

# Smart Pool

Rocío Belén Fernández<sup>1</sup>, Camila Julieta Forestiero<sup>1</sup>, Franco Ariel Kowalski<sup>1</sup>,  
Facundo Toloza<sup>1</sup>  
43875244, 40137584, 41893248, 40254191  
Lunes, Grupo N° 3

<sup>1</sup>Universidad Nacional de La Matanza,  
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas,  
Florencio Varela 1903 - San Justo, Argentina

**Resumen.** El proyecto de Smart Pool consiste en la creación de un sistema automatizado para el monitoreo y control de una piscina. Utilizando sensores de temperatura, nivel de agua y luminosidad, junto con actuadores como bombas y luces LED, el sistema asegura una gestión eficiente y segura de la pileta. Se enfoca en optimizar el mantenimiento, mejorar la seguridad de los componentes del sistema y proporcionar comodidad al usuario.

**Palabras claves:** Piscina, automatización, sensores, actuadores, filtrado, drenaje.

## 1 Introducción

El proyecto Smart Pool presenta una solución innovadora para el monitoreo y control automatizado de piscinas, dirigido a optimizar el mantenimiento, mejorar la seguridad de los componentes y brindar comodidad al usuario. Este sistema integra una variedad de sensores, incluyendo temperatura del agua, nivel de agua y luz ambiental, junto con actuadores como bombas y luces LED RGB. A través de una aplicación móvil, los usuarios pueden gestionar remotamente el ciclo de filtrado y la iluminación de la piscina, proporcionando una experiencia personalizada y conveniente.

Los sensores desempeñan un papel crucial en el funcionamiento del sistema, permitiendo la monitorización en tiempo real de factores clave como la temperatura del agua y el nivel de agua. Por ejemplo, el sensor de temperatura del agua ajusta los ciclos de filtrado según las condiciones climáticas, evitando problemas como la estratificación térmica en verano. El sensor de nivel de agua proporciona información vital sobre el estado del sistema de filtrado y bombeo, previniendo posibles daños causados por la entrada de aire en la bomba debido a niveles bajos de agua.

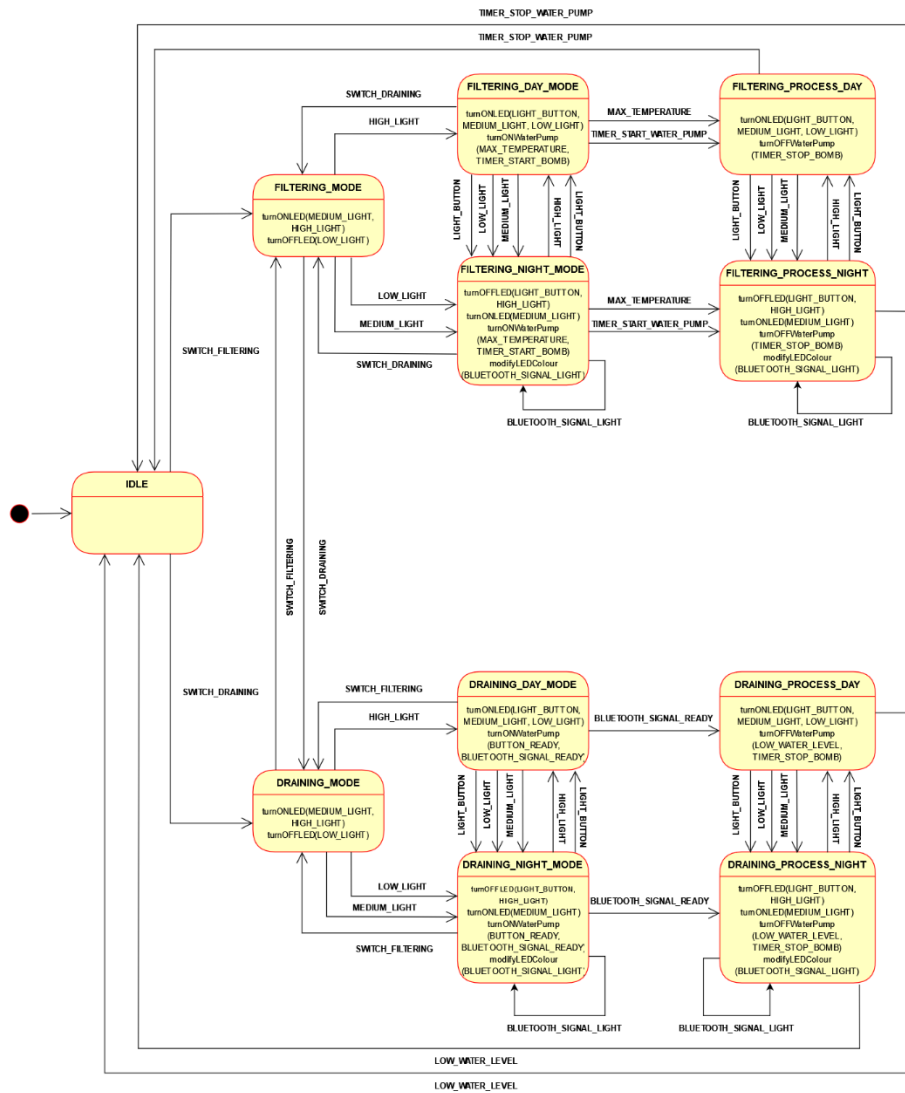
Además, el sistema incorpora actuadores como la bomba de filtrado y las luces LED RGB, que pueden ser controlados de forma remota a través de la aplicación móvil. La bomba de filtrado se activa según la programación configurada por el usuario,

