



**“Responsabilidad con pensamiento positivo”**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA**

**CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR  
AGUA DE LINGOTERAS EN LA EMPRESA ADELCA ACERÍAS DEL  
ECUADOR.**

**AUTOR**

**DIEGO FERNANDO IGUAGO PERUGACHI**

**TUTOR**

**MGS. LUIS HERNAN MONTOYA LARA**

**QUITO, ECUADOR  
2019**

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## AUTORIA DE TESIS

Yo, Diego Fernando Iguago Perugachi, con documento de identificación 1719040527, declaro que el presente proyecto de grado **“CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AGUA DE LINGOTERAS EN LA EMPRESA ADELCA ACERÍAS DEL ECUADOR”**, es de mi autoría, en relación con el Trabajo Fin de Grado presentado en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.

Quito D.M. Febrero del 2019

Diego Fernando Iguago Perugachi

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Fernando Iguago Perugachi', written over a horizontal line.

---

C.I. 1719040527

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AGUA DE LINGOTERAS EN LA EMPRESA ADELCA ACERÍAS DEL ECUADOR.**”, presentado por el Sr. Diego Fernando Iguago Perugachi, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Febrero del 2019

TUTOR



Ing. Luis Montoya, Mg

---

Ing. Luis Hernán Montoya Lara. Mg.

## ACTA DE ACEPTACIÓN

Aloag, 11 de enero de 2019

**Señores.**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
Presente.

Tengo el agrado de informarles que hemos aceptado el proyecto de titulación "CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AGUA DE LINGOTERAS EN LA EMPRESA ADELCA ACERÍAS DEL ECUADOR" en la empresa que formo parte, proyecto realizado por el Sr. DIEGO FERNANDO IGUAGO PERUGACHI con CI 1719040527, cursante de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, una vez realizado las pruebas de funcionamiento y cumpliendo con lo acordado en los siguientes objetivos planteados.

1. Definir los parámetros de agua para el funcionamiento óptimo del proceso enfriamiento en el sistema cerrado de lingoteras.
2. Elaborar sistema electromecánico de control de purga y encendido de bombas de abastecimiento.
3. Diseñar sistema electrónico basado en microcontrolador que permita controlar el pH, conductividad y temperatura del agua del sistema cerrado de lingoteras.
4. Implementar un sistema de TX/RX, para obtener comunicación en línea con el celular.
5. Integrar un sistema de visualización y comunicación con el usuario.
6. Realizar pruebas de validación y funcionamiento.

Se da por finalizado el proyecto, quedando para su implementación definitiva después de ser probado durante tres meses por políticas internas de la empresa.

ATENTAMENTE

  
**Ing. Gustavo Betancourt**  
**GERENTE DE MANTENIMIENTO ACERIA**

**adelca**  
EL ACERO QUE NOS UNE

**GUSTAVO BETANCOURT**  
**ACERÍA - MANTENIMIENTO**  
Km 1 1/2 vía a Santo Domingo - Alóag  
Tel.: (02) 396 8100 / Ext.: 6303 / Celular: 098 180 4638  
E-mail: gbetancourt@adelca.com  
www.adelca.com

**MATRIZ CUMBAYA**  
Calle del Establo, lote 50 y del Chorro  
Edificio Site Center, Cumbaya  
Torre 1, Piso 1, Oficina 108  
Tel.: (593 2) 300 1321

**ALOAG - PLANTA**  
Vía Aloag Sto. Domingo Km. 1 1/2  
PBX (593 2) 3968100  
Fax (593 2) 396 8138 -1 -2

**AMBATO**  
Samanga, Panamericana Norte 5/N  
Ingreso a Puerto Arturo  
Tel.: (593 3) 2426 167 / 243 6157  
243 6077 / 243 6126 Fax: 243 6326  
097 060 570 / 095 368 399

**CUENCA**  
Panamericana Norte Km. 13 1/2  
Telefax: (593 7) 249 0042 / 249 0044  
249 0052

**LOJA**  
Vía a Catamayo, Delén Km 2 1/2  
Sector El Delén  
Tel.: (593 7) 302 6329 / 302 6330

**QUITO NORTE**  
Panamericana Norte Km 14,  
frente a la entrada a Llano Elhico  
(junto a las bodegas de Coca Cola)  
Tel. (593 2) 2023 522  
Cel. 080144312 / 080133327

**GUAYAQUIL**  
Tel.: (593 4) 2113466  
211 3952 / 211 3982

**MACHALA**  
Tel.: (593 7) 393 0576 / 393 0595  
Cel.: 085694794

**MANTA**  
Tel.: (593 5) 3900067 / 3900080

**PORTOVIEJO**  
Tel.: (593 5) 293 2595 / 293 2526  
Cel. 098 021 159 / 092 002 890

**QUEVEDO**  
Tel.: (593 5) 2786404  
278 6258 / 211 3982

**SANTO DOMINGO**  
Tel.: (593 2) 274 4146 / 396 8190  
396 8191 cel.: 095 650 931



## **AGRADECIMIENTO**

Quiero mostrar mi gratitud a las personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, que poco a poco fue formándose, empezó como un sueño personal y un reto para mi vida profesional.

El apoyo del Ing. Andrés Albuja Director Técnico de la Acería en ADELCA que es tan importante para mí, agradecer todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

Es difícil agradecer a todas las personas que me han apoyado, pero cabe mencionar que toda mi familia siempre estuvo respaldándome y haciéndome sentir que puedo lograr la meta que me propuse y ante todo agradecer a Dios por darme la salud y vida para poder seguir alcanzando nuevos logros.

**¡Muchas gracias por todo!**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi esposa por el apoyo que siempre me brinda y desde que nos conocemos a llevado mi vida a hacerla especial y hacerme sentir que todo lo puedo lograr.

A mis adorados hijos a quienes son una inspiración para mí son la fuerza que me hace levantar cada día para cuidarlos y ver que sean unas personas de bien.

A mi padre que desde el cielo sé que me brinda su bendición para salir adelante y a mi madre, la reina del hogar y la luz guía del camino mío y mis hermanos.

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	13
CAPÍTULO I.....	18
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	18
1.1. Estudio del arte .....	18
1.2. Parámetros de Agua .....	21
1.3. Potencial de Hidrogeno (pH).....	21
1.4. Conductividad.....	22
1.5. Temperatura.....	23
1.6. Proceso de una Acería.....	24
1.7. Diseño electrónico.....	29
1.8. Microcontrolador AVR 328 p.....	29
1.9. Software Arduino.....	30
1.10. Sensor de pH.....	30
1.11. Sensor de conductividad.....	31
1.12. Sensor de temperatura.....	31
1.13. Tarjeta SIM GPRS GSM 800.....	32
1.14. Pantalla.....	33
1.15. Teclado.....	33
1.16. Relés.....	34
CAPITULO II.....	35
2. METODOLOGIA.....	35
2.1. Etapa de investigación.....	35
2.2. Etapa de diseño.....	37
2.3. Etapa de implementación.....	37
2.4. Etapa de pruebas.....	37
CAPÍTULO III .....	39
3. PROPUESTA.....	39
3.1. Arquitectura.....	39
3.2. Alimentación de energía.....	40
3.3. Microcontrolador de la placa electrónica.....	40
3.4. Diseño electrónico de la placa prototipo.....	41

3.5.	Diseño electrónico de Placa profesional.....	47
3.6.	Implementación de control de las variables del proceso.....	53
3.7.	Interfaz de comunicación.....	57
CAPITULO IV .....		58
4.	IMPLEMENTACION .....	58
4.1.	Elaboración de placas electrónicas del proyecto.....	58
4.2.	Programación.....	63
4.3.	Partes del equipo.....	68
4.4.	Mediciones y calibración del equipo.....	69
4.5.	Configuración de los rangos de funcionamiento.....	73
4.6.	Configuración de Telemática.....	76
4.7.	Aplicación del Equipo .....	77
4.8.	Análisis de costos.....	77
4.9.	Análisis de resultados.....	78
BIBLIOGRAFÍA .....		84
ANEXOS.....		86
MANUAL DE USUARIO .....		93
MANUAL TECNICO.....		97

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 1 Prototipo de medición de parámetros. (PEREZ RUEDA & RODRIGUEZ CASAS, 2016).....	19
Figura 2 Diagrama de hardware de un sistema autónomo. (VIDARTE, 2016).....	20
Figura 3 Escala de pH (DIZ, 2011).....	22
Figura 4 Lingoteras con incrustaciones de dureza.....	23
Figura 5 Flujo de proceso en la Acería (ENCARTA, 2008).....	24
Figura 6 Flujo de proceso en colada continua (KIPDF, 2010).....	25
Figura 7 Tendencia de pH agua de recirculación. ....	26
Figura 8 Lingotera retirada por mantenimiento.....	28
Figura 9 Interior de lingotera con desgaste de cromo.....	28
Figura 10 Diagrama de los pines microcontrolador Atmega 328P-Au (NAYLAMP MECHATRONICS).....	30
Figura 11 Sensor de pH (DFROBOT) .....	31
Figura 12 Sensor de conductividad (DFROBOT) .....	31
Figura 13 Sensor de temperatura PT100 DS18B20 (BRICOGEEK) .....	32
Figura 14 Modulo GSM SIM 800 (ELECTROTEKMEGA).....	32
Figura 15 LCD 20X4 (IBEROBOTICS) .....	33
Figura 16 Teclado matricial 4X4 (ELECTROCREA).....	33
Figura 17 Relay SPDT (THEORYCIRCUIT).....	34
Figura 18 Problemas por tratamiento de agua en ADELCA.....	39
Figura 19 Diagrama de bloques del proyecto.....	40
Figura 20 Diagrama esquemático de componentes electrónicos.....	42
Figura 21 Diagrama esquemático alimentación de energía. ....	42
Figura 22 Diagrama esquemático módulo GSM.....	43
Figura 23 Diagrama esquemático puerto serial USB.....	44
Figura 24 Diagrama esquemático conexión microcontrolador. ....	45
Figura 25 Diagrama conexión protocolo SPI. ....	46
Figura 26 Diagrama conexión relés.....	46
Figura 27 Diagrama conexión LCD.....	47
Figura 28 Diagrama esquemático de componentes electrónicos.....	48
Figura 29 Diagrama esquemático alimentación de energía. ....	48
Figura 30 Diagrama esquemático alimentación de energía modem GSM.....	49
Figura 31 Diagrama esquemático módulo GSM.....	49
Figura 32 Diagrama esquemático puerto serial USB.....	50
Figura 33 Diagrama esquemático conexión microcontrolador .....	50
Figura 34 Diagrama conexión relés.....	51
Figura 35 Diagrama conexión memoria PROM.....	51
Figura 36 Diagrama conexión LCD y teclado.....	52
Figura 37 Diagrama conexión reset.....	52
Figura 38 Diagrama conexión de sensores.....	53
Figura 39 Diagrama de flujo control de temperatura.....	54

