que no nombro, pero no son tan conocidas como estas dos. No tienen tanta diversidad de proyectos y tanta comunidad como las citadas anteriormente.

### 3.2 Solución propuesta

Debido al clima en el sur de Europa la gran mayoría de piscinas de uso público y privado se encuentran en esta parte del continente, donde es más necesario el control automatizado para tener la piscina en un uso óptimo.

Para ello la implementación de esta propuesta va a facilitar el mantenimiento a los usuarios y la comodidad de su uso y disfrute de una manera sencilla y barata durante todas las estaciones y las inclemencias del tiempo.

A continuación, se muestra los componentes que serán necesarios para la creación de este proyecto:

- Una placa microcontroladora que será la encargada de gestionar el sistema para que funcione.
- Una tarjeta Ethernet Shield que se encargará de establecer la conexión con una página web mediante ethernet.



- Una sonda de pH que medirá el nivel en el que se encuentra el agua para después controlarlo.
- Dos relés que se encargarán de activar o desactivar dos bombas peristálticas.
- Dos bombas peristálticas que se encargarán de inyectar el producto químico para subir o bajar el pH.
- Una protoboard donde se conectará todo el cableado para mejorar su gestión y fase de pruebas.

### 3.3 Presupuesto

En este apartado voy a detallar el coste que ha supuesto la creación del proyecto, tanto las horas trabajadas como el hardware comprado. Con ello se puede hacer una estimación de lo que costaría el desarrollo de este proyecto para llevarlo a cabo y si valiese la pena desarrollarlo para mejorar la facilidad del usuario a la hora de mantener la piscina en condiciones óptimas de una manera sencilla y transparente.

*Tabla 2. Presupuesto de cada componente.*

Componente	Unidad	Precio	Total
<b>Arduino Uno rev3</b>	1	23 €	23 €
<b>Arduino Ethernet Shield</b>	1	26.02 €	26.02 €
<b>Sensor pH</b>	1	61.93 €	61.93 €
<b>Relé</b>	2	8.99 €	17.98 €
<b>Bomba peristáltica</b>	2	98 €	196 €
<b>Cableado</b>	1	7.99 €	7.99 €
<b>Protoboard</b>	1	8.29 €	8.29 €

*Tabla 3. Presupuesto total del proyecto.*

Base Imponible	Tipo IVA	IVA	Total
<b>341.21€</b>	21%	71.66€	412.87€

## 4. Diseño de la solución

---

En este capítulo se va a hablar de la arquitectura de nuestro sistema; también se hablará de las tecnologías que se han utilizado para llevar a cabo el desarrollo y se profundizará en la implementación del diseño.

Se empezará por detallar la arquitectura del sistema, además de un esquema en el que se representarán los dispositivos que se han utilizado para la creación de este TFG.

A continuación, se procederá a explicar en detalle cada componente que se encuentra en el proyecto, detallando tanto sus características como su funcionamiento.

Para finalizar se detallará la explicación de cómo se comporta el proyecto a nivel de software en el cual se especificará el funcionamiento del sistema mediante imágenes del código.

### 4.1 Arquitectura del sistema

Se empezará mostrando, la arquitectura del sistema con un pequeño esquema, el cual se explicará a continuación. El esquema para mostrar es el siguiente:

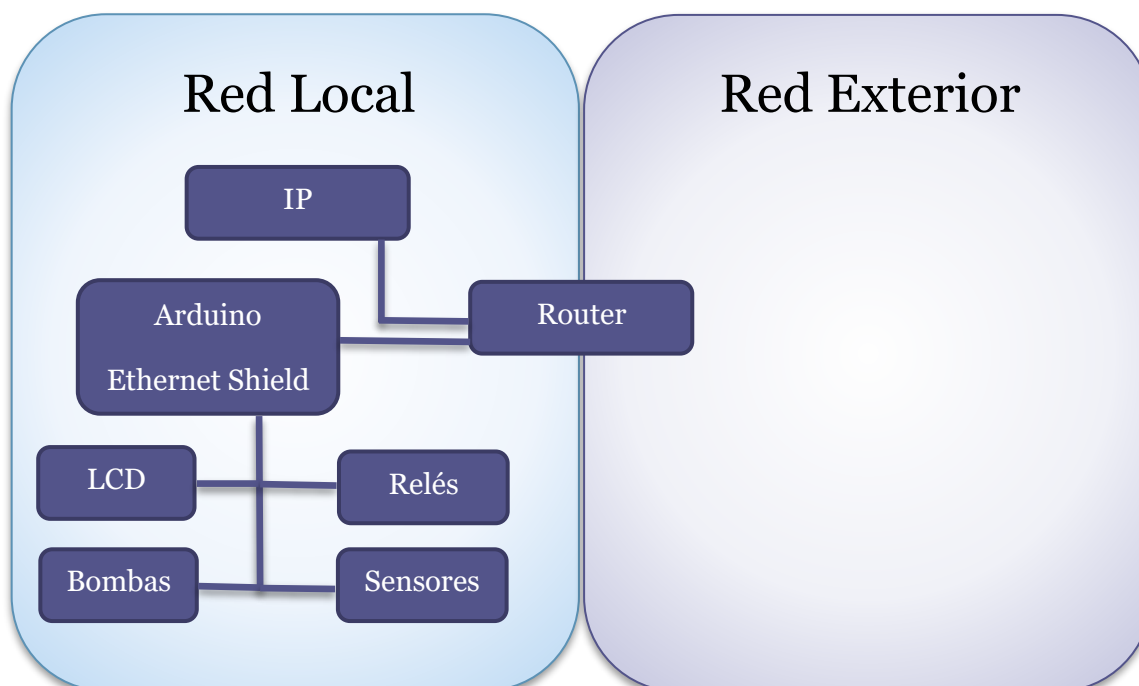


Imagen 7 Arquitectura del Sistema.

Para controlar el sistema se ha decidido usar una placa Arduino, en la cual tiene acoplada una placa Ethernet Shield que nos permite tener conexión a Internet. Esta placa está conectada a la red Ethernet mediante cableado Rj45. Este microcontrolador está conectado a distintos componentes.

Una pantalla LCD, en la cual se mostrará información relacionada con el nivel de disolución de pH actual en el agua de la piscina, como también qué producto químico está inyectando, o en su caso si está parada la inyección de químico.

Una sonda de pH con un controlador que estará conectado al microcontrolador y medirá en tiempo real el nivel de pH que posee la piscina en todo momento.

Dos relés actuadores los cuales estarán conectados al microcontrolador, que permitirán activar o desactivar las dos distintas bombas que permiten la entrada del producto químico al sistema de depuración de la piscina.

Dos bombas peristálticas conectadas cada una de ellas a los relés. Cada bomba estará conectada a una disolución de pH+ o pH-.

Se puede visualizar en la imagen anterior que el microcontrolador llamado Ethernet Shield está conectado al router, el cual posee una dirección IP asignada de forma manual para así poder visualizar desde la red interna el estado en el que se encuentra la disolución de pH, aparte de poder ver si está inyectando la disolución o no.

## **4.2 Especificación Hardware**

Como se ha podido comprobar anteriormente, se va a integrar cada uno de los componentes hardware que han sido necesarios para el desarrollo de este sistema de control del pH.

