



TRABAJO PRÁCTICO FINAL

Microcontroladores

EduTech – UTN

Lucas Argento

Estudiante de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires

Índice

<i>Objetivo de la solución: El Problema.</i>	3
<i>Casos posibles de aplicación</i>	4
<i>Arquitectura de la solución</i>	5
Lazo de control cerrado	5
Esquema de la instalación	6
Montaje del sistema	6
<i>Hardware, Alimentación y Sensores</i>	8
<i>Observaciones y conclusiones</i>	10
<i>Anexo</i>	11
Código de la implementación:	11
Imágenes y videos del prototipo del sistema en acción	13

Objetivo de la solución: El Problema.

La solución a desarrollar tiene como objetivo la automatización del corte de alimentación de una bomba centrífuga a partir de la medición de una variable física externa: el nivel de agua de un tanque.

La mayoría de las bombas domésticas de baja potencia no suele tener sensores de nivel o presión en sus bocas de entrada. Esto puede causar problemas de cavitación¹ o succión en vacío en casos en que el nivel del agua se encuentre por debajo de un nivel crítico.

¹ La cavitación cuando se bombea líquidos se produce porque la presión en la succión (punto de menor presión en el sistema) es menor que la presión de vapor para esta temperatura del fluido. Entonces las burbujas de vapor entran al inicio del alabe y comienzan a recibir el aumento de presión que las vuelve a transformar en líquido, generando una implosión de la burbuja sobre la pared del alabe que genera esfuerzos altísimos en las paredes del alabe del rodete – Apunte oficial de la catedra: Mecánica de los Fluidos –Facultad de Ingeniería de la UBA

Casos posibles de aplicación

El sistema a desarrollar está pensado para ser instalado, de manera no invasiva, en tanques de agua domésticos.

La solución se inspira en los casos comunes de corte de suministro de agua corriente en domicilios particulares. En estos casos, el tanque de agua puede llegar a vaciarse antes de que el estado de la red se restablezca. Si esto sucediera y tanque llegase a un nivel de agua muy bajo, la bomba no tendría forma de saber cuándo cortar la succión y comenzaría a llenar de aire la tubería.

Si la bomba succiona en vacío, luego es necesario purgar el sistema y asegurarse de que no quede aire en el mismo para que este vuelva a funcionar correctamente. Este proceso, además de ser tedioso y en muchos casos requerir de un profesional o experto en la materia, puede además dañar la instalación a corto y mediano plazo.

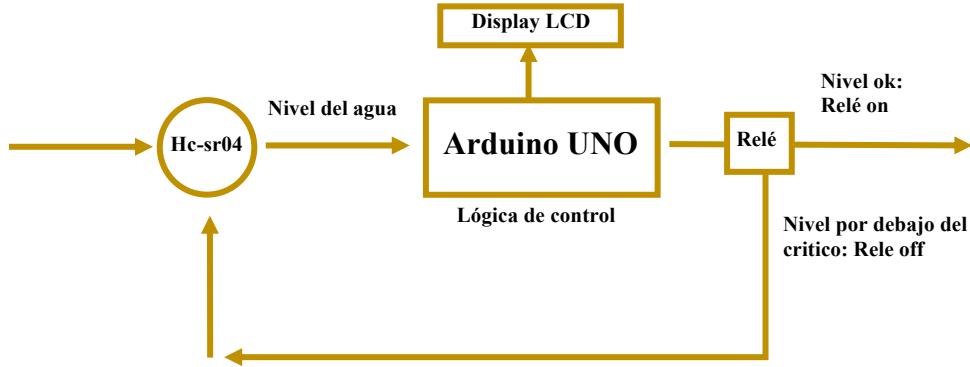
La intención es automatizar el corte del suministro energético de la bomba (apagarla) antes de que el nivel del agua se encuentre por debajo de la boca de succión de la bomba.

Esto impediría que la bomba succione en vacío, evitando los problemas ya mencionados. De esta manera, ante un eventual corte de suministro de agua en la vivienda, la bomba podría operar de forma segura hasta el momento en el que el nivel del tanque de agua llegue a un valor crítico.

Arquitectura de la solución

A continuación, se detallan diferentes esquemas de la solución a desarrollar. Su objetivo es explicar la lógica detrás de la automatización y mostrar de forma gráfica el montaje y conexiones de la futura implementación.