Figura 40 Diagrama de flujo control de conductividad .....	55
Figura 41 Diagrama de flujo control de pH .....	56
Figura 42 Telemática. (STIB).....	57
Figura 43 Vista PCB de la placa prototipo.....	58
Figura 44 Vista 3D de la placa .....	59
Figura 45 Hoja de impresión láser del circuito .....	59
Figura 46 Baquelita con pistas del proyecto .....	60
Figura 47 Baquelita con elementos de la placa .....	60
Figura 48 Vista de las pistas de la placa PCB .....	61
Figura 49 Vista de elementos de la placa PCB.....	61
Figura 50 Placa profesional.....	62
Figura 51 Placa terminada.....	62
Figura 52 Programación microcontrolador .....	63
Figura 53 Librería de encendido de pantalla .....	63
Figura 54 Librería de alarma de temperatura y envío de mensajes .....	64
Figura 55 Librerías de Arduino (ARDUINO).....	64
Figura 56 Librería de media aritmética de los valores de pH y conductividad.....	65
Figura 57 Ingreso de rangos de funcionamiento por medio del teclado .....	66
Figura 58 Calibración de sensores y visualización en LCD.....	66
Figura 59 Activación de bomba y envío de mensaje de aviso .....	67
Figura 60 Activación de bomba y envío de mensaje de aviso .....	67
Figura 61 Imagen frontal del equipo.....	68
Figura 62 Imagen parte superior del equipo.....	69
Figura 63 Imagen del costado derecho del equipo .....	69
Figura 64 Equipo MYRON 6PFC .....	70
Figura 65 Monitor serie programa Arduino .....	70
Figura 66 Gráfica de dispersión de datos de medición de pH.....	71
Figura 67 Gráfica de dispersión de datos de medición de conductividad.....	72
Figura 68 Imagen frontal del equipo.....	73
Figura 69 Pantalla con mediciones y rangos de operación del equipo .....	74
Figura 70 Pantalla de calibración pH.....	74
Figura 71 Pantalla de calibración conductividad.....	75
Figura 72 Pantalla de calibración temperatura .....	75
Figura 73 Equipo encendido.....	79
Figura 74 Datos de mediciones de sensores.....	79
Figura 75 Mensajes enviados por equipo.....	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Costos de agua. ....	14
Tabla 3 Mediciones del sensor de pH.....	71
Tabla 4 Mediciones del sensor de conductividad.....	72
Tabla 5 Presupuesto del proyecto.....	78

## RESUMEN

El presente proyecto fue diseñado para controlar los parámetros de agua pH, conductividad y temperatura del tratamiento de agua en el circuito cerrado de enfriamiento de lingoteras en acería de la empresa ADELCA.

La elaboración de la placa electrónica se realizó en dos partes, una placa prototipo elaborado de manera local mediante el software PROTEUS 8.0 y una placa elaborada profesionalmente por medio de un software libre EasyEda. La parte de comunicación con el usuario tiene un LCD 20X4 que permite visualizar los rangos de funcionamiento, además las lecturas actuales de los parámetros y el teclado permite ingresar los rangos de funcionamiento mencionados

La programación de la placa profesional del equipo se la realiza por medio de un puerto serial USB tipo B con el software ARDUINO, programa que permite controlar por rangos de funcionamiento, mensajes de alarmas y activación automática para controlar los parámetros mencionados. Por medio del módulo GSM SIM 800 y el uso de la memoria I2C se desarrolló la telemática del proyecto, el cual permite al encargado de mantenimiento por medio de mensajes SMS manejar las funciones de entrada y salida del equipo.

**Palabras Claves: Controlar, parámetros, conductividad, temperatura, pH**



## ABSTRACT

This project was designed to monitor the water parameters like pH, conductivity and temperature in the closed cooling circuit of ingot moulds in steel plant of the company ADELCA.

The development of the electronic Board was two parts, a prototype developed locally through the PROTEUS 8.0 software, and a plate prepared professionally through free software EasyEda. The communication with the user has a led 20 X 4 that allows to visualize the performances ranges also the current readings of the parameters and keyboard allows you to enter ranges mentioned runs

Programming from the professional plate team made it through a port serial USB type B with the ARDUINO software, during the development of the program allows you to control by operating ranges, alarms and messages automatically to gain control of the mentioned parameters. Through the GSM SIM 800 module and the memory usage I2C was developed telematics of the project which allows responsible for maintenance by means of cell phone functions of input and output of the team.

**Key words: Control, parameters, temperature, conductivity, pH.**

## INTRODUCCION.

### ANTECEDENTES.

El agua en la industria se utiliza para diferentes propósitos, ya sea para el intercambio de calor o para la transformación de energía etc. En la Acería es utilizada como un medio para intercambio de calor en la producción de acero. Para evitar daños o desgaste prematuro en las instalaciones de las industrias, se requiere que el agua sea tratada. Según lo mencionado por Aznar y Barba (AZNAR JIMENEZ & ALONSO BARBA) los parámetros para control de calidad son:

- Físicos.- como el olor, sabor, color, turbidez, resistividad y **conductividad**, **este último parámetro** es importante debido que el agua pura no conduce la electricidad; por lo tanto la conductividad que se encuentre en el agua será consecuencia de las impurezas presentes
- Químicos.- son los elementos que se encuentran presentes en el agua, por mencionar los más importantes y que son objetos de medición dentro del tratamiento de agua de la acería son: dureza, sílice, fosfato y pH siendo este último parámetro a controlar el que permite saber la naturaleza del agua si es ácida o alcalina. La mayoría **de las aguas naturales** tienen un pH entre 6 y 7.
- Biológicos.- son un indicativo de la contaminación orgánica y biológica. El cual conlleva un tratamiento con mayor intensidad en suministros de agua potable.

Los parámetros mencionados para poder realizar un tratamiento del agua se debe medirlos y se lo puede realizar por medio de sensores o por medio de colores por anexión de químicos.

**Planteamiento y justificación del problema.**

En la actualidad el agua que se utiliza para el circuito de enfriamiento de lingoteras en la Empresa ADELCA C.A. no está siendo utilizada en toda su capacidad. Para controlar los parámetros, tales como: temperatura, pH, turbiedad, conductividad, sílice, dureza y fosfato, del agua tratada se realizan mediciones cada 4 horas. La falta de un control en línea del proceso ha llevado a que se purgue el circuito, generando importantes pérdidas para la empresa y un mal uso de recursos naturales que afectan al medio ambiente.

El costo de los tratamientos químicos en ADELCA se realiza en referencia a la producción por toneladas, esto se lo realiza para tener una visión del costo real ya que entre más producción mayor es el consumo de insumos. Teniendo este precedente la Tabla 1 es un resumen que indica el costo por año del consumo de químicos para el tratamiento de agua.

*Tabla 1 Costos de agua.*

	<b>COSTO USD/TON</b>	<b>COSTO TOTAL USD</b>
<b>2015</b>	<b>\$ 0,937</b>	<b>\$ 211.499,500</b>
<b>2016</b>	<b>\$ 0,814</b>	<b>\$ 193.081,600</b>
<b>2017</b>	<b>\$ 0,901</b>	<b>\$ 195.381,093</b>

Actualmente el consumo de agua es de  $8,21\text{m}^3/\text{h}$  mientras que teóricamente con la implementación del proyecto debe tener un consumo de  $5,91\text{ m}^3/\text{h}$ .

$$\text{Desperdicio} = 8,21 - 5,91 (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{Desperdicio} = 2,3\text{ m}^3/\text{h}$$

Lo que indica un desperdicio de:  $2,3m^3/h$

En porcentaje es el: 28% del consumo de agua. Al tener en cuenta un ahorro solo del 20% de consumo de agua, el consumo de los químicos bajara en una proporción similar. Teniendo un costo promedio de los tres años.

Costo promedio 199987, 40 USD.

El ahorro del 20% anual.

Ahorro anual=39997,48 USD al año.

La creación de un equipo que mida en línea los siguientes parámetros del agua:

- pH.
- Temperatura.
- Conductividad.

Para que los controle mediante la dosificación de ácido clorhídrico, agua tratada y las purgas del agua en el circuito cerrado de lingoteras. Reducirá el consumo de químicos y desperdicio de agua, utilizados para el tratamiento. Reduciendo los costos de producción.

### **Objetivo general.**

Desarrollar un sistema de control automático para el sistema de enfriamiento por agua de lingoteras en la empresa ADELCA Acerías del Ecuador.

### **Objetivos Específico.**

- Definir los parámetros de agua para el funcionamiento óptimo del proceso enfriamiento en el sistema cerrado de lingoteras.
- Elaborar un sistema electromecánico de control de purga y encendido de bombas de abastecimiento.
- Diseñar un sistema electrónico basado en microcontrolador que permita controlar el pH, conductividad y temperatura del agua del sistema cerrado de lingoteras.
- Implementar un sistema de TX/RX, para obtener comunicación en línea con el celular.
- Integrar un sistema de visualización y comunicación con el usuario.
- Realizar pruebas de validación y funcionamiento.

## **Descripción de los capítulos**

### **Capítulo 1: Fundamentación Teórica**

En este capítulo se muestra los conceptos de los parámetros a controlar del agua. La descripción de flujo de la producción de una Acería, describiendo los valores de las variables de funcionamiento del agua y colada continua que se requiere para un buen desempeño durante la producción.

### **Capítulo 2: Propuesta**

En este capítulo se realiza una descripción del diseño electrónico y sus componentes, al igual que la lógica de control realizada para cada parámetro de agua que se controlará y la programación de la telemática del proyecto

### **Capítulo 3: Implementación**

En el desarrollo de este capítulo se describe el ensamblaje físico de la parte electrónica y la programación del software del equipo, tanto para la tarjeta prototipo, como para la tarjeta instalada en el equipo.

## CAPÍTULO I

### 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

#### 1.1. Estudio del arte

El agua por ser de un alto uso para diferentes industrias y consumo, posee diversas aplicaciones. A continuación se describen proyectos relacionados al control de los parámetros físicos del agua.

En el trabajo “Prototipo de medición de parámetros físico químico para determinar la relación entre indicadores biológicos y calidad del agua en el humedal Santa María del Lago-Bogotá” (PEREZ RUEDA & RODRIGUEZ CASAS, 2016), se realizan tomas de medidas en un lago con el objetivo de dar una solución tecnológica a la recolección y análisis de datos asociados a los factores ambientales que influyen en el humedal.

El prototipo de medición fue realizado con las siguientes características:

- Utilice energía solar
- En la plataforma Arduino y la placa utilizada fue Arduino Mega.
- Permite almacenar datos.
- Los parámetros el agua considerados en el proyecto pH, turbiedad y temperatura.

El prototipo está constituido físicamente por tres partes: descritas a continuación:

1. Una balsa en la cual se ubican los sensores.

2. Un cable multipilar a través del cual se conduce las señales eléctricas emitidas por los sensores.
3. La caja principal, en la que se ubica el panel solar, batería, tarjeta de procesamiento y display.

En la Figura 1 se puede observar las partes físicas del prototipo.



*Figura 1 Prototipo de medición de parámetros. (PEREZ RUEDA & RODRIGUEZ CASAS, 2016)*

En el proyecto “Adaptación e implementación de un sistema autónomo de bajo costo de monitorización de calidad del agua en tiempo real” (VIDARTE, 2016), creado para determinar si el agua es potable según las diferentes normativas, el sistema en su diseño tiene la capacidad de dar datos en tiempo real de los parámetros medidos, además de enviar alarmas cuando detecte un problema. Los parámetros que fueron elegidos en el proyecto fueron pH, conductividad eléctrica, temperatura y potencial de oxidación/reducción. Por ser para el consumo humano midieron parámetros químicos y microbiológicos. En su diseño utilizaron una placa de Arduino Mega y los sensores necesarios para medir los parámetros mencionados. Con un diagrama de hardware como muestra la Figura 2.