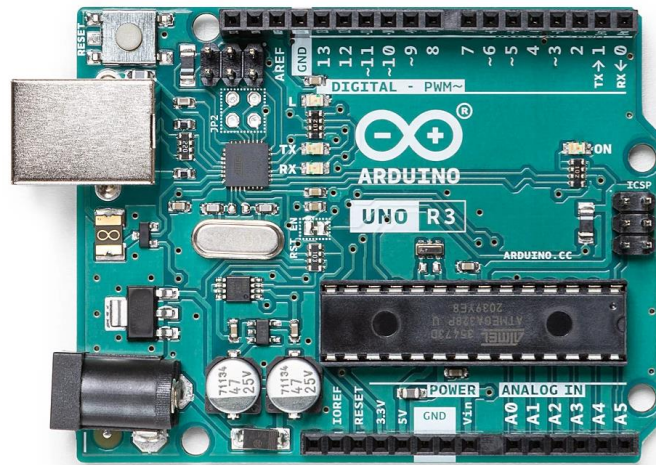
### **4.2.1 Arduino UNO rev 3**

Esta placa es la parte fundamental de este proyecto ya que es la que gestiona todo el sistema para su perfecto funcionamiento. Este microcontrolador es una pequeña placa con nombre Arduino UNO de código abierto.

## Sistema para el control automatizado del nivel de pH en piscinas

Dentro de esta familia de placas de Arduino existen diferentes modelos los cuales se pueden adaptar dependiendo de las entradas y salidas analógicas o digitales a nuestros requisitos que necesitemos sobre el proyecto que se esté realizando. Es por ello por lo que me he decantado, por la más estándar, que es la que se llama Arduino UNO Rev3 mostrado en la imagen 8.

Está basado en el microchip ATmega328p y está equipada con conjuntos de pines de entrada, salida de señales digitales y analógicas mediante las cuales se pueden conectar a distintas placas de expansión y otros circuitos para ampliar o modificar su funcionamiento. Dispone de un botón de reset que permite reiniciar la placa en caso de avería.



*Imagen 8 Arduino Uno rev 3.*

En la siguiente tabla se va a mostrar las especificaciones técnicas de esta placa según la página oficial.[4]

Tabla 4. Especificaciones Arduino.

Microcontrolador	ATmega328p
Voltaje Operativo	5 V
Voltaje de Entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (Limite)	6-20 V
Pines Digitales I/O	14
Pines Digitales PWM I/O	6
Pines Analógicos de entrada	6
DC por Pin de I/O	20 mA
DC por Pin de 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad del reloj	16 MHz
Led	13
Longitud	68.6 mm
Anchura	53.4 mm
Peso	25 g

#### 4.2.2 Arduino Ethernet Shield R3

Este módulo accesorio de la Arduino UNO mostrado en la imagen 9 permite añadirle la función de tener conexión de Internet mediante RJ45 y con simples pasos te permite empezar lo que desees. Al estar toda la documentación a tu alcance te permite hacer y usar tus propios diseños.

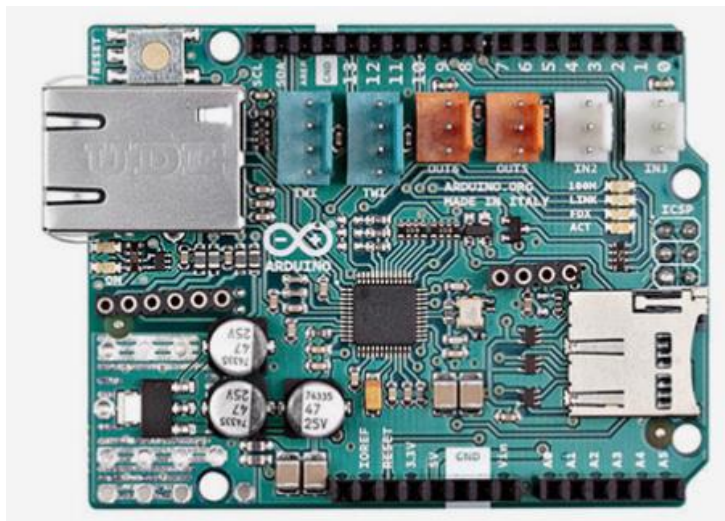


Imagen 9 Ethernet Shield.

Está basado en el chip “Wiznet W5500 Ethernet chip”, el cual provee una dirección de red IP y es capaz de gestionar TCP y UDP. Admite hasta 8 conexiones de socket simultáneas. Usa la biblioteca de Ethernet para escribir bocetos que se conecten a Internet usando esta placa.

Este dispositivo se conecta a una placa Arduino UNO apilando una placa sobre la otra utilizando el conexionado. Esto permite seguir apilando placas manteniendo intacta la disposición de los pines.

Posee una ranura para una tarjeta micro-SD, que se puede usar para almacenar archivos y servirlos a través de la red. Posee un botón de reset al igual que la placa Arduino UNO para reiniciar tanto una placa como la otra. Además, posee unos LED's que indican la información sobre el estado de la conexión que se detallarán a continuación mediante una tabla.[6]

*Tabla 5. Conexiones Ethernet Shield.*

Encendido	Indica si está encendido
Enlace	Indica si hay conexión de enlace
FDX	Indica si la conexión es Full Dúplex
100M	Indica si la conexión es de 100Mb
ACT	Parpadea si hay actividad de RX o TX

En la siguiente tabla se va a mostrar las especificaciones técnicas de esta placa según la página oficial.[5]

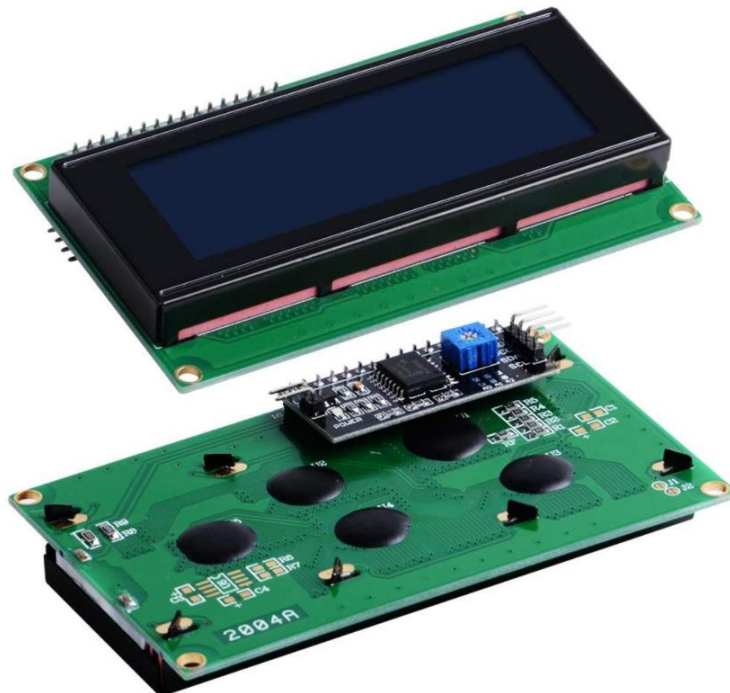
*Tabla 6. Especificaciones Ethernet Shield.*

Microcontrolador	Wiznet W5500 Ethernet chip
Velocidad de conexión	10/100 Mb
Acceso micro-SD	Pin 4
Número de conexiones máximo	4
Voltaje	5 V
Conexión con Arduino	Puerto SPI

### 4.2.3 Pantalla LCD

Esta pantalla mostrada en la imagen 10, cuenta con un panel LCD que es capaz de mostrar en una matriz de 16x4 información. La comunicación con la microcontroladora se realiza por el bus I2C, el cual posee una línea de datos en serie llamada SDA y una línea de reloj en serie llamada SCL. A continuación, muestro una imagen de cómo es este dispositivo, que nos será muy útil para ver físicamente el estado en el que se

encuentra el pH y además de poder ver si inyecta o no la disolución química del pH para su control.



