

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA

Departamento de Ingeniería Electrónica



SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL EN UN TANQUE

TRABAJO FINAL

PARA LA MATERIA

SISTEMAS MICROPROGRAMABLES

PRESENTA

JULIAN DANIEL BARRIONUEVO

PROFESOR: ING.DANIEL VILLAGRAN

ARGENTINA,CATAMARCA.

2018

Introducción

El control de nivel de tanques son procesos utilizados en aplicaciones industriales (subestaciones de almacenamiento y distribución del acueducto, procesos químicos) y en casas particulares (llenado del tanque del sanitario, del tanque aéreo de almacenamiento, entre otros), los cuales son operados de forma manual o automática.

En las grandes industrias o en los procesos donde se requiere precisión, el control y la automatización del proceso es la herramienta mas eficiente a la hora de comparar los resultados.

En teoría se conoce que la forma rápida, eficiente e instantánea de hacer control a un proceso, es a través del control automático.

La implementación de este sistema de control pretende mostrar como funciona un sistema de control de lazo cerrado en un tanque y a su vez aplicar conocimientos de programación en microcontroladores ,permitiendo una interfaz para el usuario de manera manual.

Se usara como microcontrolador la placa EDU-CIAA para su desarrollo, la cual sera nuestro elemento central para el proyecto.

Definición del problema

Existen procesos que requieren mantener constante el nivel de tanques para evitar ciertos problemas, como daño en la etapa de succión de moto-bombas, evitar reboses de tanques o bien sea para asegurar mezclas perfectas.

Esto hace que se recurra al monitoreo del nivel de un tanque para controlar el flujo de entrada o de salida al tanque, asegurando de esta forma, que el nivel permanezca siempre en un valor deseado.



Figura 1: Problemas en tanques

Objetivos

Objetivos generales

- Diseñar e implementar un sistema de control de nivel en un tanque.
- Visualizar el proceso y la ejecución de comandos a través de un display, realizar una App de Android y establecer una comunicación en tiempo real con MATLAB.

Objetivos particulares

- * Diseñar el control de lazo cerrado general y sus subsistemas (bomba, electrovalvula, tanque), aplicando técnicas de teoría de control.
- * Analizar, diseñar, simular circuitos para implementar un controlador en un microcontrolador.
- * Usar la placa EDU-CIAA para establecer una comunicación vía bluetooth.
- * Implementar una interfaz con la opción de elegir entre 2 modos de operación (automático-manual).
- * Diseñar placa en PCB del sistema en general, acoplándose a las diferentes etapas (potencia, amplificación, acondicionamiento de la señal).
- * Diseñar una aplicación de Android para el manejo del sistema a través del teléfono celular.
- * Diseñar y montar una unidad didáctica de fácil manejo y visualización, con elementos al alcance de la mano.
- * Establecer una comunicación en tiempo real con MATLAB.

Marco teórico

Para lograr el nivel del liquido en un tanque se implementara un sistema de control de lazo cerrado (feedback), que consiste en sensar el nivel del liquido en el interior del tanque, por medio de un elemento de medición adecuado, y compararla con un nivel de referencia (nivel a mantener constante) , la cual sera grabada en un microcontrolador.

Así, de acuerdo a la comparación de estos dos valores, se varia, por medio de una señal de control una electrovalvula si-no de una lavadora, ya que unas de estas industriales son de elevado precio.

Se utilizara un controlador que sera el encargado de compensar la señal de error obtenida de la comparación entre el nivel del liquido en el tanque y el valor de referencia ,enviando señal de control al actuador , de tal manera que el sistema trabaje dentro de ciertas condiciones de operación.

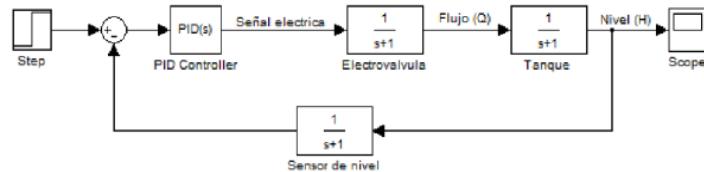


Figura 2: Diagrama de bloques

Materiales

* EDU-CIAA



Figura 3: EDU-CIAA

* Display LCD 16x2



Figura 4: Display 16x2

* **Modulo Bluetooth**



Figura 5: Bluetooth

* **Sensor de presión MPX 5010DP**



Figura 6: Sensor utilizado

* **Electrovalvula**

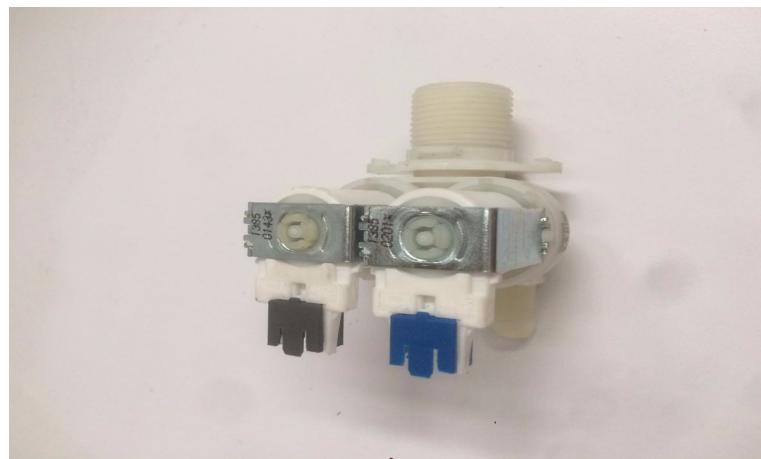


Figura 7: Electrovalvula

*** Sensor de Turbidez**



Figura 8: Sensor de turbidez

*** Electrobomba Periferica 1/2 HP**



Figura 9: Bomba Plumita

*** Caño PVC 1/2 pulgada**



Figura 10: Caño PVC

* **Cuba de acrilico**



Figura 11: Deposito de agua

* **Caño PVC 110 m.m**



Figura 12: Caño PVC

- * **Manguera cristal 4 m.m**
- * **Cables tipo utp**
- * **Resistencias**
- * **Borneras**
- * **Capacitores**
- * **Leds**
- * **LM358**
- * **BT137**
- * **MOC3041**
- * **ULN2803**
- * **LM7805**

Procedimiento

Para exponer el funcionamiento del sistema, voy a explicarlo a través de etapas:

1º Etapa

La primera etapa consiste en realizar la estructura donde se van a montar los componentes a utilizar.

La estructura esta formada por madera MDF, ubicadas sobre hierros soldados, dando forma a una mesa.