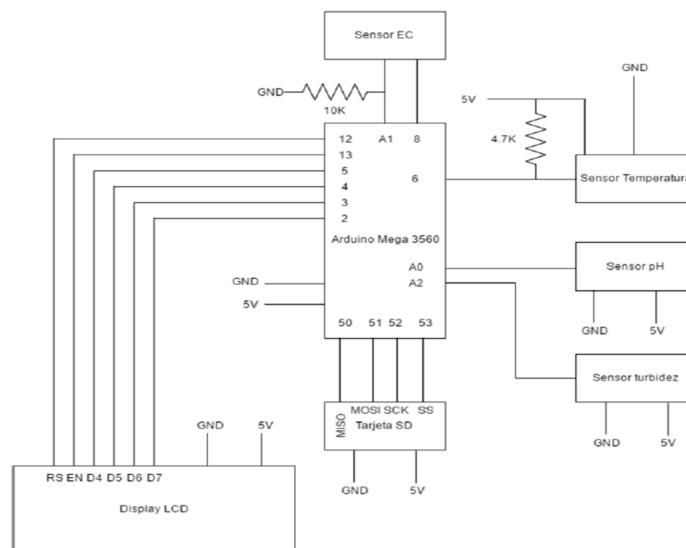


Figura 2 Diagrama de hardware de un sistema autónomo. (VIDARTE, 2016)

Con el análisis de los proyectos mencionados, se puede guiar y realizar un mejor planteamiento a desarrollar, considerando las siguientes observaciones.

- Los proyectos fueron desarrollados en la placa Arduino Mega, y no se adapta al proyecto a realizarse por que se diseñara una placa electrónica.
- Los dos proyectos realizaron la programación en Arduino.
- Los datos del primer proyecto son recolectados y almacenados, para luego revisarlos. El segundo proyecto se adapta más al proyecto a realizarse, porque se puede tener acceso en línea y a su vez emite las alarmas de lo que está sucediendo en el proceso.
- En el primer proyecto los sensores fueron montados sobre una tipo balsa que permite tomar medidas de agua en lagos, es decir, agua casi estática en cambio en el segundo proyecto es para agua más turbulenta, esto se adapta al requerimiento, porque el circuito que se va a monitorear es dinámico y la medición se la realizara en una piscina pero el agua es impulsada por medio de bombas a través de la tubería de abastecimiento y retorno con un caudal de  $480 \text{ m}^3/h$ .

## 1.2. Parámetros de Agua

Teniendo el concepto básico del agua que es un líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido formado por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno estando presente en el planeta en un porcentaje del 71,6% y el 28,4 es tierra, según lo menciona Jiménez y Barba (AZNAR JIMENEZ & ALONSO BARBA).

El agua tiene diferentes parámetros físicos y químicos, pero se van a detallar a continuación los parámetros a monitorear en el presente proyecto:

## 1.3. Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH es una medida de la concentración del ion hidrogeno en escala logarítmica. Por este medio se puede definir si una sustancia acida o alcalina.

De la Ecuación 1 para realizar el cálculo de la escala logarítmica de pH:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+] \quad (1)$$

Se puede definir que un nivel de pH representa una diferencia de 10x. Por ejemplo, cuando se compara un pH de 7 con uno de 6, el pH de 6 es diez veces más ácido que el de 7. Además, un pH de 6 sería 100 veces más ácido que un pH de 8.

De aquí se nota la importancia de regular el valor del pH, ya que una simple variación de 1 en la escala de pH, representa un cambio de diez veces en la concentración del agua, a continuación se muestra en la Figura 3, la escala logarítmica para la medición de pH siendo 7 un número neutro.

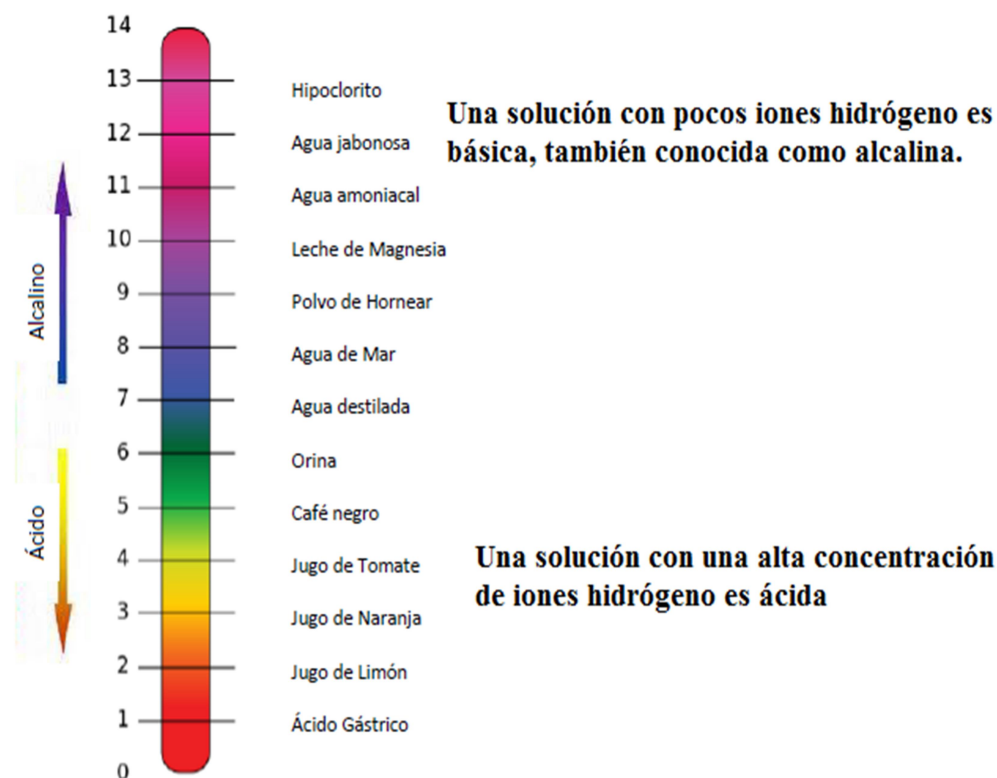


Figura 3 Escala de pH (DIZ, 2011)

En ADELCA para el tratamiento químico del agua, se maneja un rango de trabajo del pH de entre 7 a 8,5, para que la tubería mantenga su protección de fosfato y así evitar su corrosión prematura. Por lo mencionado en el concepto, cuando el valor del pH sea 7 se haría el agua acida y limpiaría la protección de la tubería volviendo el agua turbia haciendo que se eleve drásticamente la conductividad. Si pasa de 8,5 la protección de fosfato tendería a generar una mayor capa en la tubería si no se corrigiera este daño la tubería podría taparse.

#### 1.4. Conductividad.

Tiene por unidad de medida los microsiemens ( $\mu\text{S}$ ), se define como el flujo de electricidad a través de un conductor, pudiendo haber conductores metálicos y conductores iónicos. “El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la

corriente eléctrica” (AZNAR JIMENEZ & ALONSO BARBA, p. 8). A partir de lo mencionado por Jiménez y Barba, en el tratamiento de agua de la acería se usa este parámetro para definir cuando el agua está ya con demasiadas sales. Las sales pueden ser como iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) o magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) que son las principales impregnaciones que pueden aparecer en las tuberías o en las lingoteras como se observa en la Figura 4.



*Figura 4 Lingoteras con incrustaciones de dureza*

### 1.5. Temperatura

Para el presente proyecto se utilizara como unidad de medida de la temperatura los grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ), esta se define como la cantidad de calor que hay en un cuerpo (PEREZ PORTO & GARDEY, 2012).

La temperatura del agua es vital, en el proceso de colada continua donde se da la forma al acero líquido por medio del intercambio de calor entre el agua y la lingotera.

### 1.6. Proceso de una Acería.

En la actualidad ADELCA tiene la siguiente distribución, donde cada área cumple las actividades que se detallan a continuación.

- **Metálicos.-** es el área encargada de almacenar y dar el tratamiento a la chatarra en dos formas o presentaciones que son la chatarra que es compactada por medio de prensas hidráulicas y la chatarra triturada por medio de un molino mecánico. Permite con este tratamiento de la chatarra mejorar los tiempos de producción en la Acería.
- **Acería.-** la chatarra es procesada en tres tramos importantes. Un horno eléctrico que funde la chatarra por medio de arco eléctrico, el horno cuchara que es donde se dan las propiedades químicas para cada tipo de acero y colada continua que es donde se forman los lingotes de acero.
- **Laminados.-** es el área donde a los lingotes de acero se los transforma en varilla antisísmica, ángulos cuadrados, redondos y lisos.
- **Trefilados.-** esta área es la encargada de disminuir el diámetro al alambroz para poderlo utilizar en la elaboración de materiales para la construcción de clavos, malla de acero electro soldada, varillas trefiladas, alambre de púas, material figurado, galvanizados y recocidos.

La Figura 5 resume en forma gráfica el proceso de producción descrito anteriormente.

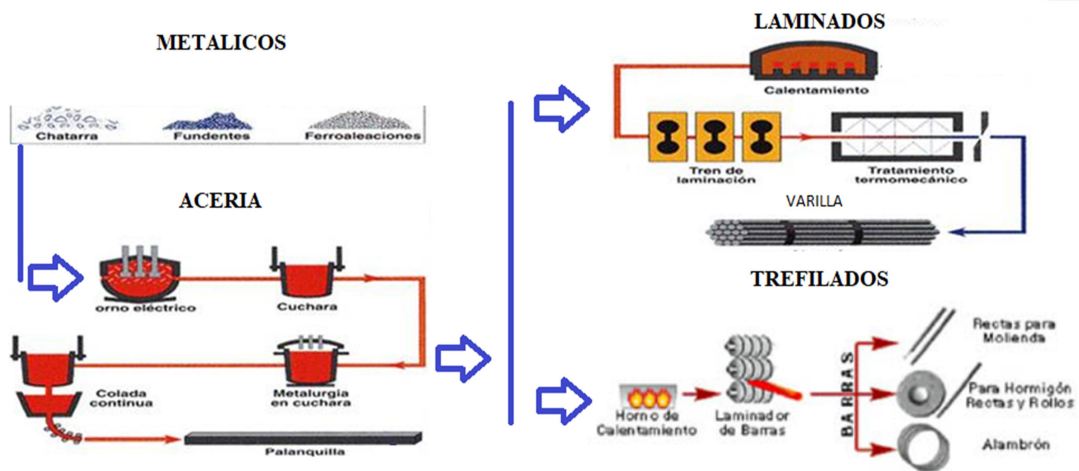


Figura 5 Flujo de proceso en la Acería (ENCARTA, 2008)

A continuación se va a profundizar acerca del proceso de colada continua que es donde se requiere controlar los parámetros del agua de enfriamiento.

Después de fundir el acero y tener todas las propiedades químicas necesarias para cada tipo de acero, en colada continua se da la forma y medidas necesarias al acero dependiendo de los requerimientos de fabricación.