garantizando una gestión eficiente del ciclo de filtrado. Por otro lado, las luces LED RGB ofrecen la posibilidad de personalizar la iluminación de la piscina, proporcionando un ambiente adecuado para diferentes ocasiones, incluso durante la noche con un modo especial de iluminación nocturna.

En resumen, el proyecto Smart Pool ofrece una solución completa y robusta para la automatización y gestión de piscinas, aprovechando la tecnología de sensores y actuadores junto con una interfaz intuitiva a través de una aplicación móvil. Con un enfoque en la eficiencia, seguridad y comodidad del usuario, este sistema representa un avance significativo en el mantenimiento y disfrute de las piscinas residenciales.

## 2 Desarrollo

### Diagrama de Estados



#### Posibles Estados

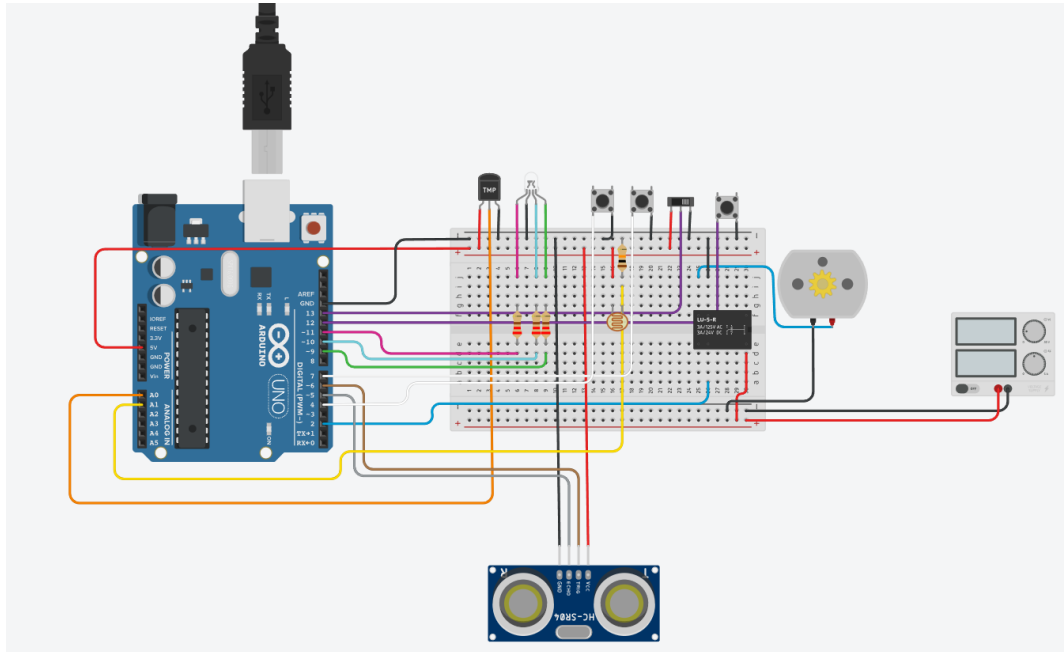
- IDLE: El sistema embebido se encuentra en espera de determinar el modo de la bomba de agua, no realiza ninguna acción.
- DRAINING\_MODE: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de drenaje.
- DRAINING\_DAY\_MODE: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de drenaje y, como se detecta una gran cantidad de luz, las luces LED se encuentran apagadas.
- DRAINING\_PROCESS\_DAY: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de drenaje y, como se detecta una gran cantidad de luz, las luces LED se encuentran apagadas. Además, la bomba de agua se encuentra encendida realizando el drenaje del agua de la pileta.
- DRAINING\_NIGHT\_MODE: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de drenaje y, como se detecta poca cantidad de luz, las luces LED se encuentran prendidas.
- DRAINING\_PROCESS\_NIGHT: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de drenaje y, como se detecta poca cantidad de luz, las luces LED se encuentran prendidas. Además, la bomba de agua se encuentra encendida realizando el drenaje del agua de la pileta.
- FILTERING\_MODE: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de filtrado.
- FILTERING\_DAY\_MODE: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de filtrado y, como se detecta una gran cantidad de luz, las luces LED se encuentran apagadas.
- FILTERING\_PROCESS\_DAY: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de drenaje y, como se detecta una gran cantidad de luz, las luces LED se encuentran apagadas. Además, la bomba de agua se encuentra encendida realizando el filtrado del agua de la pileta.
- FILTERING\_NIGHT\_MODE: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de filtrado y, como se detecta poca cantidad de luz, las luces LED se encuentran prendidas.
- FILTERING\_PROCESS\_NIGHT: El sistema embebido se encuentra con el switch situado en el modo de filtrado y, como se detecta poca cantidad de luz, las luces LED se encuentran prendidas. Además, la bomba de agua se encuentra encendida realizando el filtrado del agua de la pileta.