Figura 13: Estructura del proyecto

2º Etapa

Rele de estado sólido

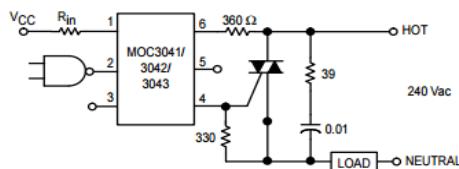
Como estamos trabajando con una electrobomba periférica de 1/2 HP, esta funciona a 220 v, por lo que es necesario realizar una interface entre el procesador y la bomba. Esto fue realizado a través de un relé de estado sólido.

Esta disposición electrónica nos permite aislar la parte de "baja potencia", como es la del microcontrolador, con la etapa de alta potencia, en este caso la bomba.

El circuito esta formado por un optoacoplador, dispositivo en el cual al recibir una señal proveniente de un microcontrolador, activa un diodo emisor de luz, el cual de acuerdo a los valores de resistencias nos permite realizar el disparo del elemento de potencia, en este caso el triac, y así poder activar la bomba a 220 v.

El motivo por el cual se eligió realizar un relé de estado sólido y no utilizar un relé de los Shield de arduino, fue porque presenta mayor estabilidad ante posibles ruidos que pueden producirse en la bomba (motor eléctrico) y produzca la activación de la misma de manera no deseada.

MOC3041 MOC3042 MOC3043



Typical circuit for use when hot line switching is required. In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or neutral side. The load may be connected to either the neutral or hot line.

R_{in} is calculated so that I_F is equal to the rated I_{FT} of the part, 5 mA for the MOC3043, 10 mA for the MOC3042, or 15 mA for the MOC3041. The 39 ohm resistor and 0.01 μF capacitor are for snubbing of the triac and may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.

* For highly inductive loads (power factor < 0.5), change this value to 360 ohms.

Figura 14: Rele de estado sólido

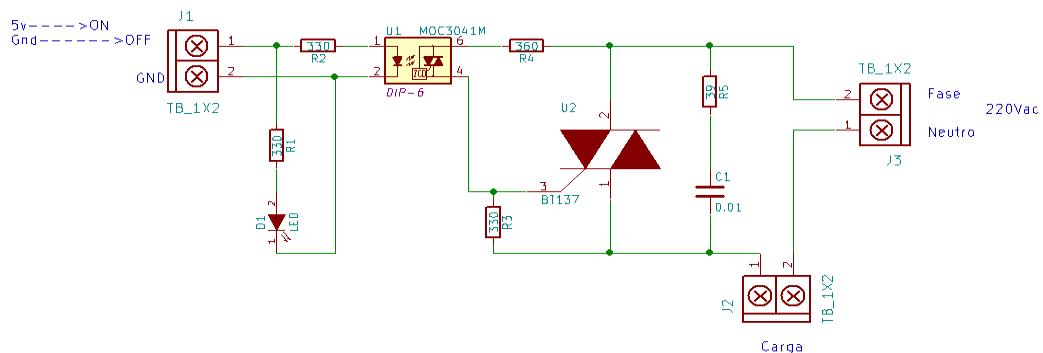


Figura 15: Rele de estado sólido Kicad

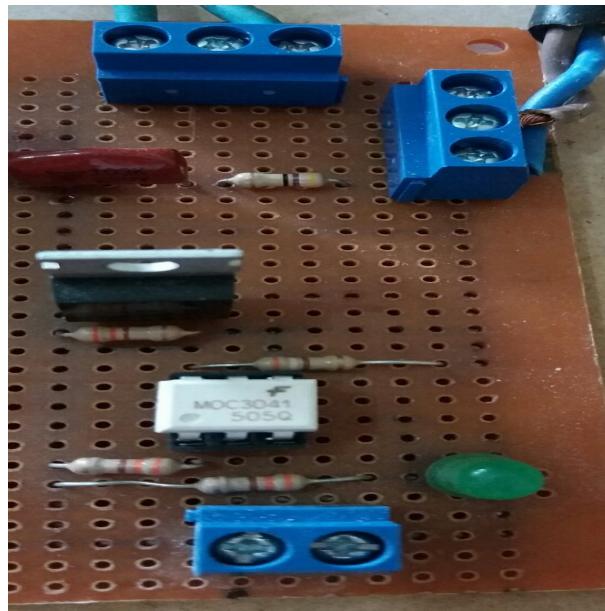


Figura 16: Rele de estado sólido implementado

Controlador de velocidad de un motor AC

A su vez también fue necesario realizar un circuito de manera que me permita controlar el caudal con el que tanque se llena, si no implementaba este circuito, la potencia que genera la bomba producía que el agua salga con mucha fuerza y el caudal sea aun mayor, produciendo reboses.

Como dije anteriormente, era necesario realizar algún tipo de control sobre el caudal de manera que no rebose el tanque, para ello realice el circuito para controlar la velocidad de un motor (dado que la electrobomba es un motor eléctrico).

El circuito funciona de manera similar al relé de estado sólido, utiliza un triac BT137 de manera que pueda regular el angulo de disparo. Este angulo de disparo lo modifíco a través de un preset, queda para próximos trabajos, modificarlo a través de una señal PWM con el microcontrolador.