Se puede observar en la Figura 6, que donde está el acero amarillo se encuentra en su estado líquido y donde se ve una película café está solidificándose. En la parte donde esta azul es por donde pasa el agua de enfriamiento y permite a través del molde o lingotera realiza el intercambio de calor para que el acero baje de temperatura y comience a solidificarse.

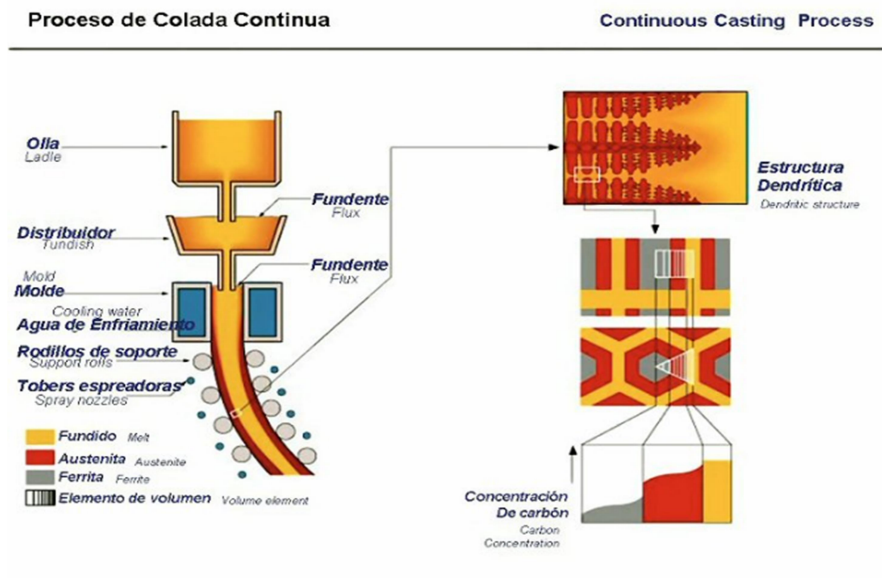


Figura 6 Flujo de proceso en colada continua (KIPDF, 2010)

Por tal motivo se va a detallar los parámetros de operación de agua y de colada continua

### 1.6.1. Parámetros de Operación Tratamiento de Agua:

Los parámetros más importantes que ADELCA controla para no afectar al proceso (calidad de palanquilla) son:

- Dureza Total agua recirculación: 32 – 36 PPM. Si la dureza baja de 32 PPM, la regulan introduciendo agua dura.
- pH agua recirculación: 7.5 – 8.50
- Delta temperatura: 5 – 5.5°C
- Conductividad 250 a 400  $\mu S$
- Fosfato agua recirculación: 10 – 14 PPM
- Sílice agua recirculación: 20 – 25 PPM

Adicional en el proceso se tiene los siguientes parámetros de consumo de agua:

- Caudal recirculación enfriamiento: 480m<sup>3</sup>/h
- Caudal de reposición: 140 – 190 m<sup>3</sup>/dia
- Volumen piscina sistema: 780m<sup>3</sup>
- Purga estimada: 8.21 m<sup>3</sup>/h

Para llegar a los parámetros de agua mencionados se realizan actividades de control y de supervisión en la planta de agua. Las mediciones son registradas en los formatos del área de servicios que se encuentran en el anexo 1. Los resultados se utilizan para detectar anomalías en el agua por medio de líneas de tendencia, que se puede observar en la Figura 7.

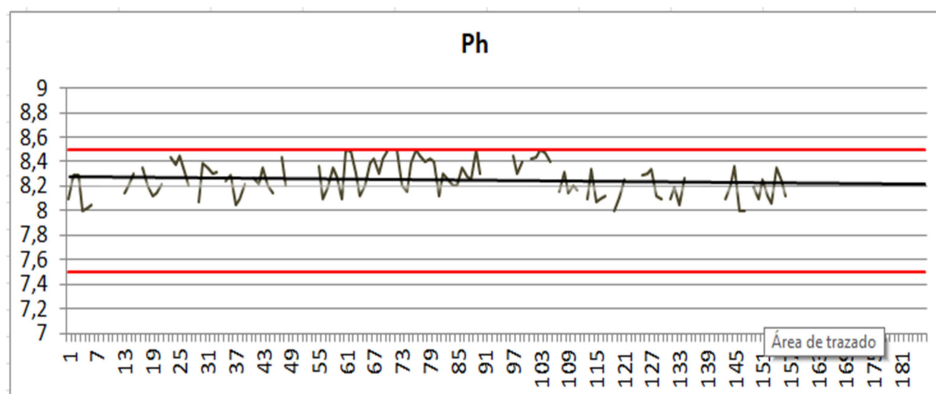


Figura 7 Tendencia de pH agua de recirculación.

Después de las mediciones se procede a realizar las siguientes acciones correctivas para que el agua se mantenga dentro de parámetros:

- Reposición de agua.
- Anexión de químicos.

- Purga de agua de recirculación.

### 1.6.2. Parámetros de Operación Colada Continua:

Los parámetros definidos en ADELCA para un buen desempeño en el proceso de colada continua son:

- Temperatura de acero en lingotera: 1560 °C, promedio en todos los aceros.
- Temperatura de acero en el arranque MCC: 1570 – 1580 °C por 40 minutos (equivale a una colada), luego bajan a 1560°C.
- Tipo de horno: Eléctrico de fundición Aceros SAE que producen: 1026, Medio Carbón (90% de la producción) o Bajo Carbón: 1020, 1015, 1010, 1008, 1006, 1005 (10% de la producción) o Producción: 22000 Ton/mes
- Número de moldes: son 3 lingoteras: L1, L2, L3, con tubos parabólicos de 130\*130 mm, radio 6000 mm.
- Composición Lingoteras:
  - Cu 99.9%; Ag 0.08 – 0.12%; P 0.005 – 0.012%
  - Recubrimiento interno Cr 0.06 – 0.08 mm espesor.
  - Vida Útil: 600 Coladas/Tubo.
  - Esto equivale a 6000 Ton producidas de acero. Gap de separación entre tubo de cobre y camisa es de 4.5 mm
- Para SAE 1026: Caudal de recirculación de agua de enfriamiento: 1700 litros/minuto en cada lingotera
- Delta T especificado: 4.5 – 5.5°C
- Rombosidad del acero requerida: 4 – 5%. Tienen picos de hasta 9%, pero sobre el 6% se consideran chatarra.
- Para SAE 1020 al 1005: Caudal de recirculación de agua de enfriamiento: 1650 litros/minuto en cada lingotera
- Delta T especificado: 4.5 – 5.0°C
- Rombosidad del acero requerida: 4 – 5%.
- Rombosidad obtenida: 1% en promedio, con picos hasta 4%

Los parámetros mencionados mantendrá en buenas condiciones a la lingotera que en ADELCA es un molde de cobre, el cual es utilizado para obtener la forma



cuadrangular de la palanquilla, es lubricada con un tipo de aceite vegetal en el interior de las paredes del tubo de cobre y refrigerada con agua tratada por la parte externa del tubo de cobre, además tiene un anillo de refrigeración al pie de la lingotera cuya función es enfriar la palanquilla.

La frecuencia de mantenimiento de las lingoteras se realiza en una parada programada luego de haberse producido un promedio de 200 a 250 coladas, las lingoteras son retiradas del bloque de operación para mantenimiento preventivo. En la Figura 8 se observa la lingotera que tiene incrustaciones debido a problemas con el agua de enfriamiento, en esa lingotera en especial se tuvo problemas con un alto pH de 9.2 y al igual que la dureza llegó a 42 PPM.



*Figura 8 Lingotera retirada por mantenimiento.*

La figura 9 muestra el interior de la lingotera que salió de operación por un desgaste normal de cromo por la producción de acero. En el anexo 2, está el formato para dar de baja a una lingotera.



*Figura 9 Interior de lingotera con desgaste de cromo.*

### 1.7. Diseño electrónico.

El Diseño Electrónico estimula el funcionamiento, la creatividad e ingenio del diseñador electrónico. El Diseño y Desarrollo Electrónico involucra tres ramas fundamentales de la tecnología: el hardware (todo lo que tiene que ver con tarjetas electrónicas, circuitos impresos o PCB, componentes electrónicos y accesorios), el firmware (son las instrucciones o programas de muy bajo nivel que por lo general están en los microprocesadores, microcontroladores o sistemas embebidos a los que el usuario común no puede acceder ni alterar), y el software (programas residentes en dispositivos tales como computadoras, teléfonos inteligentes, tablets, etc.) (WIKIPEDIA, 2019).

### 1.8. Microcontrolador AVR 328 p.

El Atmega 328P-AU es un microcontrolador de 8 bits de alto desempeño, con arquitectura RISC, en formato superficial o SMD.

Posee características como: 32 KB de memoria flash; con la capacidad de leer-mientras-escribe, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 líneas de E/S de propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles/contadores con modo de comparación, interrupciones internas y externas, programador de modo USART, una interface serial orientada a byte de 2 cables, SPI e I2C, 8-canales 10-bit Conversor A/D (2 más que el Arduino Uno), "watchdog timer" programable con oscilador interno, y cinco modos de ahorro de energía seleccionables por software. El dispositivo opera entre 1.8 y 5.5 voltios. Su arquitectura le permite ejecutar instrucciones en un solo ciclo de reloj, alcanzando una potencia de 1 MIPS (NAYLAMP MECHATRONICS).

En la Figura 10 se muestra la distribución de pines microcontrolador ATMEGA 328P-AU

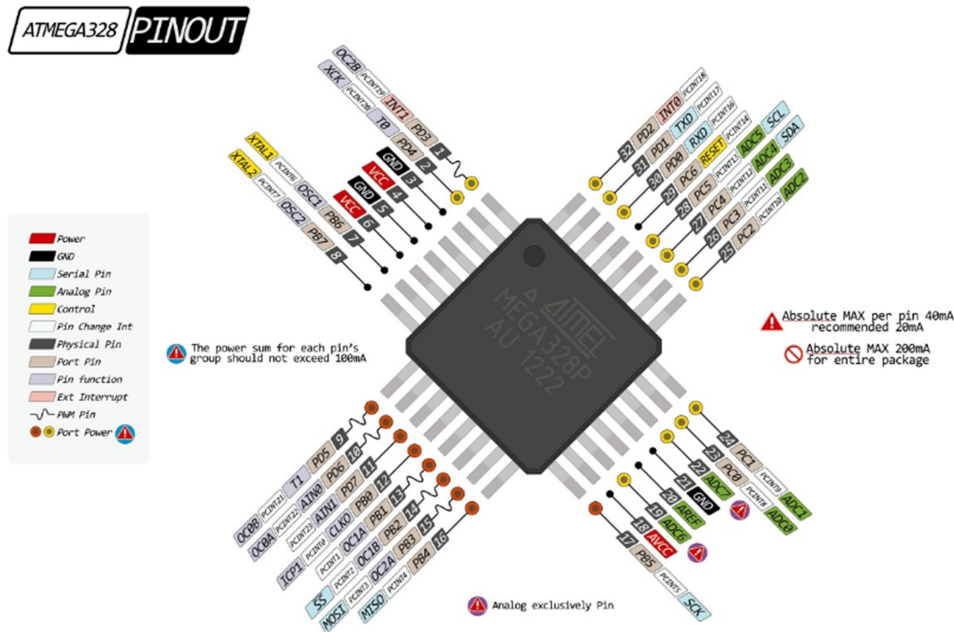


Figura 10 Diagrama de los pines microcontrolador Atmega 328P-Au (NAYLAMP MECHATRONICS)

### 1.9. Software Arduino.

El software de la tecnología arduino se encuentra al alcance de todo el público, se puede descargarlo en la página oficial de Arduino o en la web; Para la configuración se utiliza un lenguaje de programación en C++, eso quiere decir que, permite expandirse por librerías.