#### Posibles Eventos

- SWITCH\_DRAINING: El switch correspondiente al modo de la bomba de agua se encuentra en la posición perteneciente al modo de drenaje.
- SWITCH\_FILTERING: El switch correspondiente al modo de la bomba de agua se encuentra en la posición perteneciente al modo de filtrado.
- HIGH\_LIGHT: El sensor de luz detecta que hay una gran cantidad de luz (luminosidad menor a 2).
- MEDIUM\_LIGHT: El sensor de luz detecta que hay una cantidad media de luz (luminosidad entre 2 y 3).

- LOW\_LIGHT: El sensor de luz detecta que hay una cantidad mínima de luz (luminosidad mayor a 3).
- LIGHT\_BUTTON: El pulsador correspondiente a las luces LED se encuentra presionado (se desea cambiar el modo día a noche o viceversa).
- TIMER\_START\_WATER\_PUMP: Se detecta que se cumplió el tiempo requerido para que se prenda la bomba e inicie el filtrado del agua.
- TIMER\_STOP\_WATER\_PUMP: Se detecta que se cumplió el tiempo requerido para que se apague la bomba y finalice el filtrado del agua.
- MAX\_TEMPERATURE: El sensor de temperatura detecta una temperatura del agua mayor a 30° (se debe comenzar el filtrado para volver a normalizar la temperatura).
- LOW\_WATER\_LEVEL: Al medir la distancia entre el sensor ultrasónico y el agua, se detecta que se llegó a un nivel bajo de agua y sería perjudicial continuar con el drenaje de la pileta.
- BLUETOOTH\_SIGNAL\_READY: Se recibe una señal mediante Bluetooth de que la pileta se encuentra lista para comenzar el drenaje (determinado por el usuario).
- BLUETOOTH\_SIGNAL\_LIGHT: Se recibe una señal mediante Bluetooth de que se desea modificar el color de las luces LED (determinado por el usuario).
- EVENT\_CONTINUE: Al verificar algún tipo de evento, se llega a la conclusión de que no hubo cambios y el sistema embebido debe continuar comportándose de la misma forma.

## Diagrama de conexiones del Circuito



## Sensores

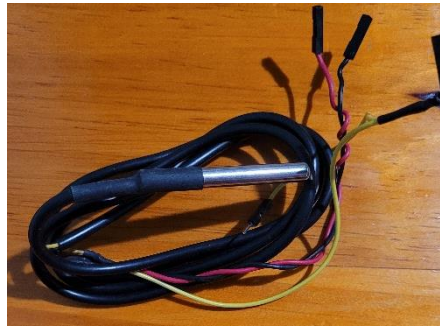
### Sensor de Temperatura (DS18B20)

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 protegerlo de la intemperie. Dado que es un sensor digital, la señal leída no se degrada debido a la distancia del cableado.

Especificaciones técnicas:

- Rango de temperatura: -55 a 125°C.
- Resolución: De 9 a 12 bits (configurable).
- Interfaz 1-Wire (Puede funcionar con un solo pin).
- Identificador interno único de 64 bits.
- Múltiples sensores puede compartir el mismo pin.
- Precisión:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$ ).
- Tiempo de captura inferior a 750 ms.
- Alimentación: 3.0 V a 5.5 V.

- Tubo de acero inoxidable de 6 mm de diámetro por 30 mm de largo.
- Largo del cable: 91 cm.
- Diámetro del cable: 4 mm.
- Se pueden conectar varios al mismo bus.



*Figura 1 - Sensor de Temperatura (DS18B2)*

#### **Sensor de Luminosidad (LDR GL5528)**

Un fotorresistor, o LDR por sus siglas en inglés (Light-Dependent Resistor) es un dispositivo cuya resistencia disminuye en función a la luz recibida. Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico. Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia (sulfuro de cadmio o Sulfato de Sodio). Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por las elasticidades del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta, y su hueco asociado, conducen la electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia. Los valores típicos varían entre  $1\text{ M}\Omega$ , o más, en la oscuridad y  $100\ \Omega$  con luz brillante. Las células son también capaces de reaccionar a una amplia gama de frecuencias, incluyendo infrarrojo (IR), luz visible, y ultravioleta (UV).