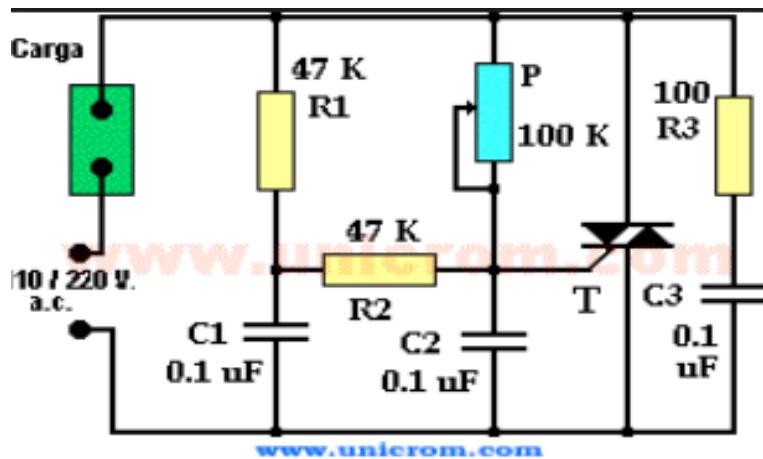


Figura 17: Control de velocidad de un motor AC

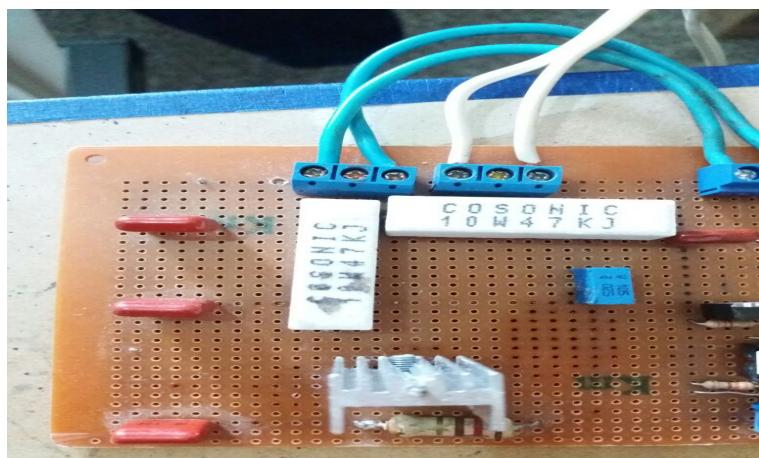


Figura 18: Control de velocidad de un motor AC implementado

Sensor de presión

El sensor que se utiliza es de la serie MPX de sensores de presión. Aunque como el nombre indica que es un sensor de presión, me permite poder calcular el nivel de un tanque de agua, ya que usa la diferencia de presiones (atmosférica y la del deposito) y me entrega un valor diferencia de estas presiones. El interior de este sensor actua como un puente de Wheatstone.

Este sensor, MPX 5010DP, permite ser utilizado para una presión de 0 a 10 kPa, se encuentra compensado tanto en temperatura como en calibración y viene con ciertas características de funcionamiento, entre ellas, la alimentación es de 5V, y la salida que me brinda es de 0.2 a 4.7 V y aquí es donde se produce un inconveniente.

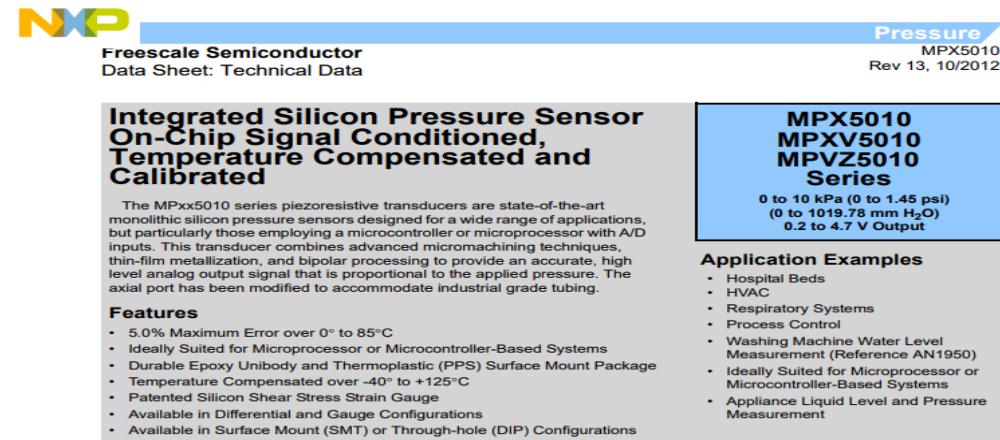


Figura 19: Características del sensor

Dado que se utiliza la EDU-CIAA , su conversor analógico-digital utiliza valores de 0 a 3.3 V, entonces se uso un amplificador operacional en modo diferencial, para que la salida del sensor pueda ser ejecutada en la placa.

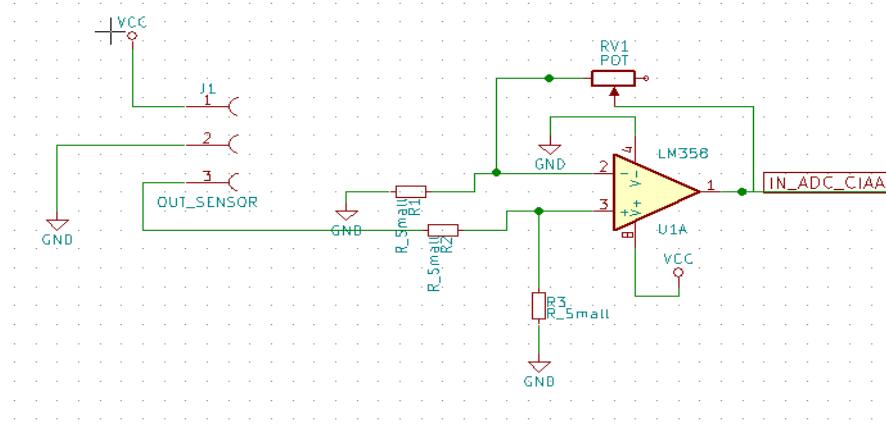


Figura 20: Amplificador operacional modo diferencial

Ganancia amplificador operacional modo diferencial:

$$Ad = \frac{V_{salida}}{V_2 - V_1} = \frac{3,3V}{4,7V} = 0,702$$

Haciendo $R2 = 680\Omega$ y $R1 = 1K\Omega$ se tiene el valor de la ganancia.

El circuito de compensación luego irá montado en la placa principal del sistema.

Sensor de Turbidez

Este sensor me permite saber el grado o nivel de partículas suspendidas en un líquido, es decir que tan turbio está el líquido (en este caso agua) y si es apto para ejecutar el sistema de control.

La unidad de medición que se utiliza, si bien no existe una normalización alguna, excepto en USA, es NTU Unidades Nefelométricas de Turbidez.

La respuesta de este tipo de sensor no es lineal (ver anexo) y al igual que el sensor de presión, este sensor presenta una salida de 0 a 4.5 V por lo que fue necesario realizar una etapa de acondicionamiento de la señal.

Esta etapa fue realizada a partir de un divisor resistivo.

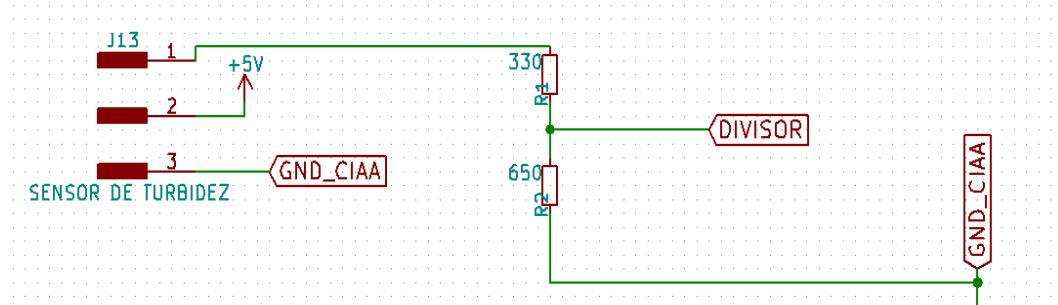


Figura 21: Acondicionamiento del sensor de turbidez

3º Etapa

Una vez armada la maqueta y haber acondicionado los sensores y actuadores, se procede al diseño de la placa principal.