Lazo de control cerrado:

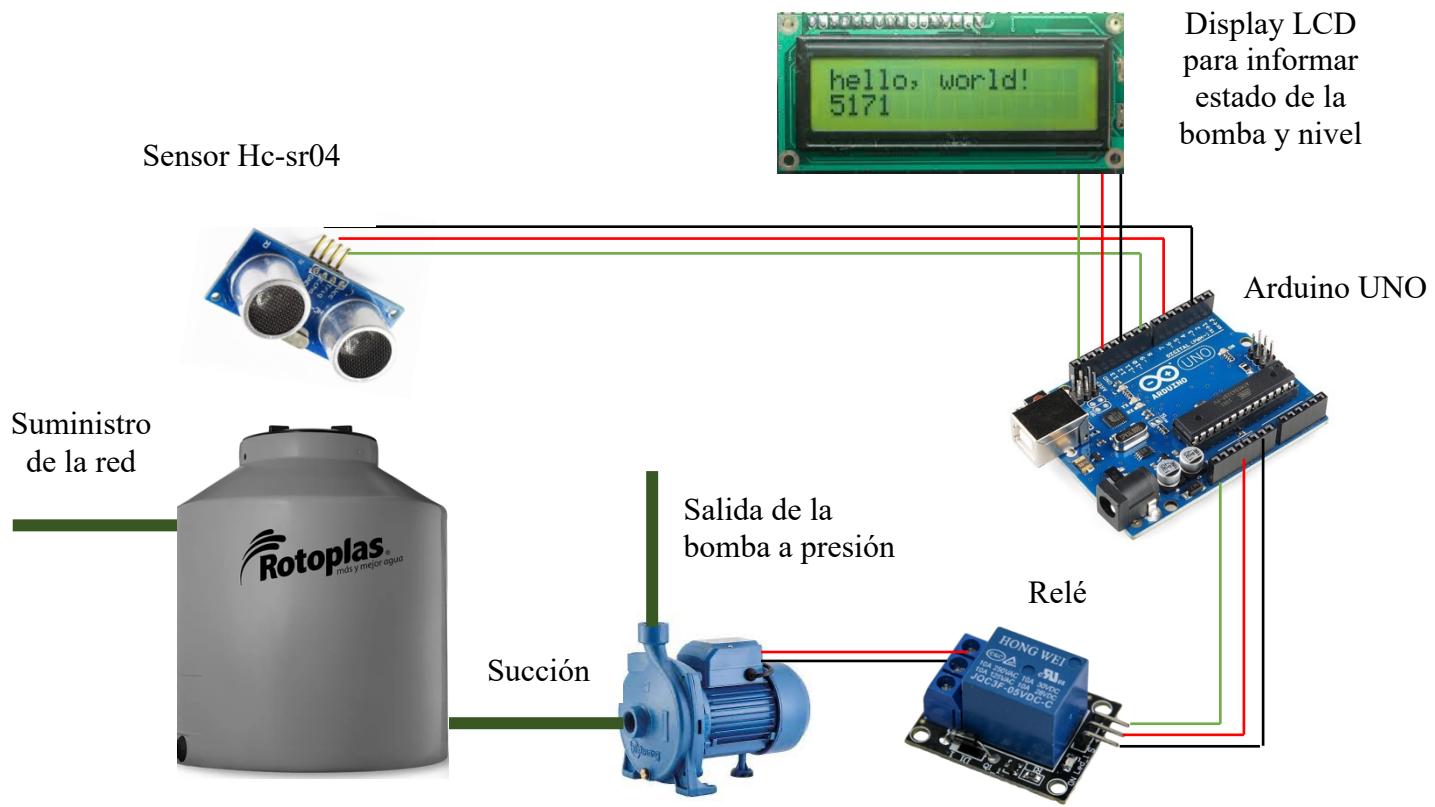


El proceso de control consiste en un lazo de control cerrado. En primer lugar, el sensor de distancia por ultrasonido Hc-sr04 mide la distancia desde el pelo del agua hasta la tapa del tanque, calculando de esta manera el nivel del tanque en el tiempo T_0 . El Arduino UNO, nuestro microcontrolador, procesa la información del nivel del agua y toma una decisión dependiendo de si el nivel del agua se encuentra por encima o por debajo del nivel crítico. En todo momento, el estado de la bomba y el nivel del agua son comunicados al usuario a través de un display LCD.