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de Operación: 3.3V
- 5V DC. - Salidas: Analógica y Digital TTL.
- Modelo Placa: FC-03 / FZ0888.
- Resistencia en luz (10 lux): 8K-20K Ohm
- Resistencia en oscuridad: 1M Ohm.
- Tipo de emisor: Fotodiodo IR.
- Tipo de detector: Fototransistor.
- Longitud de onda del emisor: 950 nm (infrarrojo).
- Peso: 8 gramos.
- Dimensiones: 3.2x1.4x0.7 cm.
- Ranura de 5mm.
- Comparador Opamp: LM393.
- LED indicador de alimentación LED indicador de pulso.

- Salida TTL ON: Sensor bloqueado.
- Salida TTL OFF: Sensor sin bloquear.



Figura 2 - Sensor de Luminosidad (LDR GL5528)

### Sensor de Distancia por Ultrasonido (HC-SR04)

Lo utilizaremos para medir el nivel del agua en la piscina para asegurar que esté siempre en el nivel adecuado.

El sensor de ultrasónico HC-SR04, es uno de los más conocidos por su performance, estabilidad y una precisión de alto rango. Su función es medir la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción. La distancia se puede calcular con la siguiente fórmula:  $Distancia\ L = 1/2 \times T \times C$ . Donde L es la distancia, T es el tiempo entre la emisión y la recepción, y C es la velocidad del sonido. La constante 1/2, se multiplica ya que T es el tiempo de recorrido de ida y vuelta.

Especificaciones técnicas:

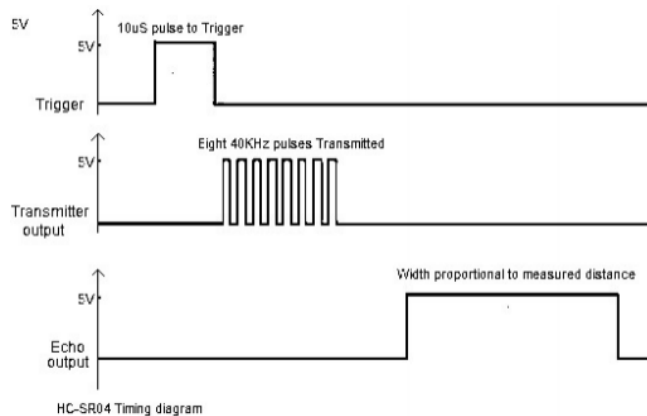
- Tensión de operación: +5v.
- Corriente nominal: 15mA.
- Rango: De 2cm a 400cm (Con un error de 3mm).
- Ángulo de medición: 15 grados.
- Compatible con TTL.
- Dimensiones: 45x20x15mm.

### Modo de Uso

En lo que refiere a su funcionamiento, partiendo de un tiempo cero, se transmite un pulso ultrasónico corto, el cual, en caso de impactar contra un objeto, hará que se refleje. El sensor recibe una señal y la convierte en una señal eléctrica. Al periodo de tiempo se lo conoce como "Periodo de Ciclo". El Periodo de Ciclo recomendado no debe ser menor a 50 milisegundos. Para operar se envía un pulso disparador (Trigger Pulse) de



10µs de ancho al pin de señal (Signal Pin). Esto hace que el módulo ultrasonido emita 8 pulsos de 40 KHz, y luego se detecta el eco que se produce en respuesta (si no se detecta un obstáculo, el pin de salida enviará una señal alta de 38 milisegundos).



Luego se mide este ancho de pulso y se calcula la distancia siguiendo la fórmula:

$$d [cm] = t [\mu s] / v_s \left[ \frac{\mu s}{cm} \right] / 2$$

Donde las variables son:

- d = distancia al objeto, en centímetros.
- t = ancho de pulso del eco, en microsegundos
- $v_s$  = velocidad del sonido, en microsegundos por centímetros

Esta fórmula sale de la definición de distancia, que es velocidad por tiempo. Al querer calcular la distancia a la que estamos del objeto, tenemos que recordar que el tiempo medido es el tiempo de ida y vuelta del pulso, por lo que se divide a la mitad el valor final. También invertimos las unidades de la velocidad para simplificar la fórmula dentro del código y no realizar cambio de unidades. El valor de la velocidad del sonido es 343 m/s. Por lo que obtenemos que la velocidad del sonido equivale a 29 microsegundos por centímetro aproximadamente, que es el valor que utilizamos en nuestra fórmula. Elegimos estas unidades ya que para medir el ancho de pulso utilizamos la función de Arduino “pulseIn”, que nos devuelve el ancho de un pulso de entrada de un pin de lectura en microsegundos. Al tener el ancho de pulso en microsegundos, decidimos modificar las unidades de la fórmula para que los valores de las constantes no sean ni muy grandes ni muy pequeños, y podemos guardar estas constantes en un entero.<sup>1</sup>

Siguiendo el principio de funcionamiento explicado, para realizar la medición del nivel del agua, el "objeto" es la superficie del agua. La señal que emite el sensor es de 40 KHz lo cual permite que rebote en el agua y podemos tomar la medida de distancia. Colocando el sensor en la parte superior de la piscina mirando hacia abajo hacia el agua. Luego se calcula la altura de esta desde el sensor hasta la base y restamos la distancia medida (del sensor a la superficie del agua) de la altura de la piscina para obtener el nivel actual del agua.