Este diseño fue realizado con el software Kicad.

Para el armado de la placa se utilizó una placa virgen de cobre. Se implementó el método del planchado para realizar la impresión sobre el cobre.

*Dimensiones : 19 cm x 9 cm.

*La alimentación puede ser provista desde un puerto USB directo a la EDU-CIAA.

*Este diseño está orientado a ser de fácil manipulación por lo que se implementó borneras para hacer más simple la conexión con la etapa de potencia.

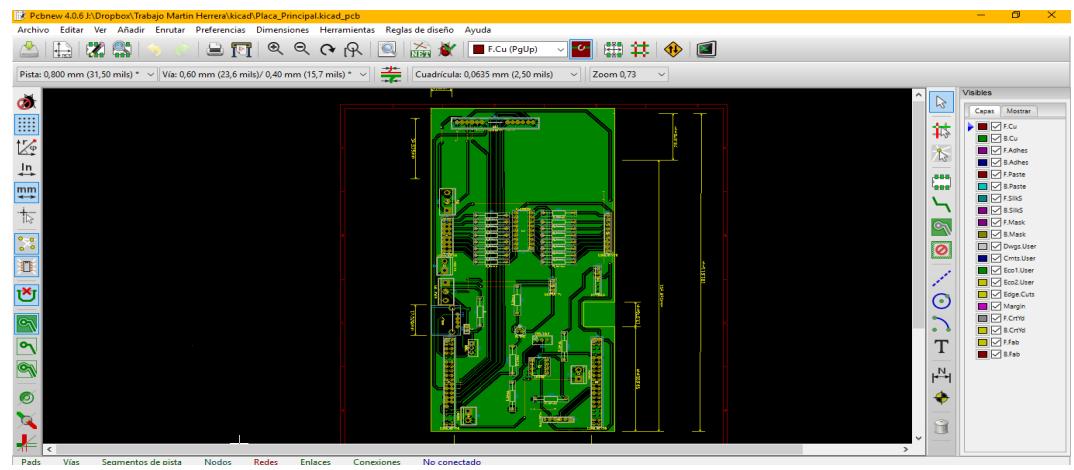


Figura 22: PCB de placa principal

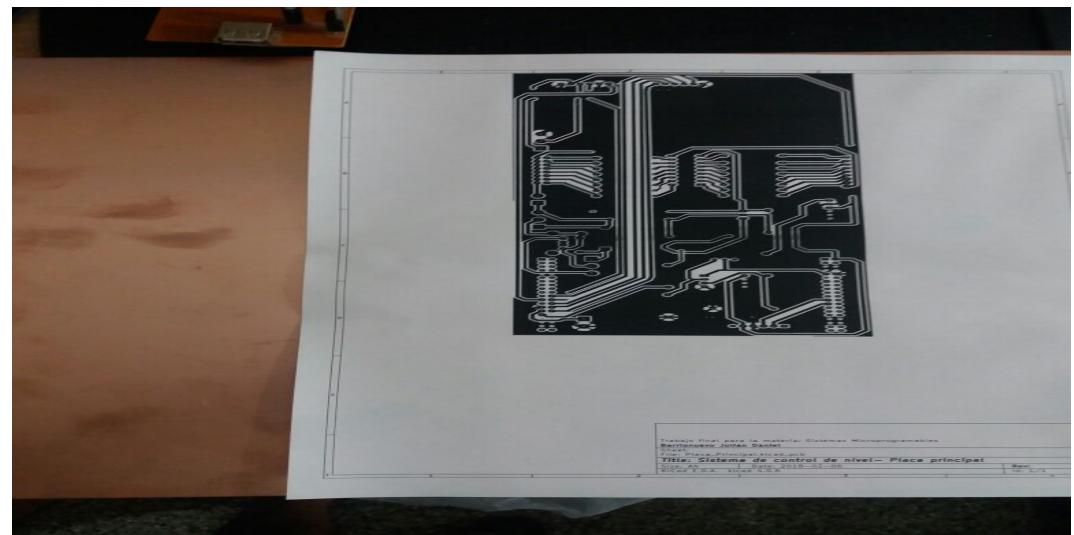


Figura 23: Impresión del diseño

*El diseño a su vez fue realizado de manera que pueda ser implementado sobre la EDU-CIAA ,como un poncho funcional de la misma.