*Imagen 10 Panel LCD.*

#### 4.2.4 Relés actuadores

Estos relés actuadores mostrado en la imagen 11 son los encargados de activar o desactivar las bombas dependiendo de lo que realice la controlada según el nivel marcado por la sonda de pH en caso de que no esté dentro del rango establecido. En este TFG se incorporan dos relés que serán los encargados de subir o bajar el pH hasta que esté dentro del rango. A continuación, se muestra el ejemplo del relé utilizado.



*Imagen 11 Relé.*

#### 4.2.5 Bombas peristálticas

Se va a contar con dos bombas peristálticas para el control del cloro. Una de ellas se empleará exclusivamente para subir el nivel de pH hasta el rango recomendado y la otra de ellas se encargará de bajar el pH hasta el rango recomendado. Es una bomba que funciona a 220V con unas dimensiones de 101mmx106mmx103mm (largo, alto, profundidad) y con un peso de 725g capaz de proporcionar un caudal máximo de 4,5l/H regulando la variación de velocidad mediante un manómetro en el frontal.



*Imagen 12 Imagen peristáltica.*

#### 4.2.6 Sonda pH

Este dispositivo es el encargado de medir la alcalinidad o acidez del agua. Consta de un conector BCN y se conecta hacia una interfaz, que a su vez es enviada hacia el puerto de entrada analógica del controlador Arduino. La interfaz cuenta con dos diodos LED, uno es el indicador de la alimentación y el otro indica el valor de pH.[6]



A continuación, en la tabla 7 mostraré en una tabla las características de la interfaz:

*Tabla 7. Características interfaz sonda.*

Voltaje de alimentación	5V
Corriente	5-10mA
Consumo	$\leq 0.5$ W
Temperatura de trabajo	10-50° C
LED Verde	Alimentación
LED Rojo	Límite de pH
Conector de sonda	BNC
Precisión de medición	$\pm 0.1 - 25^{\circ}$ C

En esta tabla 8 que va a continuación, mostraré las principales características de la sonda:

*Tabla 8. Características sonda.*

Tipo de sonda	Grado de laboratorio
Rango de detección	0 hasta 14 de pH
Rango de temperatura	5 – 60° C
Punto cero	7 $\pm$ 0.5
Tiempo de respuesta	< 2 min
Vida de la sonda	> 0.5 año

La última tabla 9 que se muestra informa de la función de cada terminal.

*Tabla 9. Características conexión interfaz*

Pines	Descripción
To	Temperatura
Do	Límite de pH
Po	Valor de pH en voltaje
G	Conexión a tierra
G	Conexión a tierra
V+	Conexión a 5 VDC



Imagen 13 Sonda de pH.

#### 4.2.7 Protoboard de interconexión

Para la realización de interconexión entre el microcontrolador Arduino y todos los sensores y actuadores se utilizará una protoboard que será la encargada de tener conectado el cableado para obtener una mejor gestión y organización. La imagen que se muestra a continuación es un ejemplo de lo que sería este dispositivo.

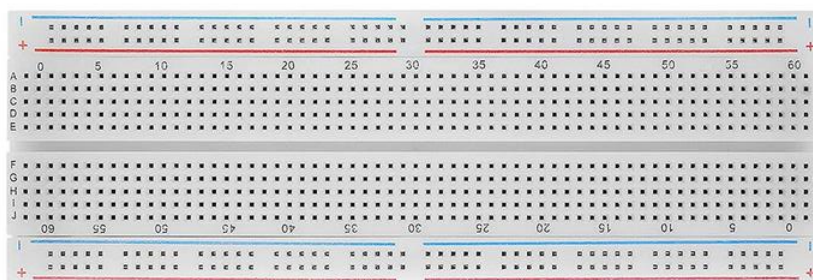


Imagen 14 Protoboard.

#### 4.2.8 Cableado

En este apartado se detalla el tipo de cableado escogido para la conexión entre la microcontroladora Arduino y sus sensores y actuadores para poder gestionar este proyecto, que serán mostrados a continuación.



*Imagen 15 Cableado.*

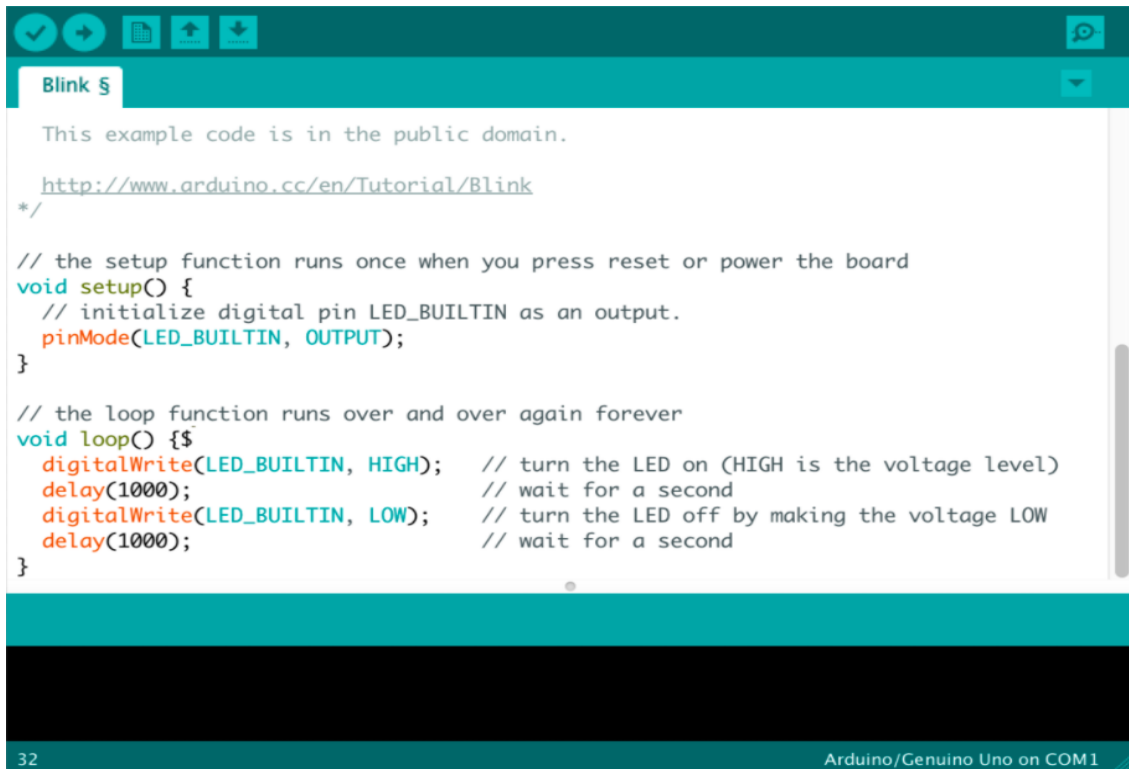
#### 4.3 Especificación Software

En este apartado se va a explicar en detalle todo el código que ha sido necesario escribir para el funcionamiento de este proyecto. Por ello se ha utilizado el lenguaje de programación de C++, el cual es usado por el programa que trae asociado Arduino para la creación de sus pequeños proyectos. Este programa en si es para gente que se inicia a la programación y esto facilita su uso a los usuarios que ya disponen de conocimiento.

En cada apartado a continuación se detalla cada parte del código la función que desempeña para que el proyecto llegue a funcionar.

### 4.3.1 Arduino IDE

Este programa anteriormente nombrado es llamado Sketch. Es un IDE que está en Windows, Linux y MacOS y se usa para subir y escribir el código compatible con las placas base de Arduino. Es de código abierto y soporta los lenguajes de C y C++.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. At the top, there is a toolbar with icons for saving, running, and other functions. Below the toolbar, the title bar reads "Blink \$". The main area contains the following code:

```
This example code is in the public domain.  
  
http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink  
*/  
  
// the setup function runs once when you press reset or power the board  
void setup() {  
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.  
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);  
}  
  
// the loop function runs over and over again forever  
void loop() {  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)  
  delay(1000); // wait for a second  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW  
  delay(1000); // wait for a second  
}
```

At the bottom of the window, the status bar shows "32" on the left and "Arduino/Genuino Uno on COM1" on the right.

