|  |
| --- |
| Título |
| Monitoreo y control de nivel |
| Resumen |
| Implementación de protocolos de comunicación MQTT, y XXX con el fin de controlar el nivel de un tanque mediante la variación de velocidad de una bomba. Se hace uso de sistemas los sistemas embebidos Wemos D1 R1, Arduino UNO y BeagleBone Black; así como también un computador que desplegara la interfaz gráfica donde se coordina todo el sistema. |

|  |
| --- |
| Autores |
| Juan Diego Peña Narvaez |
| José Jorge Rodríguez Salgado |
| 11/01/2022 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Rev. | Descripción | Elaborado | Aprobado |
| 01 | Primera edición |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Índice

[1. Introducción 3](#_Toc90816473)

[1.1. Objeto 3](#_Toc90816474)

[1.2. Alcance 3](#_Toc90816475)

[1.3. Normas y referencias 3](#_Toc90816476)

[1.4. Definiciones y abreviaturas 3](#_Toc90816477)

[2. Descripción general (concepto) 4](#_Toc90816478)

[3. Requisitos 4](#_Toc90816479)

[3.1. Requisitos de funcionamiento normal 4](#_Toc90816480)

[3.2. Requisitos de parada normal 5](#_Toc90816481)

[3.3. Requisitos de parada de emergencia 5](#_Toc90816482)

[3.4. Requisitos de control (mando) 5](#_Toc90816483)

[4. Arquitectura 6](#_Toc90816484)

[5. Diseño e implementación 7](#_Toc90816485)

[5.1. Cinta de entrada 7](#_Toc90816486)

[5.2. Báscula (pesado) 9](#_Toc90816487)

[5.3. Clasificador 12](#_Toc90816488)

[5.4. Cintas de salida 14](#_Toc90816489)

[5.5. Mando (control de la planta) 16](#_Toc90816490)

[6. Resultados 19](#_Toc90816491)

[7. Conclusiones 20](#_Toc90816492)

[7.1. Trabajo futuro 20](#_Toc90816493)

# Introducción

## Objeto

El objetivo del proyecto es la implementación en una planta física, el control y monitoreo de nivel de un tanque a través de un control PID. Las variables más relevantes serán visualizadas mediante una interfaz gráfica y se usaran sistemas embebidos que por medio de protocolos de comunicación X se encargaran de obtener y publicar información de la planta en la interfaz, así como implementar el algoritmo de control. El correcto funcionamiento se evaluará en una planta física.

## Alcance

El nivel del tanque deberá funcionar acorde a los parámetros establecidos del control PID; en cuanto a las comunicaciones, la información deberá actualizarse de manera eficaz y no se deberá perder información. La interfaz deberá funcionar correctamente, en sus funcionalidades de apagar o encender la planta, actualizar los parámetros del PID y monitorear los datos. Para este proyecto no se contempla ninguna capa de seguridad de la información, así como tampoco el almacenamiento para su posterior análisis.

## Normas y referencias

## Definiciones y abreviaturas

**UART** Universal asynchronous receiver-transmitter

**MQTT** MQ Telemetry Transport

**I2C**  Inter-Integrated Circuit

**PCB** Printed Circuit Board

**PID** Controlador proporcional, integral y derivativo

**SPI** Serial Peripherical Interface

**PC** Computador personal

**AU** Arduino UNO

**WD** Wemos D1 R1

**BB** BeagleBone Black

**F** Frecuencia [Hz]

**R** Resistividad [Ω]

**C** Capacitancia [f]

# Descripción general (concepto)

La planta cuenta con dos tanques, el de abastecimiento y el del nivel a controlar. Mediante una bomba centrifuga y tuberías se conectan los dos tanques. El tanque donde se desea controlar el nivel cuenta con un sensor de ultrasonidos que genera una señal analógica de 0 a 10 V. El nivel se controlará variando la velocidad de la bomba centrifuga, lo que a su vez variará el caudal que ingresa en el tanque a controlar. La velocidad de la bomba es comandada por una señal analógica también de 0 a 10 V. Además, la planta cuenta con una fuente de poder de 24 V que servirá como alimentación al sistema embebido que la controle.

A picture containing wall, indoor

Description automatically generated

Figura 1. Planta laboratorio.

# Arquitectura

A picture containing diagram

Description automatically generated

# Diseño e implementación

## PCB

El uso de sistemas embebidos como el AU, WD y BB hace necesario que al interactuar con plantas industriales se dispongan circuitos de acondicionamiento, esto con el fin de regular el voltaje, filtrar y convertir de señales.

Aunque dentro del laboratorio donde se realizan las pruebas existen ya estos tipos de circuitos, se realiza el diseño de uno que permita la comunicación entre un AU y la planta.