Figura 24: Recorte de la placa de cobre



Figura 25: Impresión del diseño sobre la placa

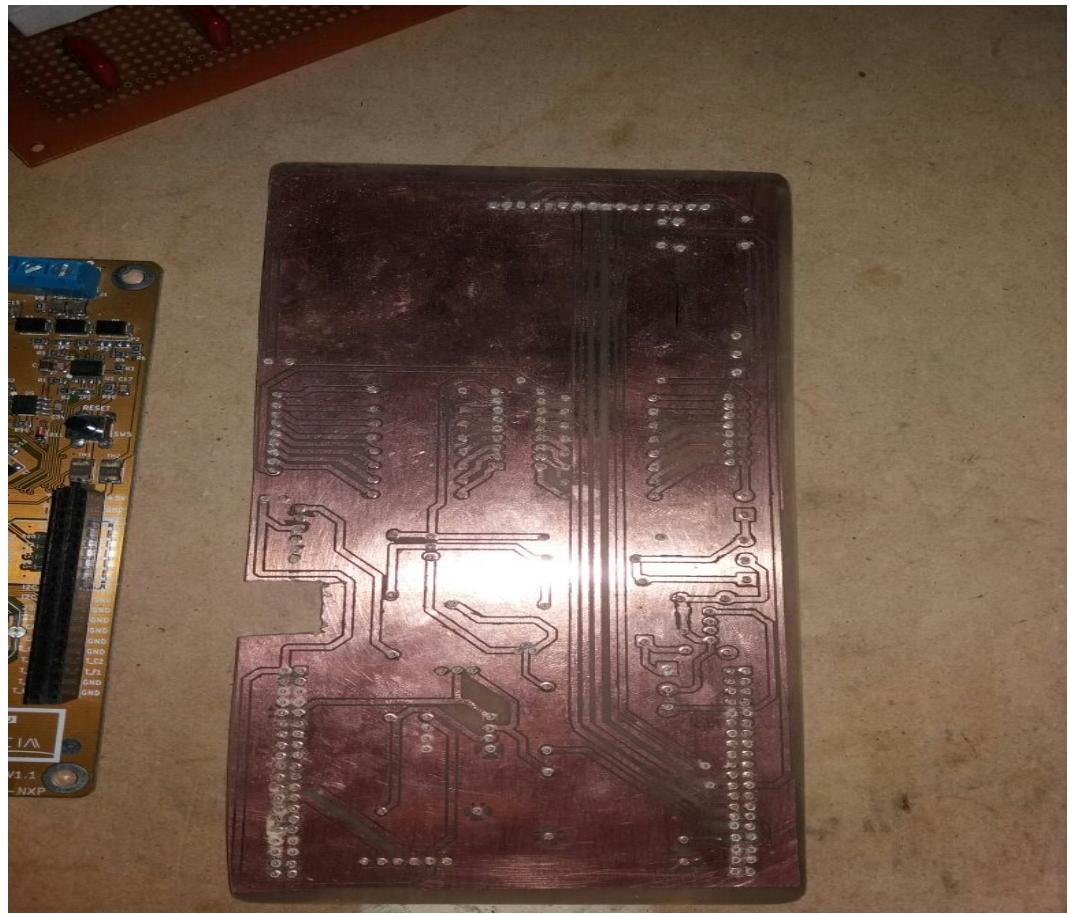


Figura 26: Placa terminada

4º Etapa

En esta etapa se procedió a la programación de la lógica del sistema de control a través del entorno de desarrollo Eclipse.

Este sistema de control me permite 2 modos de operación: Automático y manual.

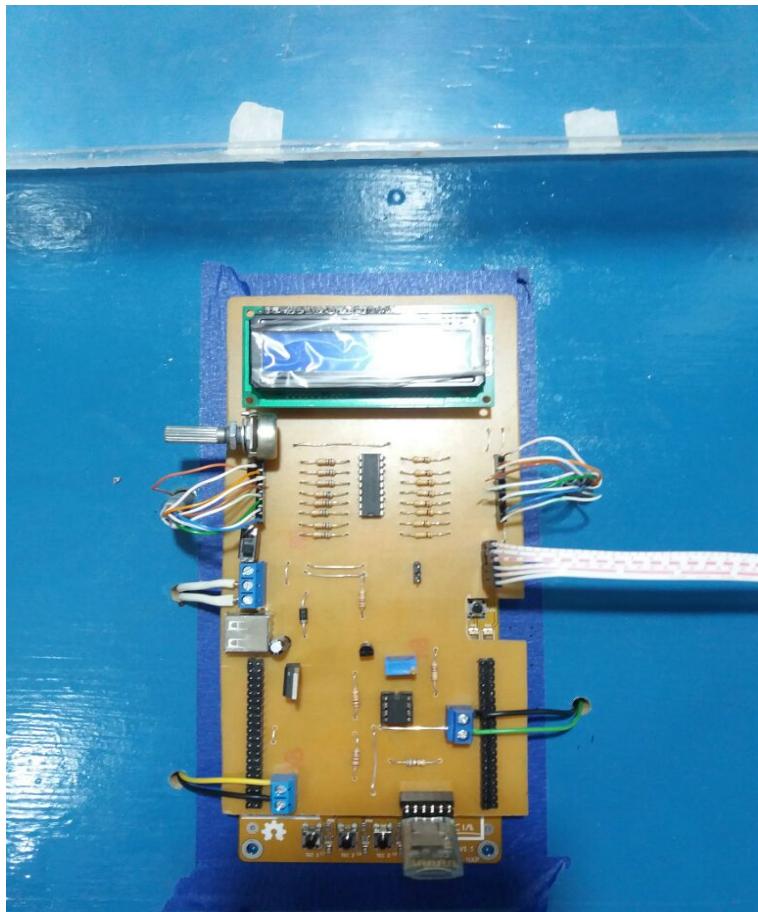


Figura 27: Placa implementada

Modo de funcionamiento: Automático

Este funcionamiento consiste en que el sistema realice un control sobre el nivel del tanque con respecto a un valor de referencia preestablecido de manera automática, al cual se le agrega un sensor de turbidez de manera que si el depósito de líquido se encuentra con un alto grado de NTU (Unidades Nefelométricas de turbidez) el sistema va indicar mediante una señal de alerta que el depósito se encuentra contaminado y no realizará el sistema de control.

Funciona presionando la tecla 1 de la placa EDU-CIAA de la siguiente manera:

Estado 0 : En este estado las salidas,(bomba y electrovalvula) se encuentran apagadas.Para pasar al estado 1 ,es necesario que el nivel esté por debajo del nivel de referencia (En el diagrama L1).