Imagen 16 Arduino IDE.

### 4.3.2 Bucle Principal

En este apartado está la función principal que se encarga de que todo el código consiga funcionar ya que se va llamando continuamente recursivamente dependiendo del valor de pH que le retorna la función de lectura de pH. Este código consta de un if para comprobar si el pH se encuentra dentro del rango establecido y no hace ninguna modificación o en caso contrario, dependiendo de si está por debajo o por arriba el pH activaría un relé u otro para poder seguir gestionando la lectura hasta volver a encontrar el rango en el que no realiza ninguna llamada. Para obtener el valor de la sonda de pH hace una llamada a la función cada vez que la necesita.

```

59 void loop() {
60   //-----Funcion Principal-----//
61   if (phValor() > 7.2 && phValor() < 7.8) {
62     rele();
63     lcd1();
64   } else {
65     if (phValor() < 7.2) {
66       releMenor();
67       lcdMenor();
68     }
69     if (phValor() > 7.8) {
70       releMayor();
71       lcdMayor();
72     }
73   }
74   ethernet();
75   //-----//
76 }

```

*Imagen 17 Bucle principal*

### 4.3.3 Código LCD

En este subapartado explico como he adaptado el código que ofrecen de ejemplo la biblioteca utilizada para la utilización del panel LCD. Esta biblioteca se llama LiquidCristal\_I2C [7]; todo lo referente a su utilización está documentado en Internet de una forma sencilla. Como se puede apreciar en la imagen 17, en esta parte de código están declaradas tres funciones, utilizadas para escribir por la pantalla. En las tres funciones se le llama a la función phValor(), para que pueda devolver el valor del pH actual mediante la llamada a la función. Referente a lcd.setCursor(X, Y), se utiliza para saber dónde tiene que empezar a escribir el texto en la pantalla siendo la X las columnas y las Y las filas.

```

125 //----- LCD -----//
126 void lcd1() {
127     lcd.setCursor(0, 0);
128     lcd.print("Nivel PH = ");
129     lcd.setCursor(11, 0);
130     lcd.print(phValor());
131     lcd.setCursor(0, 1);
132     lcd.print("PH+ : Nada      ");
133     lcd.setCursor(0, 2);
134     lcd.print("PH- : Nada      ");
135     delay(500);
136 }
137
138 void lcdMenor() {
139     lcd.setCursor(0, 0);
140     lcd.print("Nivel PH = ");
141     lcd.setCursor(11, 0);
142     lcd.print(phValor());
143     lcd.setCursor(0, 1);
144     lcd.print("PH+ : Inyectando ");
145     lcd.setCursor(0, 2);
146     lcd.print("PH- : Nada      ");
147     delay(500);
148 }
149
150 void lcdMayor() {
151     lcd.setCursor(0, 0);
152     lcd.print("Nivel PHs = ");
153     lcd.setCursor(11, 0);
154     lcd.print(phValor());
155     lcd.setCursor(0, 2);
156     lcd.print("PH- : Inyectando ");
157     lcd.setCursor(0, 1);
158     lcd.print("PH+ : Nada      ");
159     delay(500);
160 }
161 //-----//

```

Imagen 18 Código LCD

#### 4.3.4 Código lectura sensor pH

Con este código descrito a continuación se consigue que la sonda tenga lecturas introduciéndola en una disolución de agua. Como se puede apreciar en la imagen 18, la línea 81 del código la cual tiene escrito “analogRead(analogInPino)”, es él pin por el que le llegan las lecturas de la sonda, y la variable a la cual se puede acceder para realizar las lecturas de pH es: pHValue, que es la variable donde se utiliza en todo momento para saber el estado del pH [8]. Esta función realiza unas 10 lecturas, las ordena mediante el bucle for de la línea 85 para después coger y hacer la media descartando el valor inicial y final obtenido. Con respecto a la variable calibration en la línea 102 hace referencia a una variable que se modifica manualmente para poder calibrar la sonda en caso de que pierda sensibilidad; es una variable de ajuste.

```

78 float phValor() {
79 //----- PH Lectura -----//
80 for (int i = 0; i < 10; i++) {
81     buf[i] = analogRead(analogInPin0);
82     delay(30);
83 }
84
85 for (int i = 0; i < 9; i++) {
86     for (int j = i + 1; j < 10; j++) {
87         if (buf[i] > buf[j]) {
88             temp = buf[i];
89             buf[i] = buf[j];
90             buf[j] = temp;
91         }
92     }
93 }
94
95 avgValue = 0;
96
97 for (int i = 2; i < 8; i++) {
98     avgValue += buf[i];
99 }
100
101 float pHVol = (float)avgValue * 5.0 / 1024 / 6;
102 return pHValue = -5.70 * pHVol + calibration;
103 //-----//
104 }

```

*Imagen 19 Lectura pH*

#### 4.3.5 Código relé

Como se aprecia en la imagen 19 que va a continuación, están declaradas tres funciones las cuales se encargan de activar mediante la orden HIGH o desactivar mediante la orden LOW a las variables PinReleMas y PinReleMenos. La utilización de estas funciones está comprendida en el bucle principal.

```

106 //----- RELE -----//
107 void rele() {
108     digitalWrite(PinReleMas, LOW);
109     digitalWrite(PinReleMenos, LOW);
110 }
111
112 void releMenor() {
113     digitalWrite(PinReleMas, HIGH);
114     digitalWrite(PinReleMenos, LOW);
115     delay(500);
116 }
117
118 void releMayor() {
119     digitalWrite(PinReleMenos, HIGH);
120     digitalWrite(PinReleMas, LOW);
121     delay(500);
122 }
123 //-----//

```

Imagen 20 Prueba relé variables

#### 4.3.6 Código Ethernet

Esta última función llamada ethernet es la encargada de realizar la conexión con el cliente para que se pueda ver desde la misma red local. En la imagen 21 se puede ver como establece la conexión el cliente mediante un objeto llamado client cuyo tipo de objeto es EthernetClient. Este apartado está detallado en la documentación de Arduino de su página web, el cual lo he adaptado [40].

```

163 void ethernet() {
164     //----- ETHERNET -----//
165     EthernetClient client = server.available();
166
167     if (client) {
168
169         Serial.println("new client");
170         boolean currentLineIsBlank = true;
171
172         while (client.connected()) {
173             if (client.available()) {
174                 char c = client.read();
175                 Serial.write(c);
176
177                 if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {

```

Imagen 21 Prueba relé



#### 4.3.7 Código HTML

En este último apartado mostraré la interfaz que genera el código HTML. Esta pequeña interfaz muestra el valor actual del pH de la piscina, además de mostrar si está inyectando producto químico para subir o bajar el pH

<b>Estado actual</b>	
<b>Nivel PH =</b>	<b>15.36</b>
<b>PH - = Inyectando</b>	
<b>PH + = Nada</b>	

*Imagen 22 Página web*

## 5. Desarrollo de la solución propuesta

---

Llegados a este punto se va a explicar el desarrollo de la solución propuesta, en el que se explicará la forma de conectar cada componente con la microcontroladora.

Como punto inicial y más importante, ya que es donde se va a conectar todos los componentes.

Se va a explicar la microcontroladora como se va a conectar el USB para poder transmitir el código escrito para que pueda funcionar, ya que sin ello no se conseguiría el resultado esperado para el funcionamiento de este proyecto.