Los comandos que se utiliza para la programación se visualiza en tutoriales de varias páginas web e incluso en la página oficial de Arduino. Este software, es que es compatible para Windows, Mac y Linux.

### 1.10. Sensor de pH.

El sensor de pH SEN0161 permite medir el pH de un líquido en un rango de 0 a 14, gracias a su placa controladora que ofrece un valor analógico proporcional a la medición. El controlador tiene un potenciómetro que permite la calibración de la sonda, requiere de una fuente de alimentación de 5V y para su conexión cuenta con un cable de 3 hilos como se observa en la Figura 11.

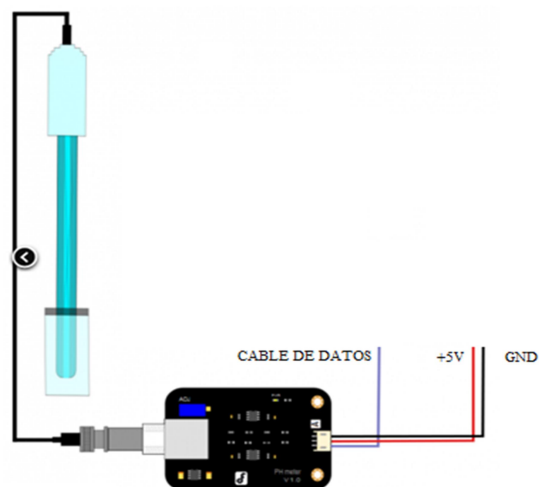


Figura 11 Sensor de pH (DFROBOT)

### 1.11. Sensor de conductividad.

El sensor para medir la conductividad del agua B01FL10P6Q para Arduino requiere una fuente de alimentación de 5V y proporciona salida analógica de 0-5V. Está equipado con compensación de temperatura y para su conexión cuenta con un cable de 3 hilos como se observa en la Figura 12.

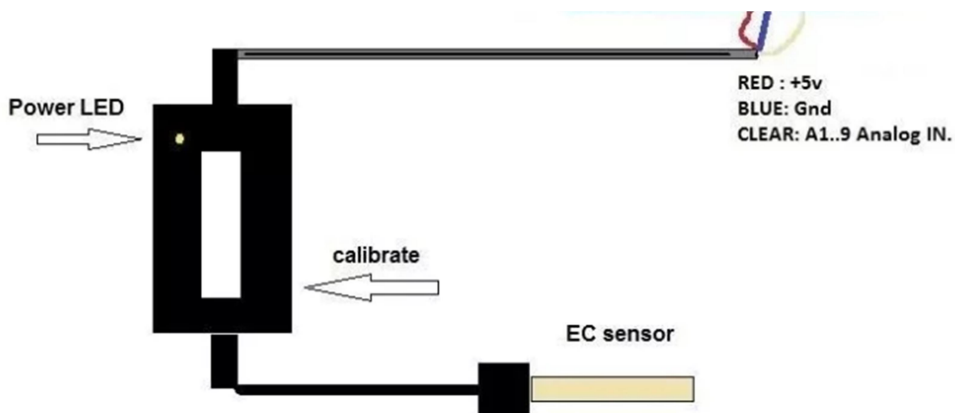


Figura 12 Sensor de conductividad (DFROBOT)

### 1.12. Sensor de temperatura.

Para la recolección de datos de temperatura se utilizó el sensor de temperatura Pt100 DS18B20 por tener un bajo precio y una buena calidad, cuya gráfica se muestra en la Figura 13. Permite medir temperaturas en un rango de -55 a 125°C, por su

envoltura permite sumergirlo en líquido. Es un sensor digital, que puede funcionar en modo 1-Wire con una precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  con una resolución de 12 bits. El rango de funcionamiento es de 3 a 5V por lo que se puede utilizar en prácticamente cualquier sistema de que use microcontroladores, tienes 3 cables: Rojo es Vcc (positivo), Azul/Negro es GND (negativo) y Amarillo/Blanco es el cable de datos.



Figura 13 Sensor de temperatura PT100 DS18B20 (BRICOGEEK)

### 1.13. Tarjeta SIM GPRS GSM 800

La tarjeta GSM/GPRS SIM800C Shield como se muestra en la Figura 14, es una tarjeta electrónica compacta que posee un módulo SIM800C GSM 4. Se configura por vía UART usando comandos AT, en otras se comunica con otras tarjetas Arduino con microcontrolador, es ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, mandar mensajes de texto a celulares, etc.



Figura 14 Modulo GSM SIM 800 (ELECTROTEKMEGA)

### 1.14. Pantalla

Para visualizar los valores de medición y rangos de funcionamiento del pH, temperatura y conductividad del proyecto se emplea un display LCD de 4 líneas de 20 caracteres que se observa en la Figura 15. Se lo puede usar con comunicaciones I2C o serie 9600 bps, requiere una alimentación de 5V y consume 125mA con la retroiluminación de pantalla encendida



Figura 15 LCD 20X4 (IBERBOTICS)

### 1.15. Teclado

Para el ingreso de los rangos de funcionamiento de operación del equipo se emplea un teclado matricial de 16 teclas (4x4), el cual se lo puede observar en la Figura 16. Está elaborado en un material de membrana delgada y flexible con revestimiento adhesivo, tiene un voltaje de alimentación máximo de 35V y en la salida tiene un conector hembra de 8 pines.

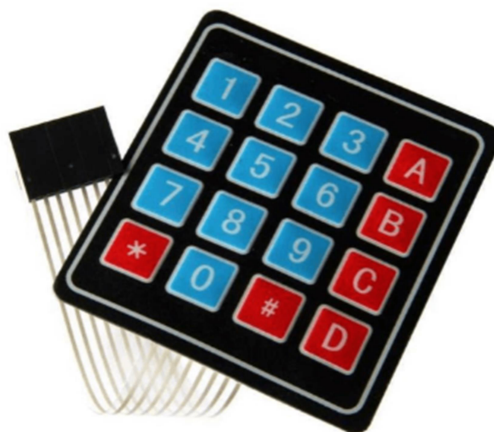


Figura 16 Teclado matricial 4X4 (ELECTROCREA)

### 1.16. Relés

En el proyecto se utilizó SPDT RELAY con una alimentación para la bobina de 12VCC y conexión eléctrica como se puede observar en la Figura 17.



Figura 17 Relay SPDT (THEORYCIRCUIT)

## CAPITULO II

### 2. METODOLOGIA.

Para el desarrollo de este capítulo se plantea los aspectos metodológicos y prácticos con los cuales se realizó el diseño, implementación y puesta en marcha del equipo para realizar el control automático para el sistema de enfriamiento por agua de lingoteras en la empresa ADELCA, es necesario dividirlo por etapas:

- Etapa de Investigación.
- Etapa de Diseño.
- Etapa de Implementación.
- Etapa de Pruebas.

#### 2.1. Etapa de investigación.

La presente investigación es descriptiva, por que analiza y describe el tema en estudio. Adicional es de tipo aplicado, porque se plantea el diseño e implementación de un dispositivo que permita la medición y control de los parámetros del agua para un óptimo proceso en la empresa ADELCA.

##### 2.1.1. Enfoque de la investigación.

Por lo mencionado por Sampieri (2010, pág. 4) acerca del **enfoque cuantitativo** manifiesta que representa, un conjunto de procesos secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las



preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la hipótesis

En el enfoque cuantitativo del proyecto se reunieron, analizaron los datos de las hojas de control del tratamiento de agua, colada continua y los historiales de como trabajaron las lingoteras en función a las líneas de tendencia que marcaban cada parámetro analizado, para determinar cuáles son los valores óptimos para el proceso de producción de acero en colada continua de ADELCA.

### 2.1.2. **Recolección de Datos.**

En este aparte se precisan las dos técnicas que se van a emplear según el tipo de investigación aplicado.

Técnica de inspección de documentación y bibliografía relacionada con los procedimientos para el diseño de un dispositivo de medición de pH, conductividad y temperatura en plataforma Arduino.

Técnica de observación y toma directa de datos resultantes de la calibración del dispositivo y medición de pH, temperatura y conductividad.

### 2.1.3. **Diseño de Variables.**

Las siguientes variables fueron propuestas para la comprobación de la hipótesis:

- pH
- Conductividad.
- Temperatura.

## **2.2. Etapa de diseño.**

El diseño de un sistema de control automático para el sistema de enfriamiento por agua de lingoteras en la empresa ADELCA Acerías del Ecuador. Debe garantizar la confiabilidad de los datos reportados por cada sensor del dispositivo, esto permitirá la medición de las variables del tratamiento de agua definidas para el proceso en ADELCA.

Para la etapa de diseño se realizó una tarjeta electrónica prototipo para ver la viabilidad del proyecto con un microcontrolador ATMEGA 164P.

Para la implementación definitiva del proyecto se elaboró una placa profesional con el microcontrolador ATMEGA328P-AU, para tener la alternativa de programar en ARDUINO.

Para la medición de las variables definidas se utilizó sensores analógicos para medir la temperatura, pH y conductividad.

## **2.3. Etapa de implementación.**

Al tener realizada la tarjeta electrónica e instalado el programa, se utiliza una tarjeta SIM para comenzar con la configuración de la telemática del proyecto, que permite enviar alarmas cuando el equipo detecte una variación de los parámetros del agua y poder encender de manera remota los equipos para poder el tratamiento del agua.

Con las muestras del agua se realiza la simulación de cómo puede variar el proceso con los datos obtenidos durante la etapa de investigación.

## **2.4. Etapa de pruebas.**

Para el desarrollo de esta etapa, se utilizó el método de investigación experimental, el cual, permite realizar todo tipo de pruebas acorde a la necesidad de ese momento. Básicamente se ejecutó dos pruebas funcionamiento:

- a) Análisis cuantitativo de los datos: Consiste en la revisión de los datos reportados por los sensores del prototipo diseñado en relación con los mismos datos reportados por el equipo de control (MYRON 6PFC) con el que se realiza la calibración del dispositivo. Para este propósito se tomaron mediciones de los parámetros de pH, temperatura y conductividad. La toma de datos fue en varias condiciones de los parámetros dados utilizando las muestras aproximadas a los rangos de operación identificados para el óptimo funcionamiento de la colada continua de ADELCA. Con los datos obtenidos se determina un porcentaje de error inferior al 1% en el sensor de pH y la conductividad por variar en función de la temperatura, se realiza un ajuste lineal para tener las ecuaciones de funcionamiento para la programación del equipo.
- b) Pruebas de comunicación con tarjetas SIM: durante un periodo fueron puesta a pruebas cada tarjeta SIM de las cuatro operadoras que brindan servicios de telefonía móvil en el Ecuador, estas son: MOVISTAR, CLARO, CNT y TUENTY. Todas las compañías que prestan servicios de telefonía móvil, pueden ser utilizados para el proyecto. Al momento de variar las muestras de agua y salir de los rangos configurados en el equipo se recibió los mensajes SMS de alerta en la línea 0967997793 que es del encargado del mantenimiento, primero se verifico que los actuadores se enciendan de manera automática de acuerdo a la configuración del programa y se realizó la activación de los actuadores de manera remota.