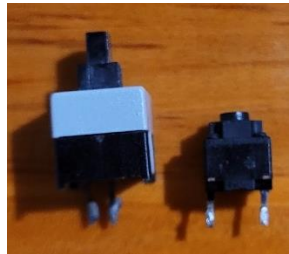
*Figura 3 - Sensor de Distancia por Ultrasonido (HC-SR04)*

## **Botones**

### **Pulsadores**

Es un interruptor que conecta dos contactos eléctricos cuando se presiona y los desconecta cuando se libera. Se suelen usar para enviar una señal digital a uno de los pines digitales del Arduino cuando se presionan.

Utilizaremos un botón para encender y apagar las luces LED, además de uno para modificar los colores de las luces LED y otro para confirmar el modo de drenaje cuando se cambie el estado del embebido. Estos dos últimos solo son para utilizar en la simulación, ya que esta funcionalidad se podrá ver en una versión posterior del proyecto.



*Figura 4 - Pulsadores*

### **Interruptor Switch (Slide)**

Tiene un actuador que se desliza en una posición fija entre ON y OFF. Cuando está en ON, cierra el circuito permitiendo el flujo de corriente; en OFF, abre el circuito deteniendo el flujo. Cuando el interruptor está en OFF, el pin se conecta a través del resistor a 5V, y la placa Arduino lee HIGH y; cuando está en ON, el pin se conecta directamente a GND, y el Arduino lee LOW. En este caso, lo utilizaremos para cambiar el modo de filtrado o drenaje del circuito.

## Actuadores

### Acoplador Electromecánico (Relé)

Un relé es un dispositivo electromecánico que permite a un Sistema Embebido controlar cargas a un nivel tensión o intensidad muy superior a las que su electrónica puede soportar. Por ejemplo, con una salida por relé podemos encender o apagar cargas de corriente alterna a 220V e intensidades de 10A, lo cual cubre la mayoría de los dispositivos domésticos que conectamos en casa a la red eléctrica. Las salidas por relé son muy frecuentes en el campo de la automatización de procesos, y casi todos los autómatas incluyen salidas por relé para accionar cargas como motores, bombas, climatizadores, iluminación, o cualquier otro tipo de instalación o maquinaria. Físicamente un relé se comporta como un interruptor “convencional” pero que, en lugar de accionarse manualmente, es activado de forma electrónica. Los relés son aptos para accionar cargas tanto de corriente alterna como continua. Lo utilizaremos en la activación y desactivación de la bomba de agua para el mantenimiento adecuado de la piscina.

El circuito primario se conecta con la electrónica de baja tensión y recibe la señal de encendido y apagado. El circuito secundario es el interruptor encargado de encender o apagar la carga con diferente potencial. Al ser dispositivos electromecánicos que requieren el movimiento de componentes interno para su funcionamiento el tiempo de conmutación de un relé es elevado, del orden de 10ms. Como consecuencia los relés no pueden usarse con una señal PWM, ni otro tipo de señales de frecuencia media-alta.

Especificaciones técnicas:

- Tensión de Operación: 5V DC.
- Señal de Control: TTL N.º de Relays: 1.
- Capacidad máx: 10A/250V (AC), 10A/30V (DC).
- Corriente máx: 10A (NO), 5A (NC).
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms.



Figura 5 - Acoplador Electromecánico (Relé)

### **Bomba de Agua Sumergible**

En las bombas sumergibles, el motor se encuentra sellado en un encapsulado, por lo que toda la bomba se introduce en el agua, lo que evita tener una tubería de aspiración. La utilizaremos conectada al relé para poder encenderla y apagarla como describimos en la sección anterior.