Además del conexionado de red mediante cable rj45 en color amarillo. Se va a mostrar mediante la imagen 29.



*Imagen 23 Conexión de red y eléctrica.*



Por último, se va a mostrar el conexionado del relé para poder conectar con la bomba peristáltica, en el que el diagrama de colores es el siguiente: los cables de color azul y morado son los de masa y 5V y el cable de color gris es el de datos, que será conectado a la microcontroladora Arduino directamente

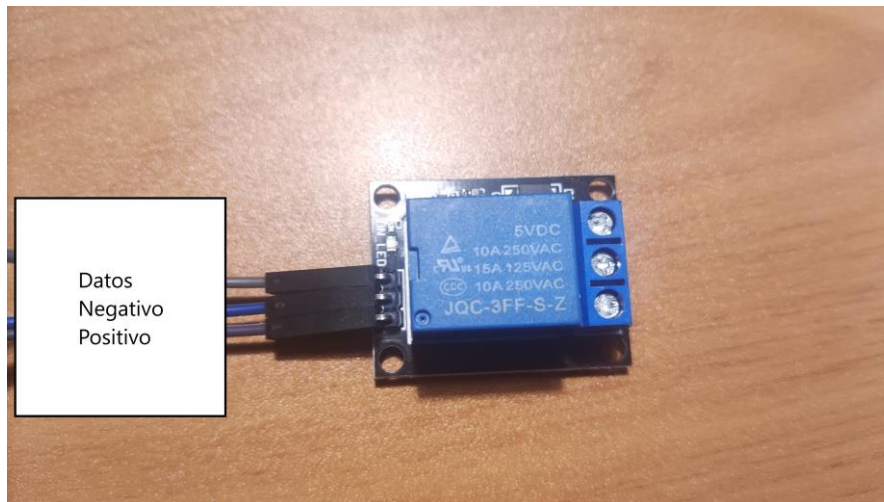


Imagen 26 Conexión relé.

En la imagen 28, se va a mostrar el conexionado en la microcontroladora Arduino para ello se va a explicar cada cable cual es: todos los cables negros son negativos y los rojos positivos, todos los demás cables son de datos, para que puedan interactuar directamente con la microcontroladora.

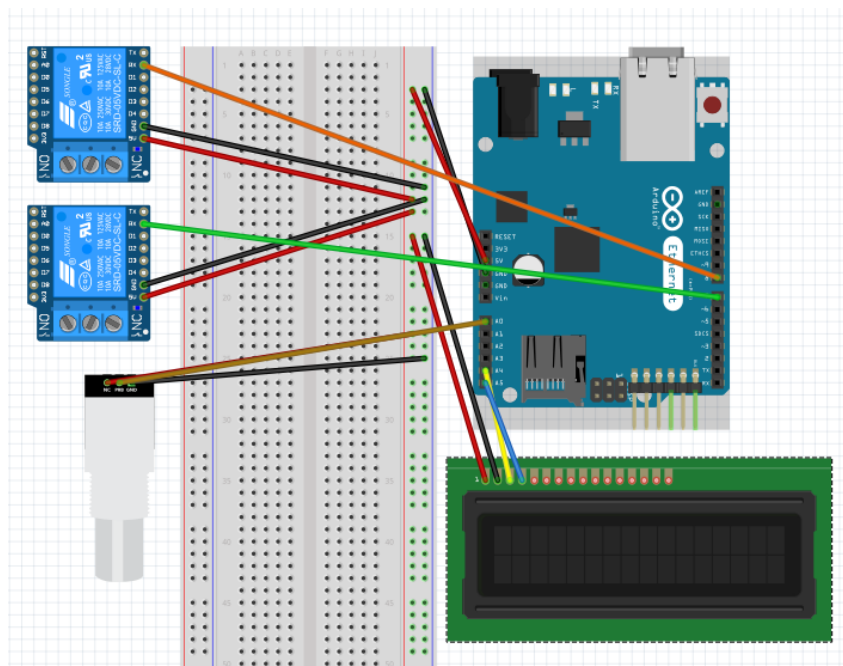
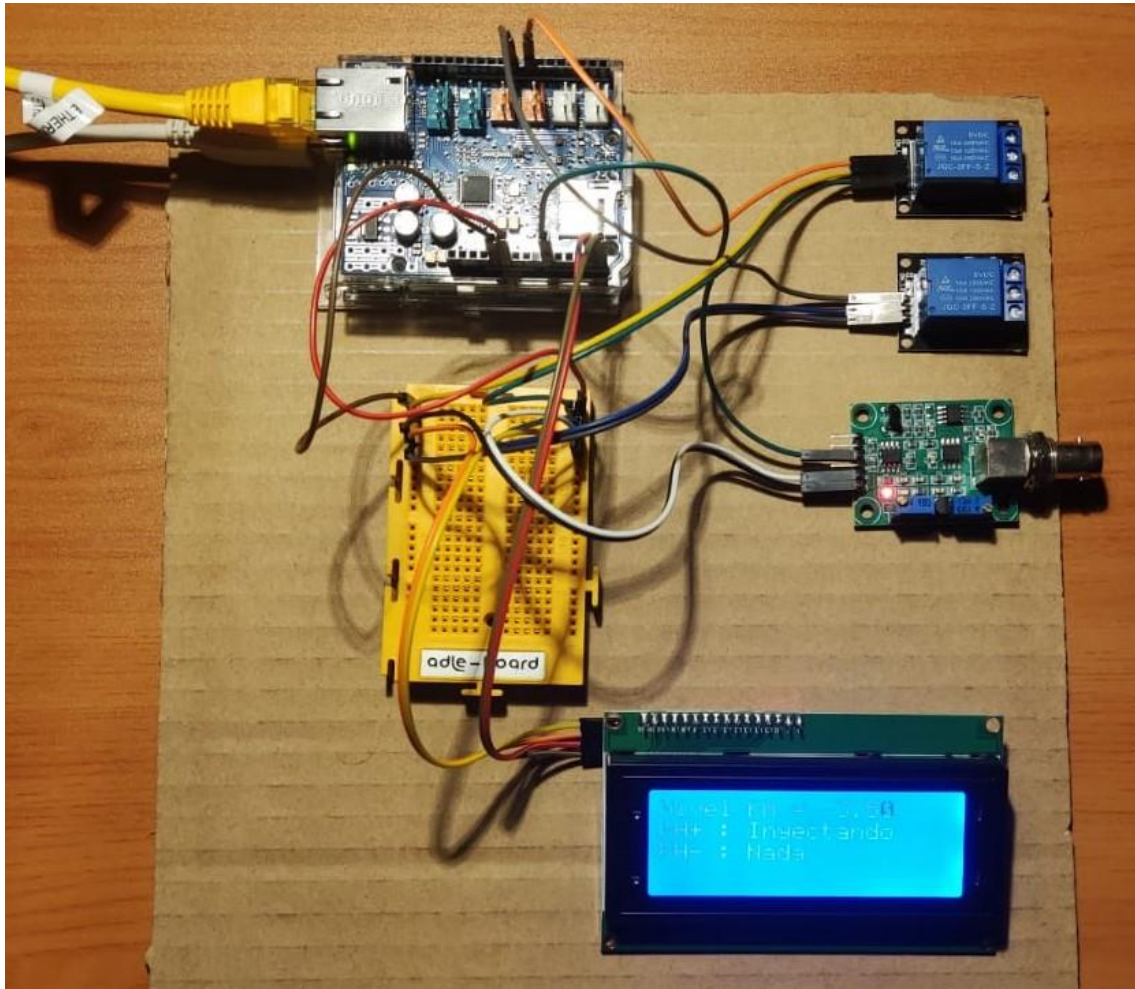


Imagen 27 Conexión Arduino

Para acabar mostraré en la imagen 29 como quedaría el sistema global con todo el cableado conectado y puesto en marcha.