El nivel crítico del agua dependerá de la instalación, de cada tanque, y deberá ser configurando de forma tal que éste siempre sea mayor al nivel del agua en la boca de succión de la bomba. De esta forma, aseguramos que siempre haya agua para succionar.

Si el nivel del agua se encuentra en la zona de criticidad, el Arduino UNO enviará una señal a un Relé de control, el cual se encargará de cortar el suministro de la bomba hasta nuevo aviso. Es decir, hasta que el nivel del agua vuelva a subir debido a la normalización de la red.

Esquema de la instalación:

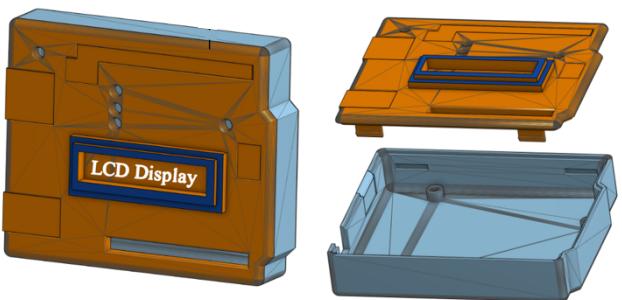


Montaje del sistema:

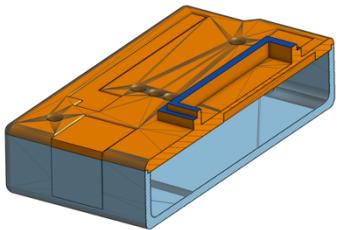
El sistema se montará a través de una carcasa impresa en 3D, con montaje para tornillos simples y/o a través de una lámina adhesiva. De esta manera se deja a elección del usuario la forma de montaje sobre la tapa del tanque, pudiendo minimizar el impacto sobre la instalación.

El relé on/off para la bomba se colocará por fuera del tanque al igual que el Arduino UNO junto con el display LCD, mientras que el sensor de proximidad deberá ir montado en la cara interna de la tapa. Es importante asegurarse de que el nivel del agua nunca llegue hasta el tope de la tapa del tanque, para que no se dañe el sensor Hc-sr04.

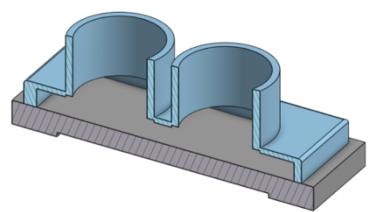
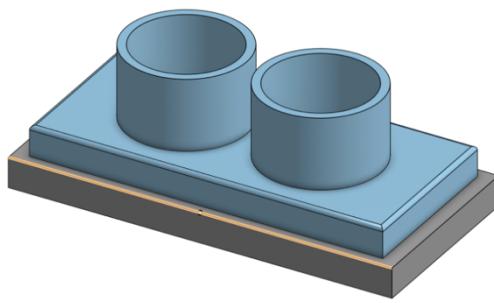
Esto no suele ser un problema en los tanques comercializados en la Argentina al día de la fecha, debido a las características constructivas de la tapa del tanque, en particular su concavidad hacia afuera.



A la izquierda se observan algunas vistas de los diseños pre eliminares de la carcasa del sistema.



A la derecha se observa el Soporte para el sensor Hc-sr04, a montar sobre la tapa del tanque.



Hardware, Alimentación y Sensores



El sistema de automatización se alimentará con una fuente de alimentación genérica de 12V 1A para Arduino. Dicha fuente se puede conectar en cualquier toma corriente doméstica de 220v AC.

Se utilizará un sensor Hc-sr04 de ultrasonido para medir distancias. El mismo tiene un rango de medición de 2 a 400cm, por lo que es ideal para el fin deseado.



Para controlar el on/off de la bomba se utilizará un Relé de 5V 10A para Arduino. La máquina hidráulica con la cual se harán los testeos iniciales para el sistema es de 0.75hp y funciona a 220V y 10A (Corriente en picos), por lo que el componente es adecuado para este uso.