Estado 1 : En este estado al estar el nivel por debajo,se acciona la

The screenshot shows the Eclipse C/C++ IDE interface. The Project Explorer on the left lists several projects under 'Firmware'. The code editor on the right displays a portion of 'ProyectoFinal.c' with line numbers 253 to 286. The code handles button presses (TEC_1 to TEC_4) and compares them against levels L1, L2, and L3. It also manages a pump (S1) and a valve (S2). The status bar at the bottom indicates 'Post Building ProyectoFinal'.

```

253     if (Estado_Tecla(TEC_1) ==0) {
254         PrenderLed_G();
255     }
256     Menutecla1++;
257     switch (Menutecla1)
258     {
259         case 1: // Ingreso al modo de funcionamiento automatico
260             lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
261             printf_lcd(mensaje5);
262             delay_ms(1000);
263         case 2: // Ingreso al modo de Bomba Activada
264             lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
265             printf_lcd(mensaje5);
266             delay_ms(1000);
267         }
268         while( (Estado_Tecla(TEC_1) !=0) && (Estado_Tecla(TEC_2) !=0) && (Estado_Tecla(TEC_3) !=0) && (Estado_Tecla(TEC_4) !=0) )
269         {
270             ObtenerAltura ();
271             Control();
272         }
273         break;
274     }
275     case 2: // Ingreso al modo de Bomba Activada
276         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
277         printf_lcd(mensaje5);
278         delay_ms(1000);
279     }
280     case 3:
281         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
282         printf_lcd(mensaje5);
283         delay_ms(1000);
284     }
285     case 4:
286         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
287         printf_lcd(mensaje5);
288         delay_ms(1000);
289     }
290     case 5:
291         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
292         printf_lcd(mensaje5);
293         delay_ms(1000);
294     }
295     case 6:
296         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
297         printf_lcd(mensaje5);
298         delay_ms(1000);
299     }
300     case 7:
301         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
302         printf_lcd(mensaje5);
303         delay_ms(1000);
304     }
305     case 8:
306         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
307         printf_lcd(mensaje5);
308         delay_ms(1000);
309     }
310     case 9:
311         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
312         printf_lcd(mensaje5);
313         delay_ms(1000);
314     }
315     case 10:
316         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
317         printf_lcd(mensaje5);
318         delay_ms(1000);
319     }
320     case 11:
321         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
322         printf_lcd(mensaje5);
323         delay_ms(1000);
324     }
325     case 12:
326         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
327         printf_lcd(mensaje5);
328         delay_ms(1000);
329     }
330     case 13:
331         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
332         printf_lcd(mensaje5);
333         delay_ms(1000);
334     }
335     case 14:
336         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
337         printf_lcd(mensaje5);
338         delay_ms(1000);
339     }
340     case 15:
341         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
342         printf_lcd(mensaje5);
343         delay_ms(1000);
344     }
345     case 16:
346         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
347         printf_lcd(mensaje5);
348         delay_ms(1000);
349     }
350     case 17:
351         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
352         printf_lcd(mensaje5);
353         delay_ms(1000);
354     }
355     case 18:
356         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
357         printf_lcd(mensaje5);
358         delay_ms(1000);
359     }
360     case 19:
361         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
362         printf_lcd(mensaje5);
363         delay_ms(1000);
364     }
365     case 20:
366         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
367         printf_lcd(mensaje5);
368         delay_ms(1000);
369     }
370     case 21:
371         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
372         printf_lcd(mensaje5);
373         delay_ms(1000);
374     }
375     case 22:
376         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
377         printf_lcd(mensaje5);
378         delay_ms(1000);
379     }
380     case 23:
381         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
382         printf_lcd(mensaje5);
383         delay_ms(1000);
384     }
385     case 24:
386         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
387         printf_lcd(mensaje5);
388         delay_ms(1000);
389     }
390     case 25:
391         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
392         printf_lcd(mensaje5);
393         delay_ms(1000);
394     }
395     case 26:
396         lcd_gotoxy(1,2); // Mensaje borrar "Tecla 2: Manual "
397         printf_lcd(mensaje5);
398         delay_ms(1000);
399     }
399 }

```

Figura 28: Programación

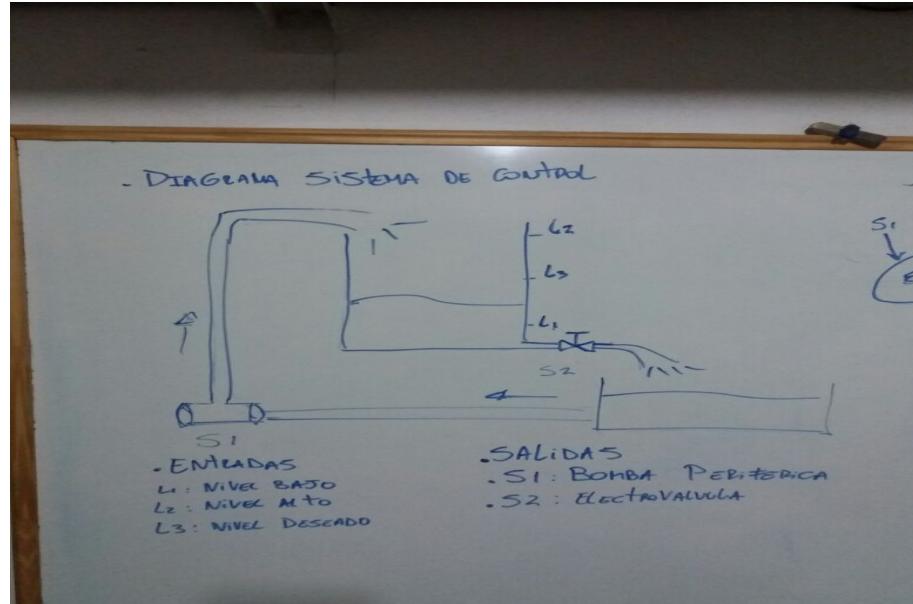


Figura 29: Diagrama del sistema de control

bomba (S1), mientras que la electrovalvula continua apagada (s2). Para pasar al estado 2 el nivel del tanque debera llegar al nivel de referencia (L2).

Estado 2 : En este estado la salida s1 (bomba) se encuentra apagada

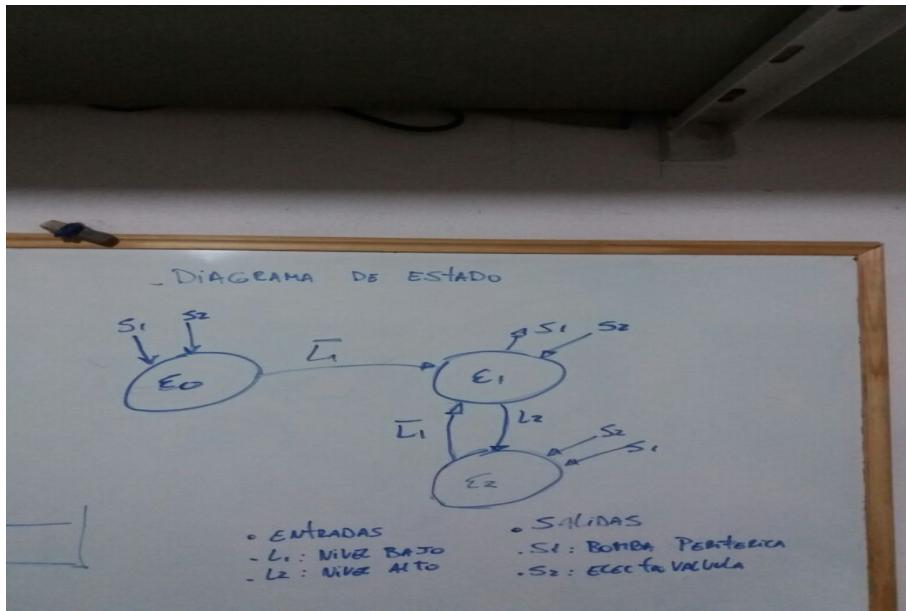


Figura 30: Diagrama del sistema de control en diagrama de estado



Figura 31: Tecla 1: Auto

, mientras que la salida s_2 (electrovalvula) si esta por encima del nivel de referencia(L_2) queda prendida hasta alcanzar el nivel deseado y luego pasa al estado de apagado. Volvera al estado 1 si el nivel se encuentra por debajo del nivel de referencia L_1 , repitiéndose el ciclo de manera permanente.