*Imagen 28 Sonda calibración pH*

## 6. Implantación

---

Para saber qué pasos se deben establecer para la implantación de este proyecto se explicarán a continuación.

Para empezar, se tendría que saber la ubicación exacta donde se va a encontrar. Ya que este sistema es delicado y dependerá donde esté instalada la depuradora. Existen depuradoras que están a la intemperie o en interiores y dependiendo donde se encuentre ubicada las inclemencias meteorológicas deberíamos tenerlas en cuenta, ya que, si no podría estropear el sistema, dejándolo inutilizado.

Una vez elegida la ubicación del sistema realizaríamos el conexionado de todo el sistema desde el cableado hasta las tuberías de conexión que realizan la medición del pH mediante las sondas como el conexionado de los relés con las bombas peristálticas capaces de modificar el nivel del pH para que se ubique dentro del rango preestablecido por nosotros.

Una vez acabada las pruebas realizaríamos el inspeccionado de todo el sistema para comprobar que no existen fugas de agua en el sistema y que todos los dispositivos funcionan correctamente.

El siguiente paso sería el ajuste de la sonda de pH para que las lecturas que proporcione sean las más precisas. Para realizar el ajuste de la sonda primero de ello se debe hacer un corto en el conector BNC para que su voltaje sea de 2.5V.

Para modificar este voltaje se debe de girar un tornillo situado en el controlador de la sonda hasta que se consiga la lectura de 2.5V. Una vez realizado este paso, pondríamos en 3 vasos distintos la misma cantidad de agua y en cada uno de ellos se introduciría un producto químico que se utiliza para comprobar que la medición del pH de la sonda es el adecuado; en caso contrario se tendría que desechar esa sonda.

Para acabar, se le explicaría al usuario el mantenimiento que ha de realizar sobre el sistema, siendo el único de ellos la calibración de la sonda de pH y la comprobación de los niveles de los productos químicos para regular el pH. Por todo ello no tiene una gran complicación para el usuario y se podría despreocupar del estado de la piscina ya que tendría ubicado todo en un mismo punto que a simple vista podría comprobar.

## 7. Pruebas

---

En este capítulo se van a desarrollar las pruebas para comprobar que todo el sistema funciona correctamente para el uso que fue pensado. Es por ello por lo que para realizar este apartado se va a explicar dónde se va a realizar la instalación del mismo.

Esta instalación será realizada en el sistema de depuradora que existe ya en la piscina. Por ello, en este apartado explicaré brevemente el funcionamiento de cómo está la instalación de la depuradora mostrada para así después explicar dónde se va a instalar y cómo conectar.

En la siguiente imagen 29 se puede apreciar que posee cuatro llaves de color rojo en la parte superior siendo cada una de ellas: Skimmer, limpia fondos y sumidero. La llave más a la izquierda es la llave de retorno, por donde acaba volviendo el agua.

Después pasa a la bomba que hace circular el agua y a continuación pasa por el selector que permite hacer varias funciones.

A continuación, pasa por el filtro el agua, que es un filtro de acero inoxidable, para acabar retornando a la piscina ya filtrado.



*Imagen 29 Depuradora*

## Sistema para el control automatizado del nivel de pH en piscinas

Para la comprobación de la sonda de pH existen unos sobres que disueltos en agua permiten el calibrado de la sonda. Por ello muestro en la imagen 30 el tipo de sobre al que me refiero.

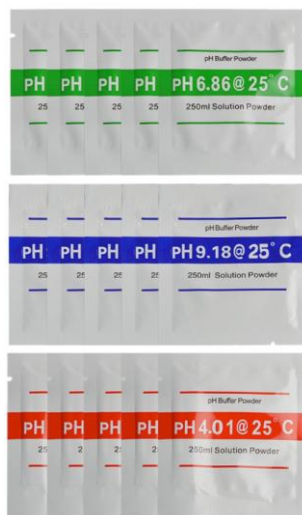


Imagen 30 Sobres pH

Para esta prueba de la sonda, como se puede apreciar en la siguiente imagen 31 se disponen de 3 vasos con los distintos sobres. Según las instrucciones del producto, se deben de poner cada sobre con 250 ml de agua, para después realizar la lectura y comprobar que está correcto.

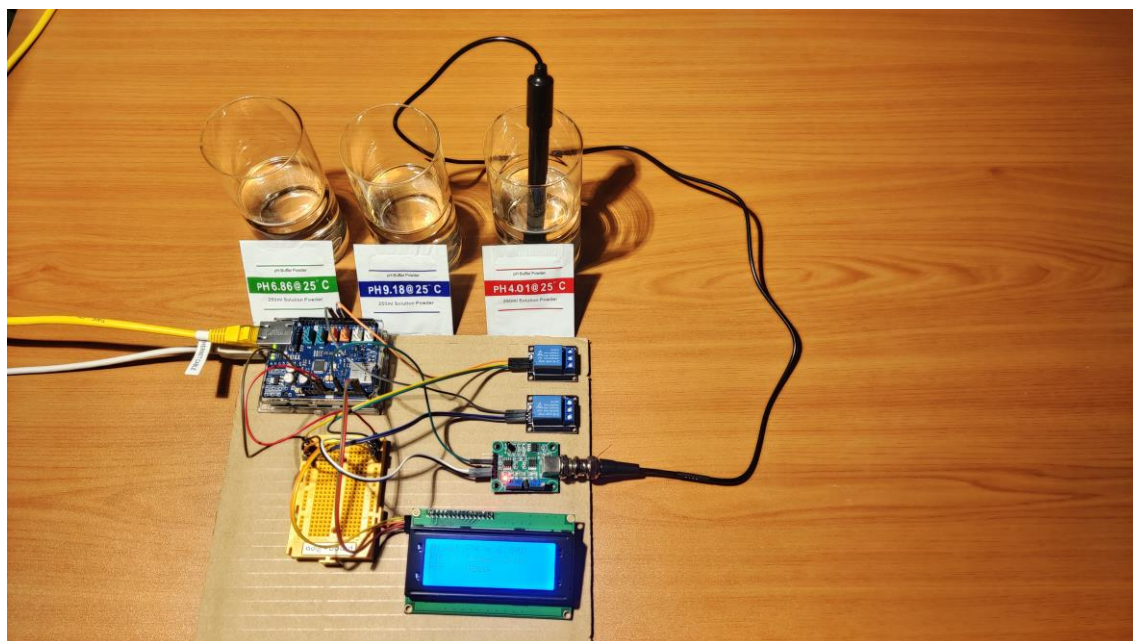


Imagen 31 Prueba calibración sonda pH



## 8. Conclusiones

---

El trabajo realizado en este proyecto ha sido pensado y desarrollado a lo largo de estos meses al acabar las asignaturas junto con la realización de las prácticas extracurriculares realizadas en Orbita Ingeniería.

Como se ha podido ver a lo largo de todo el proyecto donde se ha explicado punto por punto el desarrollo de este proyecto que automatiza el control del pH de la piscina va a causar una disminución del uso de agentes químicos para mantener la piscina en el mejor estado posible.

Los procesos anteriores utilizados, no eran capaces de mantener la piscina en el estado óptimo, ya que está ubicada en un lugar remoto en el cual solo vamos los fines de semana.

Por ello nos va a permitir despreocuparnos un poco, ya que este valor añadido se realizará de forma automática, sin estar pendientes para no tener que desperdiciar esa agua o tirarla para limpiar la piscina con productos más agresivos, tanto para el agua como las paredes de la piscina para quitar las algas.