Especificaciones técnicas:

- Modo de copropulsión: Sin escobillas, de diseño magnético de conducción
- Material: Plástico
- Diámetro: 24mm
- Longitud: 46mm
- Altura: 33mm
- Tamaño de salida: 7.5mm
- Tamaño de entrada: 5mm
- Gama del voltaje: 3 V-4.5 V
- Caudal: 80-120L/H
- Potencia: 0.4-1.5 w



*Figura 6 - Bomba de agua sumergible*

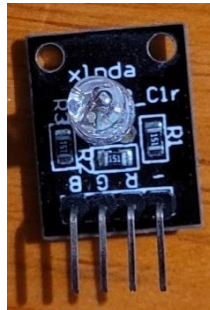
### **Luces (LED RGB)**

Nos permitirán el control de la iluminación de la piscina para crear ambientes personalizados. Los LEDs se presentan encapsulados en una cúpula de resina de color transparente (comúnmente de 5mm) que tiene cuatro pines: el más largo es de polaridad negativa y se denomina ánodo, los más cortos son de polaridad positiva y se denominan cátodo, en este caso representan el cátodo de R, G y B. Mediante estas patas se indicará la forma en la que el LED debe ser conectado al circuito.

Especificaciones técnicas:

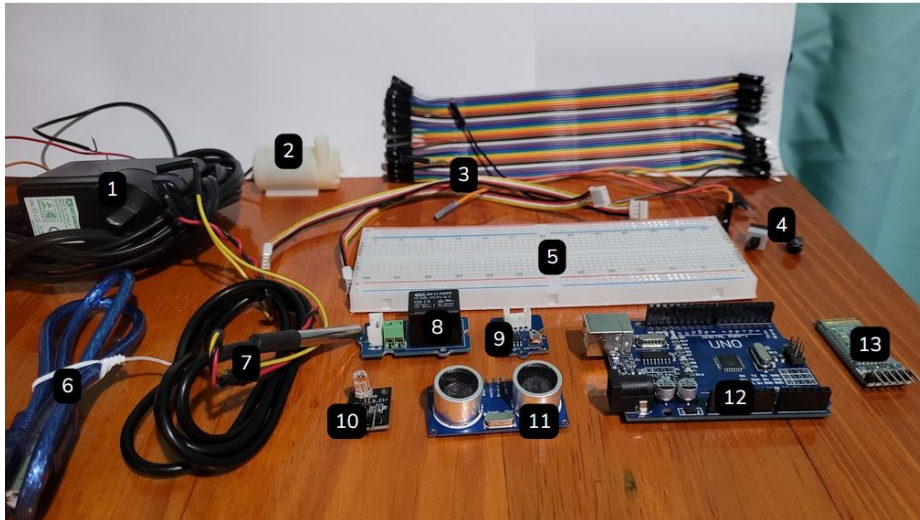
- Color: RGB
- Tensión de entrada: Rojo 2.0-2.2v, Verde 3.2-3.4v, Azul 3.0-3.2v
- Longitud de onda: R:625 - G:525 - B:465 nm.

- Cátodo común. - Rango temperatura: -40° a 70 °
- Ángulo de apertura: 30 grados
- Amplio ángulo de visión
- Brillo excepcional: Ultrabrillante
- Encapsulado transparente
- De alta intensidad luminosa
- Bajo voltaje
- Dispositivo sin mercurio y plomo
- Efecto de 7 colores
- Diámetro: 5 mm
- Número de patas: 4
- Dimerizable



*Figura 7 - LED RGB*

### Lista Completa de Componentes



*Figura 8*

1. Fuente de alimentacion externa – 5V
2. Bomba de agua sumergible
3. Cables
4. Botones
5. Protoboard
6. USB tipo B
7. Sensor de Temperatura
8. Rele
9. Fotoresistencia
10. LED RGB
11. Sensor de ultrasonido HC-SR04
12. Placa Arduino UNO
13. Placa Bluetooth HC05

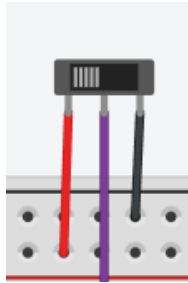
## Manual de usuario del embebido simulado

URL al proyecto en Tinkercad: [Smart Pool - Tinkercad](#)

### Estados y componentes del circuito:

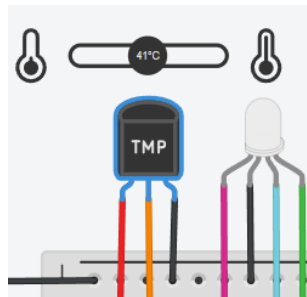
- Modo filtrado habitual.

Para iniciar el filtrado, mover el interruptor a la primera posición (modo filtrado) y, dependiendo de la luminosidad, estará en modo día o noche. Luego, dependiendo del timer seteado, iniciará la bomba, apagándola al finalizar el tiempo.



- Modo filtrado por máxima temperatura

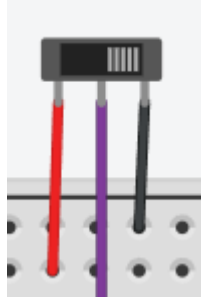
Mientras esté en modo filtrado, ante una temperatura superior a 30°, activará la bomba hasta que la termine el timer programado para esta situación.



- Modo desagote habitual.