Modo de funcionamiento: Manual por Teclas

Este modo de funcionamiento me permite interactuar con los actuadores independientemente,es decir ,cada tecla de la placa EDU-CIAA enciende o apaga los actuadores,como la bomba periférica y la electrovalvula.

Puede funcionar al mismo tiempo tanto la bomba como la electrovalvula.



Figura 32: Indicador de nivel



Figura 33: Tecla 2



Figura 34: Modo de funcionamiento por teclas

Modo de funcionamiento: Manual por App

Este modo de funcionamiento me permite interactuar con el sistema desde un dispositivo móvil, sin necesidad de estar cerca de la unidad,a través de una aplicación creada conectada por medio de bluetooth.



Figura 35: Modo de funcionamiento por App propia

Desarrollo de App

Para desarrollar la aplicación propia del sistema se utilizó el entorno de desarrollo MIT App Inventor.

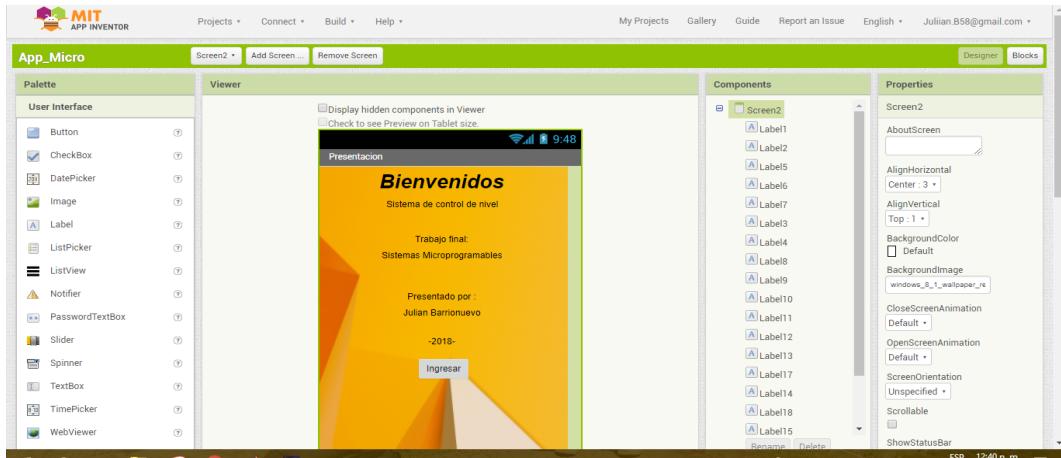


Figura 36: Entorno de desarrollo App

Esta aplicación me permite interactuar con cada actuador de manera independiente, al igual que con las teclas de la placa, desde el dispositivo móvil.

Posee un screen con botones de fácil manejo e intuitivos con gráficos para hacer el uso más didáctico, a su vez cada botón tiene un sonido asociado para saber que actuador está funcionando en ese momento.

Además esta aplicación al ser diseñada de manera personal no posee restricciones para su descarga e instalación.

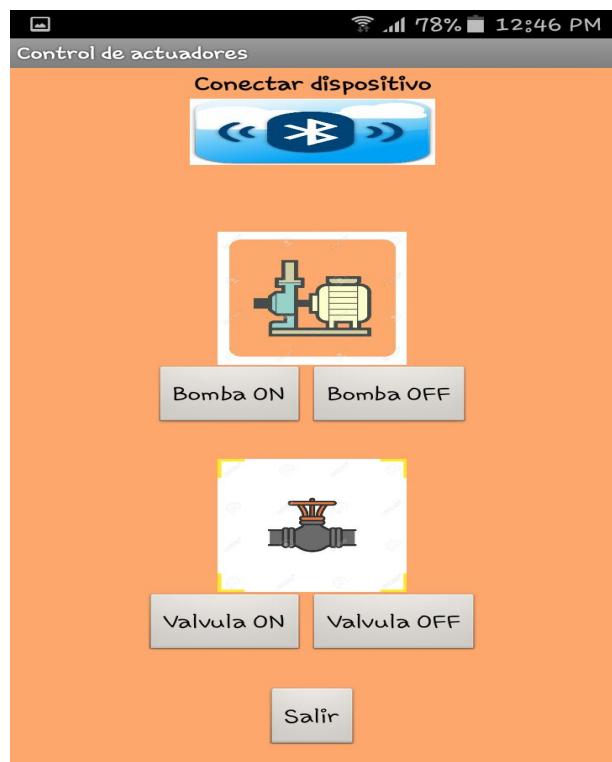


Figura 37: Screen de funcionamiento

Tamaño : 8.22 MB

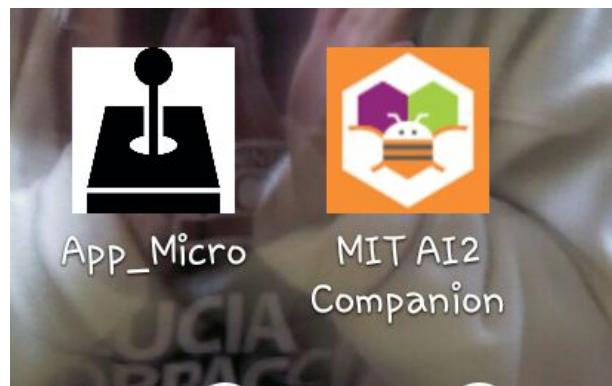


Figura 38: Icono de la App

5º Etapa

En esta etapa se realizo los agregados correspondiente para el buen funcionamiento y mejor manejo didactico del sistema.

* Se le agrego una tira de leds al lado del tanque de manera de indicar su nivel de una manera visual y a su vez un buffer que funciona como una alarma sonora cuando el nivel llega al maximo de su capacidad.



Figura 39: Indicador de nivel

* Se establecio una comunicacion en tiempo real con MATLAB, de manera que recibe las muestras tomados por el sensor de nivel y son graficadas en diferentes graficas.

* Ademas se genera un archivo Excel con los valores obtenidos.