Un posible circuito entre la planta y una placa WD o BB llevarían los mismos componentes, con un cambio en los valores de resistencias y capacitores, así como una variación en la geometría. Sin embargo, el diseño aquí planteado se puede extrapolar para cualquier sistema embebido.

El diseño de el circuito se llevo a cabo mediante el uso de EAGLE con una licencia estudiantil.

A circuit board with wires

Description automatically generated with low confidence

Figura . PCBs disponibles en el laboratorio.

### Fuente de poder

Según el datasheet de la placa AU, esta puede ser alimentada con voltajes de 6 a 12 V con una corriente máxima de 410 mA [1]. Ya que el tablero de la planta cuenta con una salida de voltaje de 24V se deberá acondicionar el voltaje a 12 V. Para esto, se hizo uso de un bloque predefinido que disminuye el voltaje de 24 a 12 V y cuenta también con diferentes protecciones.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Figura . Fuente de poder Arduino uno

### Acondicionamiento de entradas

La planta a controlar dispone de un sensor de ultrasonido que funciona en los rangos de voltaje de 0 a 10 V. Por otro lado, la entrada analógica de la placa AU maneja niveles de 0 a 5 V. Además de regular el voltaje también se propone un filtro que atenúe la señal del ruido. Ya que este viene mayoritariamente de la red eléctrica y en España la frecuencia del sistema eléctrico es 60 Hz, se estableció este valor como frecuencia de corte y mediante un amplificador operacional se filtra y atenúa la señal del sensor.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Figura . Acondicionamiento señal de sensor.

Los valores de R3 y C4 se obtuvieron mediante la formula de frecuencia de corte en un circuito RC, como se muestra continuación.

Asumiendo un valor de 1000 Ω y un valor de frecuencia de 60 Hz establecido anteriormente, el valor de capacitancia seria entonces de 2.65 µf. Sin embargo, el valor comercial mas cercano es 2.2 por lo que la frecuencia de corte seria 72 Hz.

En cuanto a los valores de R5 y R4 se siguió la formula de un amplificador operacional no inversor en la configuración sallen-key, en donde la ganancia se puede calcular de la siguiente forma:

### Acondicionamiento de salidas

La velocidad de la bomba será controlada por una señal digital PWM de amplitud 0 a 5V generada por la placa AU. Esta bomba funciona con niveles de tensión de 0 a 10V. por lo que se deberá convertir la señal digital a una analógica y posteriormente aumentar la tensión a los niveles que usa la bomba.

Para la conversión a analógica se hizo uso también de un filtro paso bajo, según recomendaciones de [2], la frecuencia de corte del circuito será alrededor de 200 veces menor de la frecuencia PWM que se quiere convertir a analógico, ya que Arduino genera señales a 490 Hz y usando la

## Controlador

Las dos placas AU, se encargan de mantener el nivel del agua según el *setpoint* fijado. Para esto se implementa un control PID, basándose en la librería *PID v1* [3]. Esta librería, basada en la señal analógica de la bomba, determina el ciclo de trabajo de la señal PWM que se enviara a la bomba. Los parámetros del controlador están preestablecidos. Sin embargo, se cuenta con la opción de modificarlos desde la GUI. Por lo que dentro del algoritmo no se contempla ningún proceso de optimización que genere dichos parámetros automáticamente.

## Programación del sistema

La coordinación de, el manejo de la información junto con la implantación de control se realizó mediante la programación de algoritmos en las dos placas utilizadas. En términos generales, se evalúa siempre el estado de la planta (encendida o apagada). Cuando esta en funcionamiento, hay un flujo constante de información, la placa AU esta ejecutando el control y enviando información a la placa WD, la que a su vez le indica que parámetros debe llevar el control PID y envía la información recolectada por el AU y la envía al bróker.

Ya que la placa WD siempre está enviando los parámetros al AU, estos se actualizan automáticamente cada vez que se indica en la GUI.

En las figuras X y X se explica de manera mas detallada el funcionamiento de los algoritmos implementados. Además, se anexa el código dentro de la entrega.

No

Establece conexión WIFI

Conectado*?*

Información GUI:

On/off, sp, kp… etc

Si

No

Conexión con el bróker

Lee información de la GUI

Conectado*?*

Lee datos comunicación serial

Publica información

Parámetros nuevos?

Actualiza parámetros

No

Si

No

Encendido*?*

Si

No

Encendido*?*

Parámetros PID

Comando ON/OFF

Ejecuta PID

Lee y asigna parámetros

Escribe datos comunicación serial

Si

{CP = 0}

### UART

### I2C

### MQTT

## Interfaz grafica

# Resultados

# Conclusiones

## Trabajo futuro