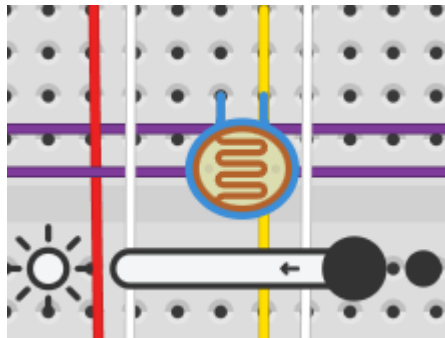
Para iniciar el desagote, el interruptor está en la segunda posición (modo desagote), y por señal Bluetooth se iniciará el desagote, hasta que sea interrumpido por el usuario o se alcance un nivel bajo de agua.





- Modos DAY/NIGHT

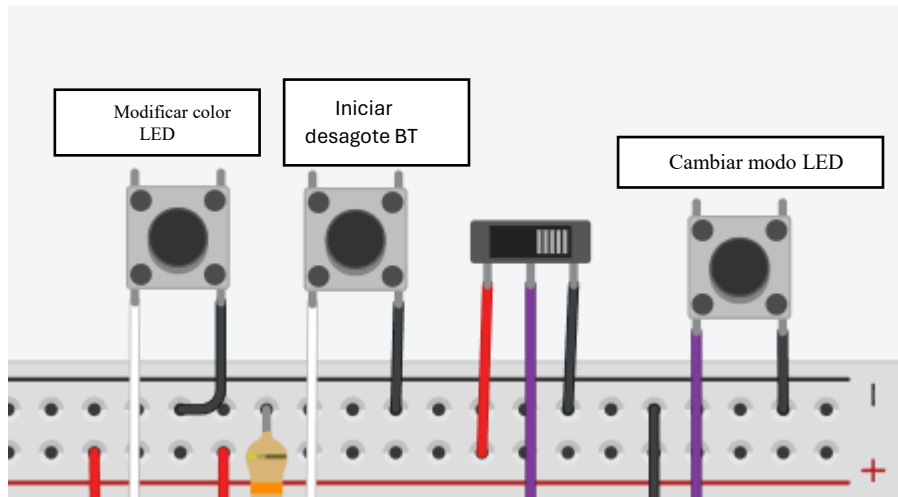
Tanto para los procesos de filtrado y desagote, dependiendo de la lectura del sensor de luminosidad, pasará de un modo a otro. Si se detecta poca luz, estará en los modos NIGHT y enciende las luces LED, y al detectar mucha luz, estará en los modos DAY, desactivando las luces.



Ejemplo de modo noche, detecta poca luz.

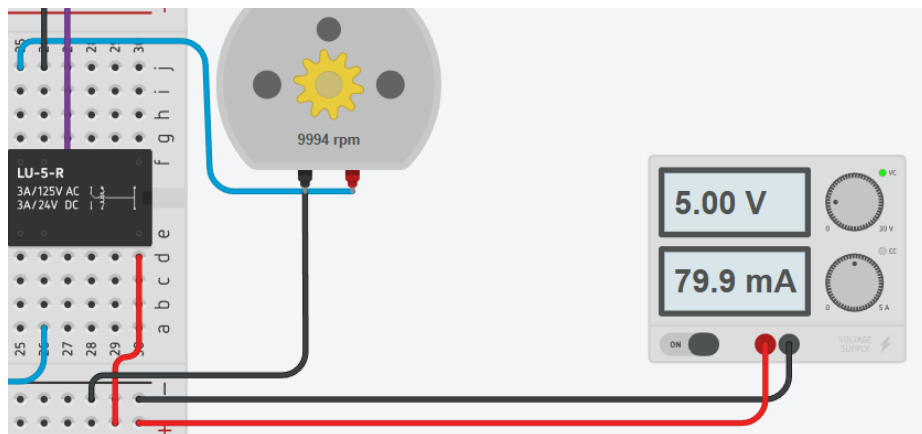
- Encendido de luces

Mediante los modos DAY / NIGHT, se configura el encendido de los mismos. Aunque se podrán encender las luces también por Bluetooth o por el Boton.



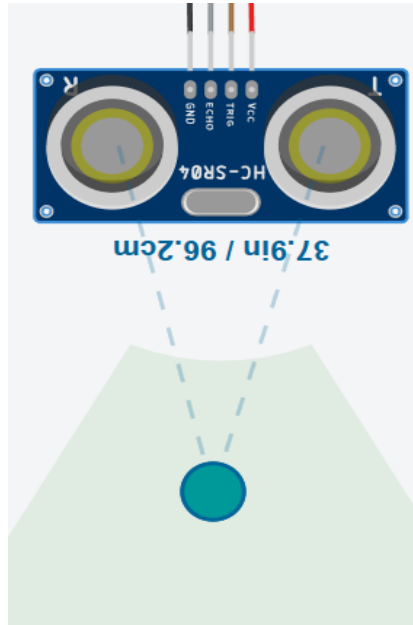
- Motor CC

Simulará la bomba de agua sumergible. Esta misma estará alimentada por una fuente de 5V (con 2.5A) y mediante un relé se encenderá o apagará.