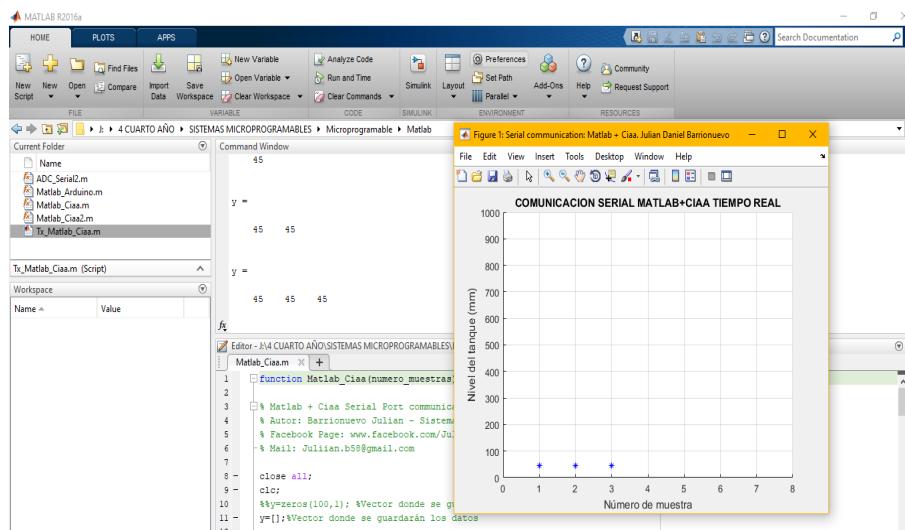


Figura 40: Comunicación con MATLAB

* Una vez completado el numero de muestras tomadas por parte del sensor,Matlab ejecutada el promedio del nivel con respecto a las muestras tomadas.



Figura 41: Promedio del nivel

* También se modifico la aplicacion ,se agrego un menú con opciones de elegir entre mando automático y manual.

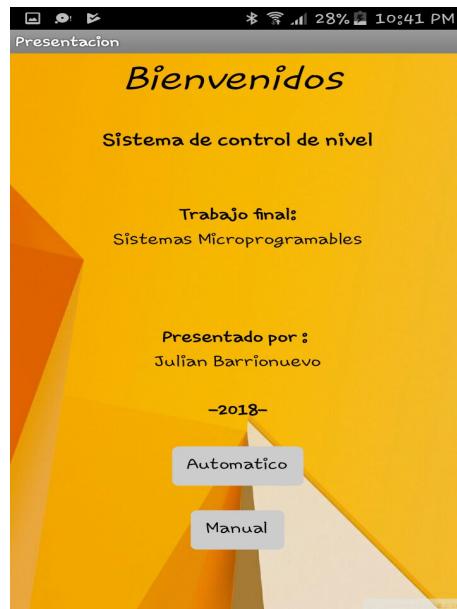


Figura 42: Menu App

* Ademas se agrego la posibilidad de visualizar tanto el nivel del tanque como el nivel de turbidez del deposito de agua en tiempo real.

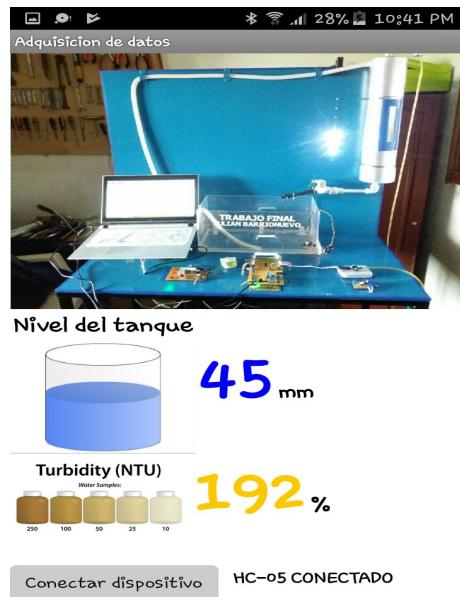


Figura 43: Visualizacion del niveles

Conclusiones

Se pudo completar todos los objetivos tanto general como particulares ,alguno con mas inconvenientes que otros como en el caso de establecer comunicación con MATLAB y el desarrollo de la app.

En su momento este practico fue pensado como un sistema de control de nivel,pero a medida que se fue desarrollando surgieron otras alternativas para controlar,como el control de turbidez del agua.

A su vez deja lugar para controlar otras variables como el caudal ,Ph del liquido,capacidad de respuesta,manipulacion con una interfaz en Matlab.

El tiempo que llevo desarrollar este sistema se extendio porque se armo desde la estructura mecánica,fuente de alimentación y etapas de potencia,como a su vez el armado del tanque formado por un caño de 110 mm de cañerias domesticas.

Con este trabajo se alcanzo los objetivos planteados y a su vez dio lugar a recordar conceptos vistos en diferentes materias a lo largo de la carrera como ,programación en C , Electrónica de potencia , Taller Electrónico,Electrónica Analógica ,Teorias de control, entre otras.

Lo que permitió afianzar conceptos y aprender nuevos para nuestra formación como profesionales,en diseño de placas PCB en Kicad, programación en App Inventor, en Matlab y en LaTex.

Referencias

- * <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Moc3041>
- * <https://unicrom.com/dimmer-control-de-velocidad-motor-ac-con-triac/>
- * <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/3067/MOTOROLA/LM358.html>
- * <http://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/16764/PHILIPS/BT137.html>
- * <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPX5010.pdf>
- * Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos, 3ra Edición - Sergio Franco
- * <http://ai2.appinventor.mit.edu>
- * <https://es.wikipedia.org/wiki/Turbidez>
- * <https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity-sensor-SKU:-SEN0189>

Anexo

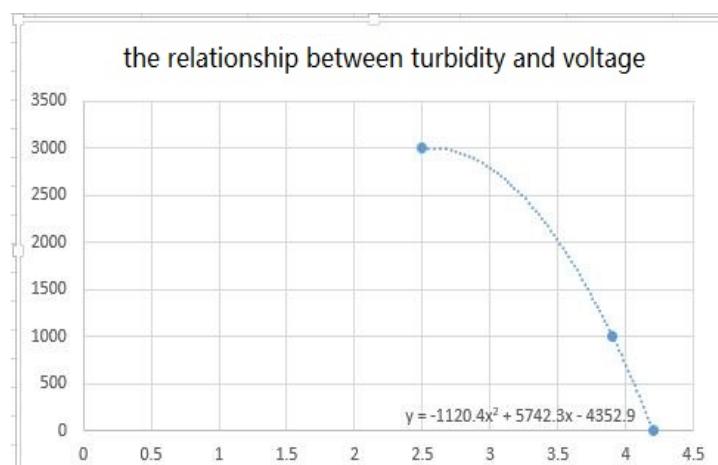


Figura 44: Respuesta parabólica del sensor