## CAPÍTULO III

### 3. PROPUESTA

El tratamiento de agua para la industria se ha desarrollado para evitar daños de los equipos e instalaciones. Pero al perder el control de parámetros en el agua tratada en la acería de ADELCA genera problemas y costos adicionales que se puede ver en la Figura 18.



Figura 18 Problemas por tratamiento de agua en ADELCA

#### 3.1. Arquitectura.

El presente proyecto está diseñado para controlar el pH, temperatura y conductividad del agua, debido a que son parámetros por los que se tiene que purgar el circuito cerrado, reponer agua y adicionar químicos.

Para la realización del proyecto se tuvo en consideración el diagrama de bloques que se observa en la Figura 19, del que se aprecia lo siguiente:

1. El microcontrolador es alimentado por una fuente de energía.
2. Los sensores ingresan señales analógicas al microcontrolador.

3. El interfaz de comunicación permite ingresar datos al microcontrolador.
4. El interfaz de comunicación permite al usuario visualizar los valores de las mediciones
5. Conforme se desarrolle el programa emitirá señales para los actuadores.

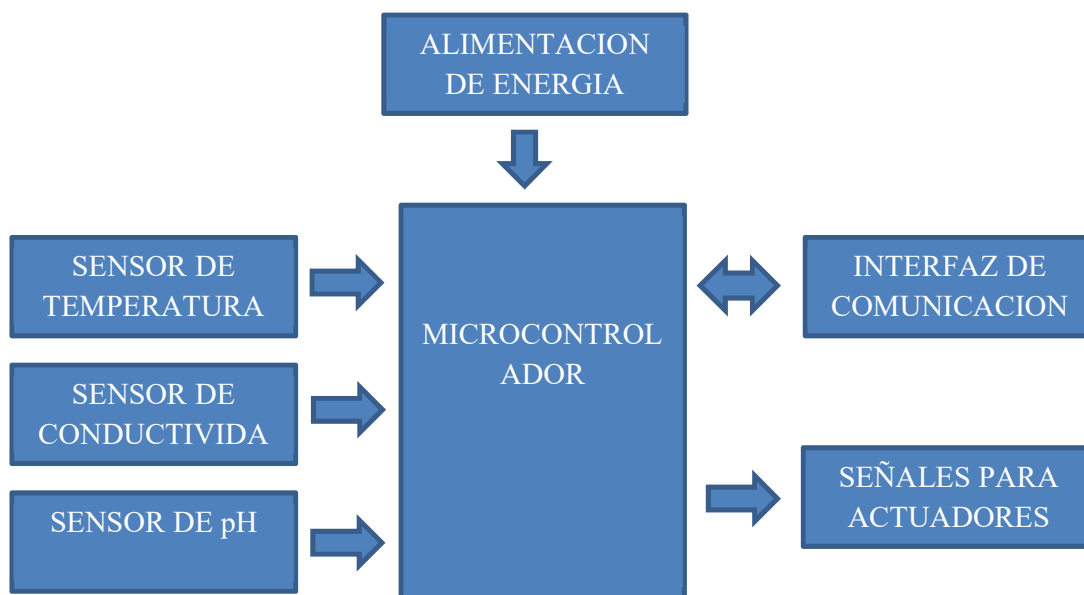


Figura 19 Diagrama de bloques del proyecto

### 3.2. Alimentación de energía.

Los valores de voltaje con los que se trabajara en el proyecto según sus secciones:

- Voltaje de alimentación 120VAC.
- Transformador de voltaje T1 120/12VAC
- Puente de diodos rectifica el voltaje a 12 VCC.
- La alimentación de energía de los dispositivos electrónicos de la tarjeta y sensores es de 5VCC.

### 3.3. Microcontrolador de la placa electrónica.

Para realizar la placa electrónica del proyecto se elaboró primero un prototipo en una placa construida de manera local, luego de realizar las pruebas correspondientes y ver que el proyecto era factible, el departamento de Ingeniería eléctrica/electrónica de ADELCA

sugirieron que se realice una placa de manera profesional que permita tener varias opciones para su programación.

Por lo mencionado, la placa prototipo elaborada localmente fue realizada con el microcontrolador ATMEGA 164P y la placa profesional se realizó con el microcontrolador ATMEGA328P-AU. Los dos microcontroladores tienen la misma arquitectura, la diferencia principal del microcontrolador ATMEGA328P-AU es que acepta bootloader Arduino y permite programar con software libre, de la página oficial de Arduino (ARDUINO). Esto permite utilizar las librerías de Arduino y con esto facilitar la programación.

### **3.4. Diseño electrónico de la placa prototipo.**

La primera placa del prototipo se fabricó y diseño mediante el software PROTEUS V8.6, que es una compilación de programas ARES e ISIS.

El programa ISIS presenta la posibilidad de realizar los esquemas de los circuitos con casi todos los componentes que se encuentran disponibles en el mercado, además posee una aplicación que permite simular y verificar la efectividad del circuito electrónico.

El programa Ares permite que el esquema realizado en ISIS se pueda ponerlo en un board virtual, para ubicar los componentes y las pistas de manera manual o mediante el auto ruteo. Terminado el procedimiento se imprime en laser para realizar el circuito impreso y obtener las pistas de conducción, mediante una reacción que extrae el cobre sobrante de la bakelita.

El programa presenta la posibilidad de ver la placa en varias vistas ya sea 3D, PCB Layout y esquemático.

#### **3.4.1. Diagrama esquemático Proteus.**

La representación gráfica de los circuitos electrónicos se observa en la Figura 20, en la que se observa las conexiones y los componentes de la tarjeta del prototipo.

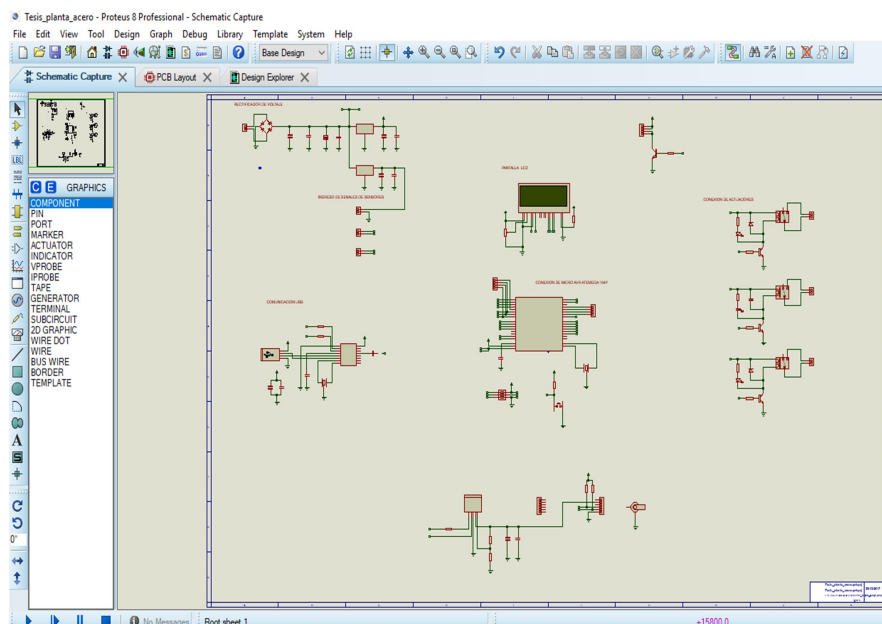


Figura 20 Diagrama esquemático de componentes electrónicos

### 3.4.2. Alimentación de energía.

Se tiene un transformador de 120/12 VAC que se conecta a la bornera JB6 que es la entrada hacia el puente de diodos donde sale con la tensión continua. Los condensadores electrolíticos en los nodos siguientes reducen el pulso o rizado al salir por los valores de los condensadores se tendrá un voltaje de 17VDC, el siguiente elemento es el regulador 7805 que baja el voltaje 5VDC con capacidad de 1A como se observa en la Figura 21.

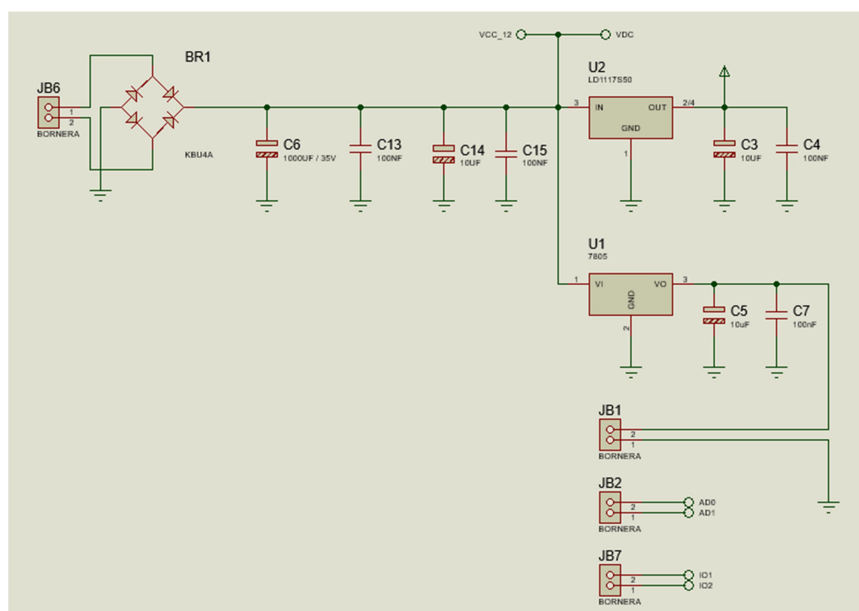


Figura 21 Diagrama esquemático alimentación de energía.

La bornera JB1 es la que envía voltaje a los sensores de pH AD0 y conductividad AD1 respectivamente.

La bornera JB2 tiene canales analógicos digital. Son para las señales del pH y conductividad. La Bornera JB7 es para el sensor de temperatura que tiene un protocolo wire one es decir que por una sola entrada me permite enviar y recibir la información por tanto solo se usa el IO1

### 3.4.3. Mensajes GSM

La alimentación al módulo GSM, tiene una entrada controlada que observa en la Figura 22, donde por medio de la resistencia R11 permite al microcontrolador encender y apagar al regulador de voltaje MIC1 29302, que entrega un voltaje de 4.2V con una corriente de hasta 4A, por medio de las resistencias fijas R8 y R9.

El módulo GSM SIM 800 se inserta en el conector J11 y J14. El conector J14 tiene la siguiente distribución de pines.

- Pin 1 es para la antena.
- Pin 2 que es la alimentación VCC.
- Pin 3 reset.
- Pin 4 es Rx y Pin 5 es Tx que se utiliza para la comunicación serial con el microcontrolador. Están colocadas dos resistencias de pull up, que en el esquema están como R15 y R16.
- Pin 6 que es GND.

Cabe mencionar que los pines del conector J 11 se los utiliza solo para soporte de la placa.