- Sensor ultrasónico

Permitirá medir el nivel de agua, con el cual el sistema decidirá si realizará el filtrado o desagote. Si los niveles de agua son bajos, el sistema no deberá realizar ninguna acción de filtrado/drenaje. El nivel bajo de agua dependerá de la profundidad de la pileta, la cual se setea en el momento de instalar el producto.



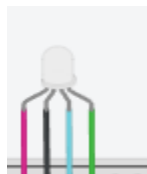
### Ejemplo de uso:

Para utilizar el embebido, debemos ingresar al link del Tinkercad, una vez allí, iniciaremos la simulación.

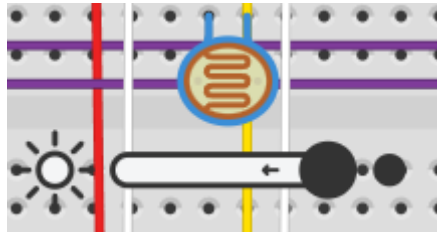
Dependiendo del nivel de luz, podemos ver cómo se dan los cambios de estados, además de la posición del interruptor FILTRADO/DRENAJE. Partiendo del IDLE, transicionará hacia el modo FILTERING o DRAINING MODE y luego, cuando se tome el valor de la luminosidad, veremos si está en NIGHT o DAY MODE, esto lo podemos comprobar viendo si prende el LED.



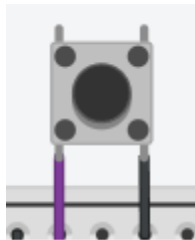
En este interruptor tenemos los modos FILTRADO/DRENAJE. En este caso, se encuentra en modo filtrado.



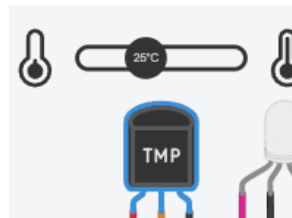
El LED se prende si está en NIGTH MODE, caso contrario se apagaría. Podemos alterar la luminosidad haciendo click sobre la fotorresistencia.



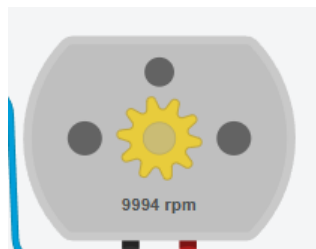
O también podemos cambiar el estado de DAY o NIGHT manteniendo apretado el activador de la luz.



Ahora dependiendo de cómo este configurando el timer de inicio de la bomba, en `TIME_TO_START_WATER_PUMP`, la bomba comenzará a hacer el filtrado. Si queremos forzar el filtrado de la bomba, lo que debemos hacer es modificar la temperatura del sensor para que comience el filtrado automático.



Si cambiamos el nivel de temperatura, podremos ver que el servomotor que simula la bomba comienza a girar.



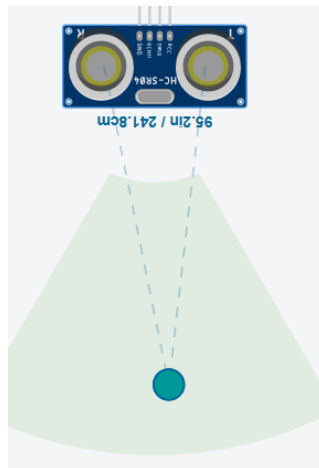
Este va a finalizar el filtrado una vez que se cumpla el plazo de `TIME_TO_STOP_WATER_PUMP`, el cual también es configurable.

Para probar el modo drenaje, se debe esperar que termine el timer o recargar la página.

Si cambiamos el interruptor deslizante a modo drenaje y le damos al botón que simula el comienzo de este a través de Bluetooth, se va a iniciar el proceso de drenaje, reflejado en el giro del servomotor.

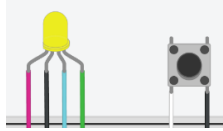


Para simular la finalización del drenaje, podemos modificar la distancia del sensor de distancia ultrasónico, como si el nivel de agua hubiera bajado demasiado. En ese caso, la bomba va a parar y volveremos a `DRAINING_MODE`.



Este sería un ejemplo en el que el nivel del agua es bajo, ya que el agua está muy por debajo del sensor.

Por último, podemos modificar el color del LED presionando el botón que simularía hacerlo mediante Bluetooth.



### 3 Referencias

1. Ing. Esteban Carnuccio, Ing. Waldo A. Valiente, Alumnos: Apunte de sensores, actuadores y periféricos para Sistemas Embebidos (2024)