Se ha podido comprobar a lo largo de este proyecto que toda la metodología y recursos empleados está detallado en foros y diversas páginas web las cuales facilitan que cada persona pueda crear sus propios proyectos y modificar los ya existentes. Por ello la creación de la parte de software como hardware ha requerido de investigación por mi parte para seleccionar lo que mejor se adaptaba a las necesidades de lo que tenía en mente, para que su coste no se disparara y lo sobredimensionara en exceso siendo de inutilidad, ya que el coste se hubiese disparado innecesariamente.

Gracias al desarrollo de este proyecto y la compra del hardware usado, que en el caso de las bombas peristálticas su coste es muy grande para la realización de este proyecto. A la larga la disminución del costo que me va a suponer la reducción del uso de productos químicos se va a ver recompensado por el uso de este proyecto.

En definitiva, estoy muy orgulloso de haber orientado este proyecto al mantenimiento de la piscina que con muchos quebraderos de cabeza y también con mucho esfuerzo me ha supuesto la realización de este proyecto. También me han surgido dudas que he ido solventando con la ayuda de amigos y familiares los cuales me han ido orientando sobre como tenía que actuar ante los diferentes problemas, lo cual me ha resultado muy gratificante ampliar mis conocimientos que no hubiese conocido de no ser por este proyecto.

Finalmente, también agradecer a mi tutor de este proyecto, además de haber sido mi profesor en tercero de carrera en la asignatura DSD (Diseño de Sistemas Digitales), ya que sin él no hubiese sido posible la realización de este TFG.

### 8.1 Relación del trabajo desarrollado con los estudios cursados

Este apartado es muy importante su explicación porque se demuestra que todos los conocimientos adquiridos durante todos los años cursados en la carrera de informática tienen un valor importante en el desarrollo de este y otros proyectos futuros, los cuales nos permiten saber encontrar la forma más rápida y correcta para el desarrollo e integración de este.

Este TFG se encontraría dentro de la rama que he cursado que es Ingeniería de Computadores, ya que es la rama que más me causa curiosidad, porque integras tanto el software como el hardware y te das cuenta de los requisitos reales que son necesarios para el desarrollo de proyecto.

Dentro de esta rama, la asignatura que más se asemeja a la utilización de desarrollo de la plataforma de Arduino sería la asignatura de DSD (Diseño de Sistemas Digitales), el cual se utilizó un lenguaje de programación desconocido por mí, llamado VHDL. Esta asignatura fue impartida por mi tutor de TFG, David.

Como se ha podido comprobar durante todo el desarrollo del TFG los lenguajes utilizados en este proyecto han sido C++ y un poco de HTML, los cuales son gastados en distintas asignaturas durante los cursos de segundo, tercero y cuarto.

Me gustaría remarcar que la conexión de los distintos componentes es obtenida en una asignatura durante el primer curso de la carrera, en la que por ejemplo teníamos una práctica en la que realizamos un contador numérico.

En resumen, la carrera que he cursado me ha cambiado mi forma de solventar problemas y como enfrentarme a ellos debido al conocimiento que he ido adquiriendo a lo largo de estos años, el cual me ha costado mucho pero que he disfrutado y aparte he ido conociendo a gente la cual me ha hecho mejor persona.

## 9. Trabajos futuros

---

Llegados a este punto, como posibles ampliaciones sobre este proyecto, tenía pensado unas cuantas mejoras que debido a la falta de tiempo que existe para la realización del proyecto no han podido ser llevadas a cabo. A continuación, detallaré que aspectos se me han ocurrido para su posible ampliación.

La primera idea que me surgió es la de crear una aplicación Android en la que se mostraría una interfaz detallando todos los detalles de la piscina como pueden ser las horas de activación de la depuradora, su modificación dependiendo de si es en verano o invierno, ya que dependiendo de la estación del año se necesita mayor tiempo de horas de funcionamiento para que esté en estado óptimo.

Además, podría mostrar el estado de la sonda de pH para su recambio ya que de media según he podido leer en diferentes páginas web su duración se estima alrededor de un año aproximadamente, es por ello por lo que es conveniente mostrar el porcentaje que le queda de vida.

Otra ampliación sería la de añadir otra sonda, pero orientada al control del cloro. Esta sonda se llama sonda de Redox [22] y es la encargada de gestionar el nivel de cloro que tendría en la piscina.

La configuración del programa en sí y la instalación en Arduino no difiere en lo que he hecho y pienso que la introducción de esta sonda englobaría todo el sistema que debería tener una piscina para ser completamente autónoma para su mantenimiento.

Lo único que tendría que hacer el usuario que tenga este sistema sería el encargado de ir comprobando los niveles de pH+, de pH- y del cloro, para que siempre tenga producto químico que le permita controlar a Arduino.

A continuación, muestro la sonda de Redox que no difiere de la de pH.



*Imagen 32 Sonda Redox.*

Además de todo lo anterior explicado se podría conectar sensores de niveles de líquidos que te vayan informando de cuanto porcentaje te queda de cada producto químico, así solo desde la App se te informaría en caso necesario de reposición de x producto.

A continuación, muestro una imagen del producto apropiado para la aplicación de este valor añadido al proyecto.



*Imagen 33 Sonda nivel líquidos.*

Todos estos trabajos futuros facilitan enormemente el mantenimiento al usuario, ya que solo se tendría que preocupar de mantener y añadir productos químicos. En conjunto de estas posibles mejoras se tendría un producto único y exclusivo el cual sería bastante económico y a disposición de todo el público que quisiese.

## 10. Referencias

---

- [1] Mónica G. Moreno, “Alquiler de piscinas privadas, un mercado en auge en España”, 28 de junio de 2021 [En línea] Disponible: <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/11291886/06/21/Alquiler-de-piscinas-privadas-un-mercado-en-auge-en-Espana.html>. [Último acceso: 22 de noviembre de 2021].
  
- [2] Pablo Ramos, “En España hay una piscina por cada cuarenta personas”, 20 de junio de 2020 [En línea] Disponible: <https://noticias.eltiempo.es/en-espana-hay-una-piscina-por-cada-cuarenta-personas/> [Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
  
- [3] Cristina Vaquerizo, “Todo lo que debes saber de la cloración salina”, 12 de abril de 2020 [En línea] Disponible: <https://piscinas-oscer.es/todo-lo-que-debes-saber-de-la-cloracion-salina> [Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
  
- [4] Arduino Store, “Arduino Uno Rev3”, 2003 [En línea] Disponible: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/> [Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
  
- [5] Arduino Store, “Arduino Ethernet Shield”, 2003 [En línea] Disponible: <https://store.arduino.cc/products/arduino-ethernet-shield-2> [Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
  
- [6] David Cervantes Caballero, “Cómo usar un sensor de pH con Arduino”, 10 de marzo de 2017 [En línea] Disponible: <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/> [Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
  
- [7] Física con Arduino, “Pantalla LCD I2C”, 2018 [En línea] Disponible: <https://fisica-arduino.gitbook.io/sensores/salida/pantalla-lcd-i2c> [Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
  
- [8] Autor desconocido, “How to use a PH prove and sensor” [En línea] Disponible: <https://cdn.awsli.com.br/969/969921/arquivos/ph-sensor-ph-4502c.pdf> [Último acceso: 25 de noviembre de 2021].