El cerebro de nuestro sistema será, para la etapa de testeos, un Arduino UNO. Pudiendo cambiarse a una variante más simplificada, como un modelo NANO, en etapas futuras del desarrollo.





Para presentar la información de lo que está sucediendo en nuestro sistema, se utilizará un display LCD 1602 Hd44780, protocolo I2c.

Observaciones y conclusiones

El Sistema diseñado cumple con las expectativas de proteger la instalación hidráulica contra problemas relacionados con la succión en vacío.

Sin embargo, es válido hacer algunas aclaraciones que pueden ser pertinentes a la hora de mejorar el producto desarrollado:

- Es deseable que toda la carcasa y recubrimientos de la instalación estén bien aislados en un recipiente estanco, impermeabilizando los circuitos. Ya que por la naturaleza del proceso existe el riesgo de corto circuito por humedad o salpicadura.
- Sería interesante explorar otros sensores, ya sea capacitivos, inductivos, ópticos o incluso otros sensores ultrasónicos que permitan medir la variable del nivel del agua de forma aún menos invasiva y más segura.
- Optar por un microcontrolador más sencillo (o incluso un circuito impreso diseñado a medida) podría reducir el tamaño y el consumo de la instalación.
- Realizar mediciones y/o relevar datos de consumo y picos de corrientes de bombas centrífugas domésticas típicas puede ser de gran utilidad para dimensionar el sistema de forma correcta y segura.
- Implementar máquinas de estado en el diseño del código del microcontrolador podría mejorar la performance y la robustez del sistema. De la misma manera, se podría utilizar un microcontrolador más potente, como el Arduino DUE y hacer uso del Scheduler para obtener el mismo fin.

Anexo

Código de la implementación:

```
/*
-----ARDUINO WATER PUMP POWER CONTROL-----

ARDUINO MICRCONTROLLERS COURSE 2022
UTN - EDUTECH

LUCAS ARGENTO
Lucasargento7@gmail.com

-----
*/
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Define constant values
#define OFF false;
#define ON true;

// Ultrasonic sensor
const int pingPin = 7;
const int echoPin = 6;

// Water pump relay
const int relePin = 8;

// As a user you want to tweek this variable acording to your water tank and
instalation capabilities
const long criticalLevel = 5;

// LCD display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

// Arduino Logic
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    digitalWrite(relePin,LOW);
}

void loop() {
    checkWaterLevel();
}

void informUser(long waterLevel, bool status){
```

```

/*
 Prints water level and pump status to an LCD display
*/
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Nivel:");
lcd.print(waterLevel);
lcd.print("cm           ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Bomba:");
lcd.setCursor(6,1);

if(status) {
    lcd.print("on          ");
} else {
    lcd.print("off!Critico");
}

}

void checkWaterLevel() {
/*
 Measures water level (distance from the top to the edge of the liquid)
using an ultrasonic Hc-sr04
sensor
*/
long duration, level;
bool pumpStatus;
pinMode(pingPin, OUTPUT);
digitalWrite(pingPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(pingPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(pingPin, LOW);
pinMode(echoPin, INPUT);

duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
level = microsecondsToCentimeters(duration);
pumpStatus = analizeWaterLevel(level);
informUser(level, pumpStatus);
delay(300);
}

bool analizeWaterLevel(long level) {
/*
 Compares actual level with critical level. If wlvl is < critical, return
Off status.
*/
if(level >= criticalLevel) {
    digitalWrite(relePin,LOW);
    return OFF;
} else{
    digitalWrite(relePin,HIGH);
    return ON;
}
}

long microsecondsToCentimeters(long microseconds) {

```

```

/*
Auxiliary function to calculate distance from time estimated from the Hc-
sr04 sensor
*/
return microseconds / 29 / 2;
}

```

Imágenes y videos del prototipo del sistema en acción



Vaso casi vacío simulando nivel bajo del tanque de agua. El display informa el estado de la bomba y el nivel medido. El relé está apagado



Vaso a medio llenar simulando nivel aceptable del tanque de agua. El display informa el estado de la bomba y el nivel medido. El relé está encendido (ver led rojo)

["https://github.com/lucasargento/waterlvlpump"](https://github.com/lucasargento/waterlvlpump) para ver un video del prototipo del sistema en acción y el resto de los archivos guardados en el repositorio github.