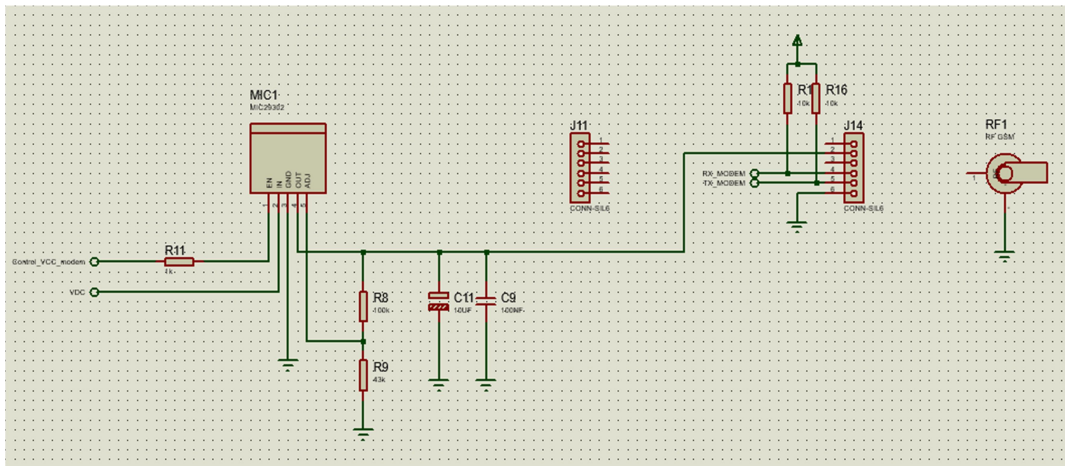


Figura 22 Diagrama esquemático módulo GSM



### 3.4.4. Conexión del puerto serial USB.

El bloque del puerto USB tipo B serial es para la comunicación CH340g. Hace la conversión de USB a serial y crea un COM virtual además tiene un cristal resonador. La comunicación serial se los realiza por medio de los pines TXD0 y RXD0 hacia el microcontrolador como se observa en la Figura 23.

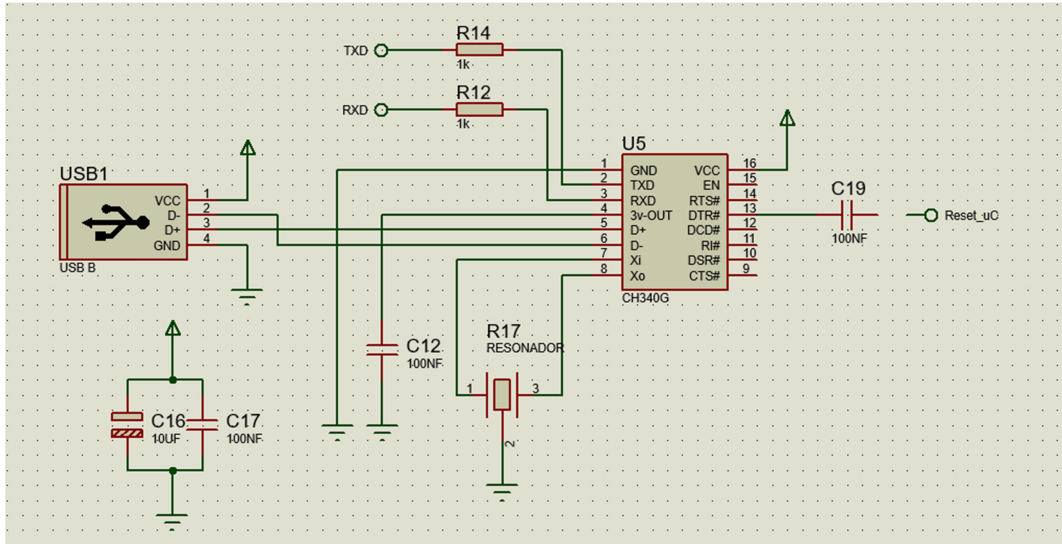


Figura 23 Diagrama esquemático puerto serial USB.

### 3.4.5. Conexión del microcontrolador ATMEGA 164P.

En la Figura 24, se observa el diagrama de conexión microcontrolador ATMEGA 164P fue elegido por tener 16kbytes de memoria flash y la parte más importante es que tiene dos puertos de comunicación serial RXD0 TXD0 que están conectados para la comunicación con la computadora por el puerto USB y RXD1 TXD1 que son para la comunicación con el modem GSM. Estos puertos permiten conectar directamente los bloques de comunicación al modem GSM.

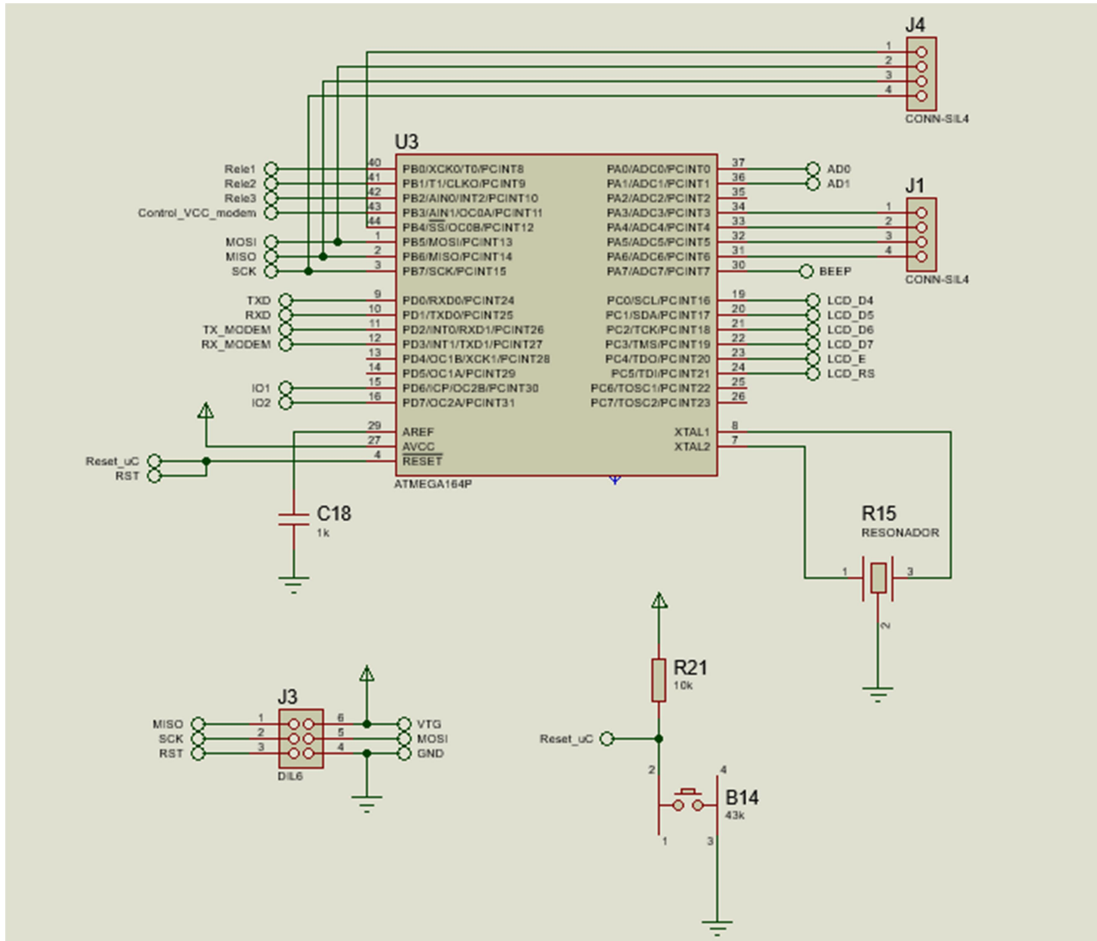


Figura 24 Diagrama esquemático conexión microcontrolador.

El microcontrolador tiene un cristal encapsulado en un resonador de 16Mhz BEEP, control de buzzer activo que permiten conectar el LCD desde el pin 19 al pin 24 del microcontrolador.

El pin 44 es para el encendido y apagado del modem GSM.

J1 y J4 son para el teclado, cada uno tiene 4 pines para la utilización de un teclado 4x4.

J3 es un conector ISP que tiene un protocolo SPI, que es para la programación mediante la computadora para poder crear la memoria flash de nuevo código.

SPI significa Serial Peripheral Interface en el cual se pone un botón para resetear. Donde MISO es comunicación de salida y MOSI comunicación de entrada como se puede ver en la Figura 25.

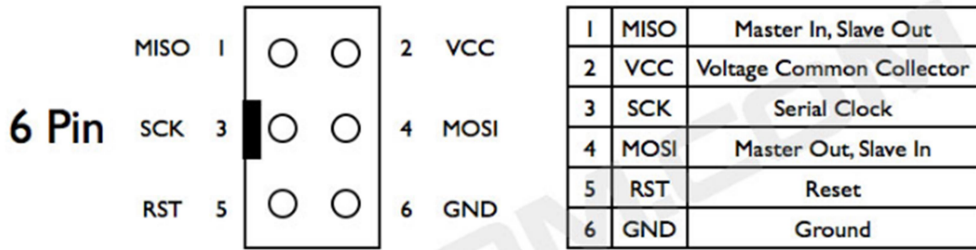


Figura 25 Diagrama conexión protocolo SPI.

### 3.4.6. Conexión de relés.

Los tres relés tienen el mismo circuito electrónico como se observa en la Figura 26. Cuenta con la bornera JB5 que es el contacto normalmente abierto y una bobina de 12VCC, que es activada desde el microcontrolador mediante los pines 40, 41 y 42 respectivamente. El D2 es un diodo para poder descargar las corrientes parasitas luego que el diodo led D4 se enciende indicando que en la bobina hay energía.

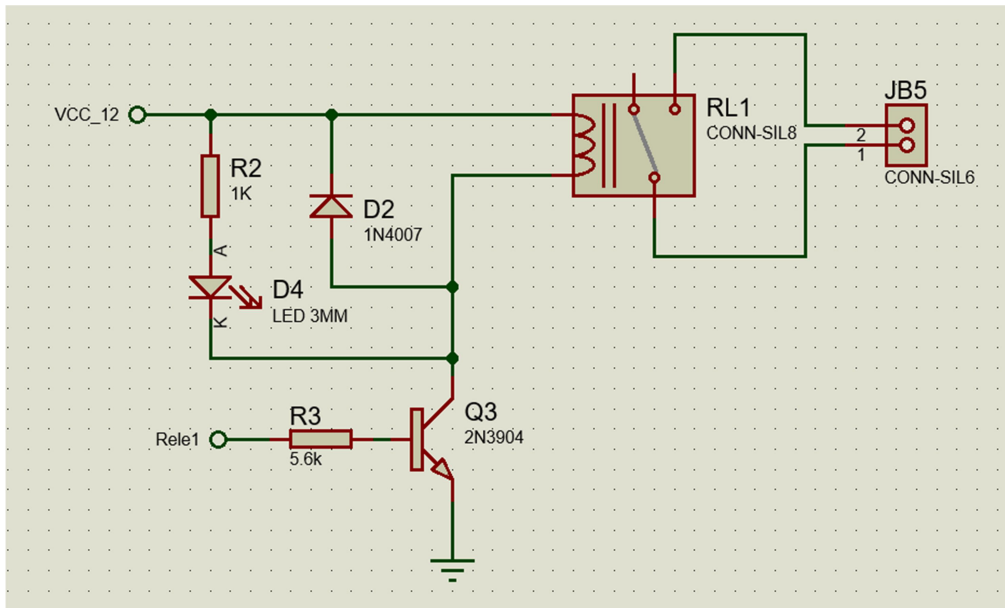


Figura 26 Diagrama conexión relés

### 3.4.7. Conexión LCD

El LCD es 20X4 que se observa en la Figura 27, tiene un potenciómetro de precisión con el que se cambia el contraste. Los pines desde DO hasta el D7, realizan lectura y

escritura de datos. Los pines de VSS y VDD son de alimentación. El pin 15 se conecta a una resistencia R7 para reducir la corriente de los led del back light de retroiluminación.