- [9] Wikipedia, “Internet de las cosas”, 2020 [En línea] Disponible:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Internet\\_de\\_las\\_cosas](https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas)  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [10] AstralPool, “Manual de usuarios”, 2017 [En línea] Disponible:  
[https://gestor-doc-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/documents/category/manual\\_astralpool\\_es-201013.pdf](https://gestor-doc-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/documents/category/manual_astralpool_es-201013.pdf)  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [11] ONU, “Objetivos de desarrollo sostenible”, 2015 [En línea] Disponible:  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [12] Amazon, “tiras de papel reactivas al pH”, 2018 [En línea] Disponible:  
[https://www.amazon.es/ECENCE-tornasol-medici%C3%B3n-%C3%A1cido-alcalino-12020101/dp/B07BQRC523/ref=sr\\_1\\_6?mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=25BJFOJ6PB3RT&keywords=tiras+de+papel+reactivas+de+ph&qid=1638028600&qsid=259-5370045-4946828&s=industrial&sprefix=tiras+de+pape%2Cindustrial%2C178&sr=1-6&sres=B079K71HJM%2CB083BRSPMT%2CB07BQRC523%2CB07GQT7CPP%2CB014J9WQVS%2CB089VDGQGW%2CB09DD142P8%2CB08P54VWF7%2CB09DCNMT3W%2CB07Q4V1BLG%2CB07BLZK3NY%2CB07RHVG7YF%2CB00CLRB5HW%2CB08LPPSHY6%2CB07HJ1MZZ7%2CB077SJF6MS%2CB018GIAoCK%2CB088LGYPMK%2CB09H71D36D%2CB078CQHCH](https://www.amazon.es/ECENCE-tornasol-medici%C3%B3n-%C3%A1cido-alcalino-12020101/dp/B07BQRC523/ref=sr_1_6?mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=25BJFOJ6PB3RT&keywords=tiras+de+papel+reactivas+de+ph&qid=1638028600&qsid=259-5370045-4946828&s=industrial&sprefix=tiras+de+pape%2Cindustrial%2C178&sr=1-6&sres=B079K71HJM%2CB083BRSPMT%2CB07BQRC523%2CB07GQT7CPP%2CB014J9WQVS%2CB089VDGQGW%2CB09DD142P8%2CB08P54VWF7%2CB09DCNMT3W%2CB07Q4V1BLG%2CB07BLZK3NY%2CB07RHVG7YF%2CB00CLRB5HW%2CB08LPPSHY6%2CB07HJ1MZZ7%2CB077SJF6MS%2CB018GIAoCK%2CB088LGYPMK%2CB09H71D36D%2CB078CQHCH)  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].

- [13] Amazon, “test básico pH”, 2021 [En línea] Disponible:

[https://www.amazon.es/TIENDA-EURASIA%C2%AE-Test-B%C3%A1sico-Piscinas/dp/B094DWDY8Y/ref=sr\\_1\\_4?keywords=kit+ph&qid=1638028430&qsid=259-5370045-4946828&sr=8-4&sres=B00J4JLOF8%2CB094DWDY8Y%2CB00EKB11BW%2CB001982AVY%2CB087GF158T%2CB09249Q8T1%2CB096XB7ZZH%2CB00FORSGHI%2CB088LVFMYV%2CB087WHRRW7%2CB07T8GGP35%2CB09195P62S%2CB074J72CYP%2CB08BPBDFSK%2CB091C5DWJX%2CB07D33CNF6%2CB08CMQF2KW%2CB09CNZ1PX8%2CB00JY9PWV0%2CB0922NYB1M](https://www.amazon.es/TIENDA-EURASIA%C2%AE-Test-B%C3%A1sico-Piscinas/dp/B094DWDY8Y/ref=sr_1_4?keywords=kit+ph&qid=1638028430&qsid=259-5370045-4946828&sr=8-4&sres=B00J4JLOF8%2CB094DWDY8Y%2CB00EKB11BW%2CB001982AVY%2CB087GF158T%2CB09249Q8T1%2CB096XB7ZZH%2CB00FORSGHI%2CB088LVFMYV%2CB087WHRRW7%2CB07T8GGP35%2CB09195P62S%2CB074J72CYP%2CB08BPBDFSK%2CB091C5DWJX%2CB07D33CNF6%2CB08CMQF2KW%2CB09CNZ1PX8%2CB00JY9PWV0%2CB0922NYB1M)

[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].

- [14] Amazon, “medidor electrónico pH”, 2021 [En línea] Disponible:

[https://www.amazon.es/Dustgo-port%C3%A1til-Temperatura-precisi%C3%B3n-confiable/dp/B09195P62S/ref=sr\\_1\\_12?mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3UDPTGO8FM61J&keywords=medidor+electronico+ph&qid=1638028738&qsid=259-5370045-4946828&sprefix=medidor+electronico+p%2Cindustrial%2C178&sr=8-12&sres=B087GF158T%2CB0924CMJ5Y%2CB08XB4L43J%2CB09GMWH93Y%2CB0833ZK1B1%2CB09HPXW4V2%2CB091C5DWJX%2CB07XCTNS6M%2CB0956GZVR5%2CB09195P62S%2CB08JLFL1JL%2CB00JY9PWV0%2CB075J888J7%2CB09BF1KCGD%2CB08L8QNR59%2CB095RSG96Z%2CB082K8K23G%2CB0915XV3QY%2CB088H1DPMB%2CB087CS6XSC](https://www.amazon.es/Dustgo-port%C3%A1til-Temperatura-precisi%C3%B3n-confiable/dp/B09195P62S/ref=sr_1_12?mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3UDPTGO8FM61J&keywords=medidor+electronico+ph&qid=1638028738&qsid=259-5370045-4946828&sprefix=medidor+electronico+p%2Cindustrial%2C178&sr=8-12&sres=B087GF158T%2CB0924CMJ5Y%2CB08XB4L43J%2CB09GMWH93Y%2CB0833ZK1B1%2CB09HPXW4V2%2CB091C5DWJX%2CB07XCTNS6M%2CB0956GZVR5%2CB09195P62S%2CB08JLFL1JL%2CB00JY9PWV0%2CB075J888J7%2CB09BF1KCGD%2CB08L8QNR59%2CB095RSG96Z%2CB082K8K23G%2CB0915XV3QY%2CB088H1DPMB%2CB087CS6XSC)

[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].

- [15] Fluideco, “Tipo de bombas peristálticas”, 2019 [En línea] Disponible:

<https://fluideco.com/que-es-una-bomba-peristaltica/>

[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].

- [16] Wikipedia, “Bombas de membrana”, 2007 [En línea] Disponible:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_de\\_membrana](https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_membrana)

[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].



- [17] AstralPool, “Bomba peristáltica”, 2021 [En línea] Disponible:  
<https://www.astralpool.com/es/productos/piscina/dosificacion-regulacion-y-automatizacion-1/bombas-dosificadoras-4/bombas-dosificadoras-peristalticas-2/control-basic-3/>  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [18] CTX, “Bomba de membrana”, 2021 [En línea] Disponible:  
<https://www.ctxprofessional.com/es/productos/dosing-measuring-regulation-automation-2/bombas-dosificadoras-3/bombas-dosificadoras-de-membrana-1/bomba-de-membrana-class-on-off-3/>  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [19] AstralPool “Equipos salinos”, 2021 [En línea] Disponible:  
<https://www.astralpool.com/es/productos/piscina/equipos-de-desinfeccion/equipos-de-electrolisis-de-sal/equipos-in-line/elite-connect/>  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [20] Arduino “Arduino”, 2018 [En línea] Disponible:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [21] RaspBerry Pi “RaspBerry PI”, 2018 [En línea] Disponible:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].
- [22] Outlet-Piscinas “Sonda Redox”, 2021 [En línea] Disponible:  
<https://www.outlet-piscinas.com/electrodo-redox>  
[Último acceso: 25 de noviembre de 2021].



[23] Arduino “Arduino Ethernet Shield WebServer”, 2021 [En línea] Disponible:

<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/LibraryExamples/WebServer>

[Último acceso: 28 de noviembre de 2021].