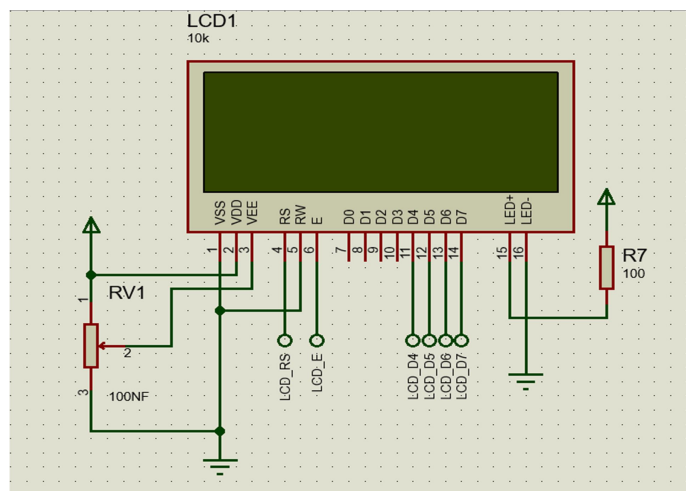


Figura 27 Diagrama conexión LCD

### 3.5. Diseño electrónico de Placa profesional.

Para la placa de elaboración profesional se utilizó el software libre EasyEDA, de la misma manera que en Proteus se eligió los elementos que se requería usar y se fue realizando los circuitos, en la Figura 28, se observa el diagrama esquemático del proyecto.

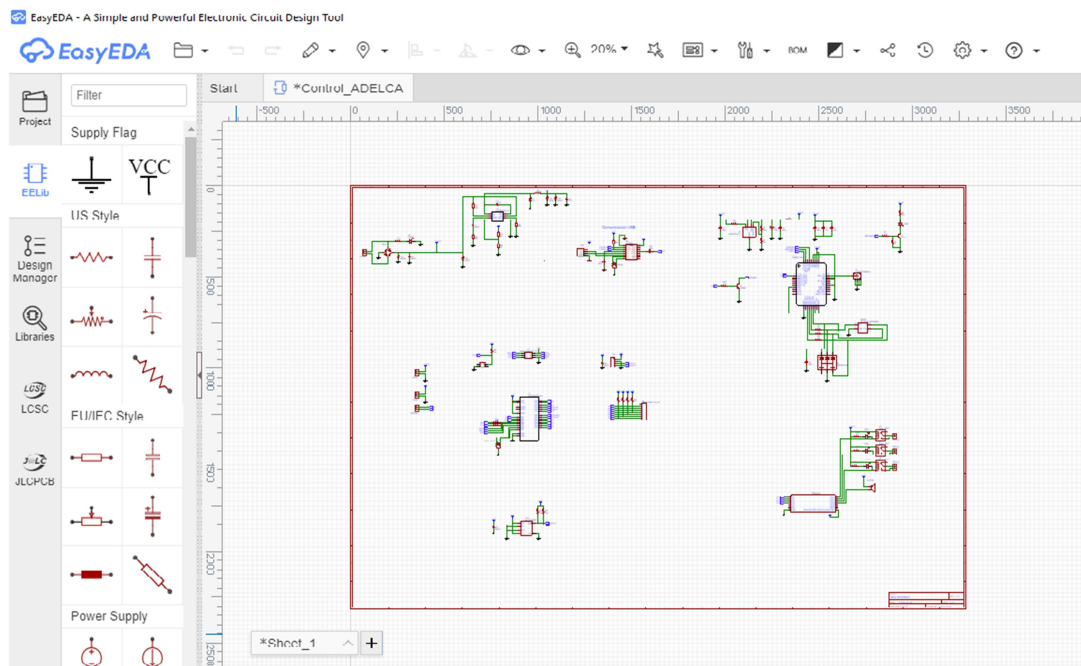


Figura 28 Diagrama esquemático de componentes electrónicos

### 3.5.1. Alimentación de energía.

En la alimentación de energía del equipo, el componente utilizado es el regulador de energía MP1584 que proporciona 3A salida con control de modo de corriente para respuesta del lazo rápido y fácil compensación. Tiene un rango de entrada de 4.5 V a 28 V y una salida de 5V. Tiene alta eficiencia de conversión de energía y el detalle principal es que no se calienta. En la Figura 29, se muestra el diagrama esquemático de alimentación de energía.

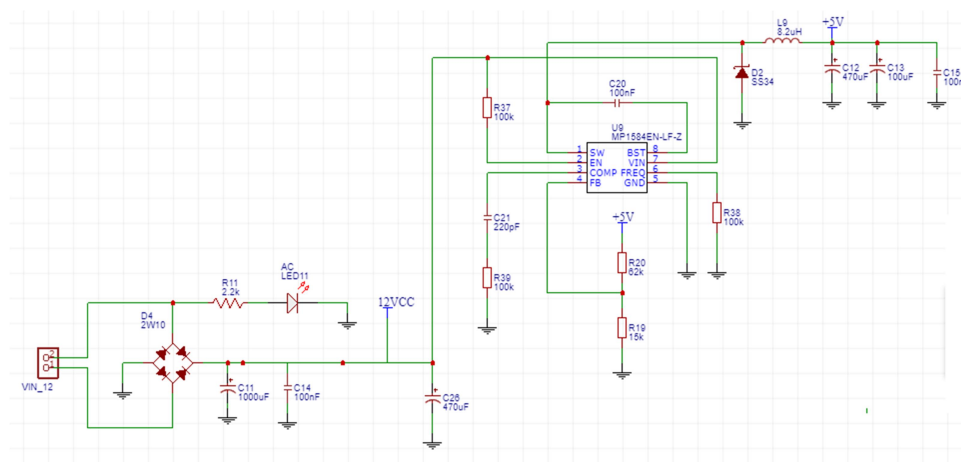


Figura 29 Diagrama esquemático alimentación de energía.

### 3.5.2. Conexiones del módulo GSM.

En la Figura 30 se observa un convertidor de energía LM39302R-ADJ que baja de 12V a 4,1V y puede soportar hasta picos de 3A. Adicional el circuito del NET LIGHT es un indicador que parpadea cuando tiene la comunicación a la red.

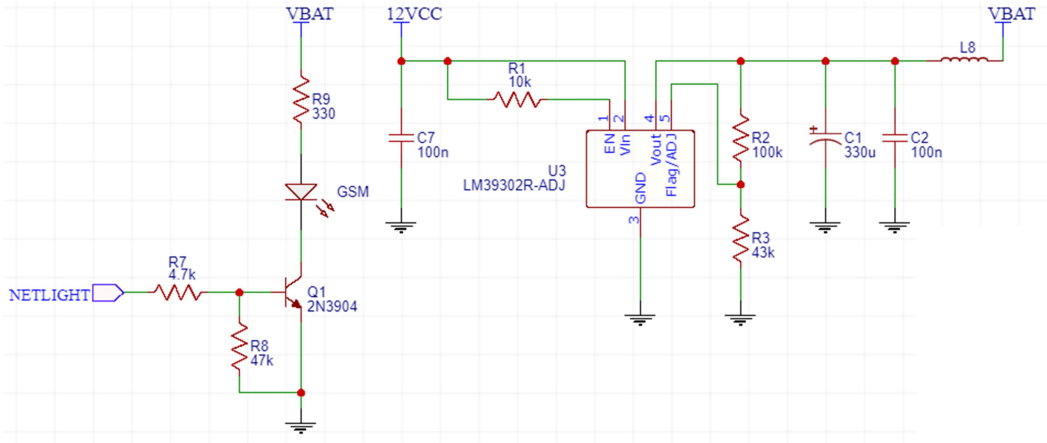


Figura 30 Diagrama esquemático alimentación de energía modem GSM

En la Figura 31, se observa el circuito con el transistor 2N3904 para poder activar desde el microcontrolador el modem GSM, un bloque de diodos anti estática y la conexión hacia el SIM (CHIP) con sus resistencias por que trabaja a 2,7V.

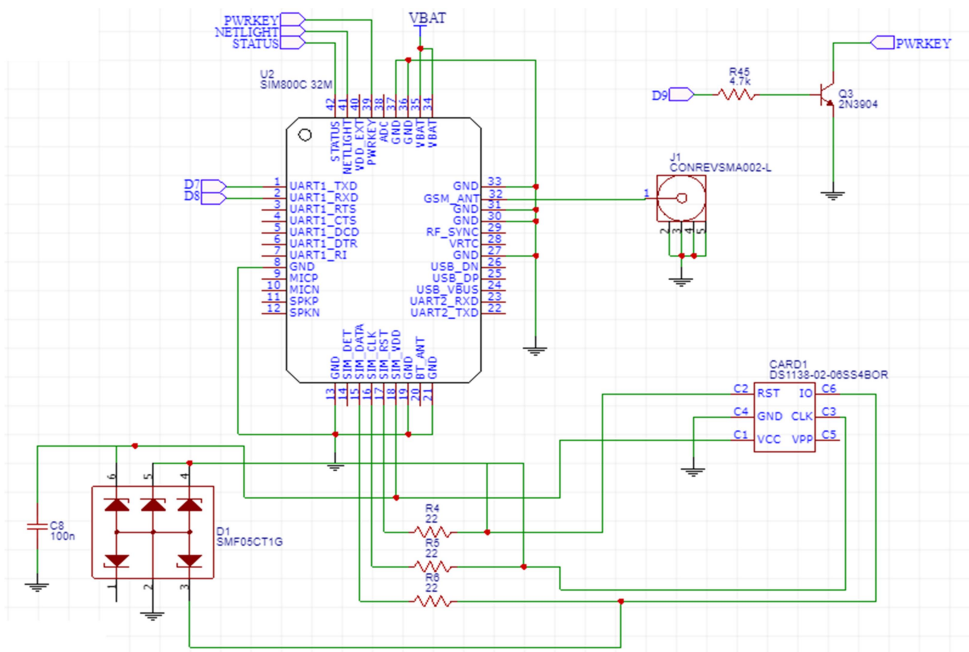


Figura 31 Diagrama esquemático módulo GSM

### 3.5.3. Conexión USB-tipo B

En la Figura 32 se observa un USB tipo B y un convertidor CH 340 que convierte de 5 o 3,3 VDC, a pulsos lógicos TTL seriales, permite al microcontrolador tener una comunicación con la PC.

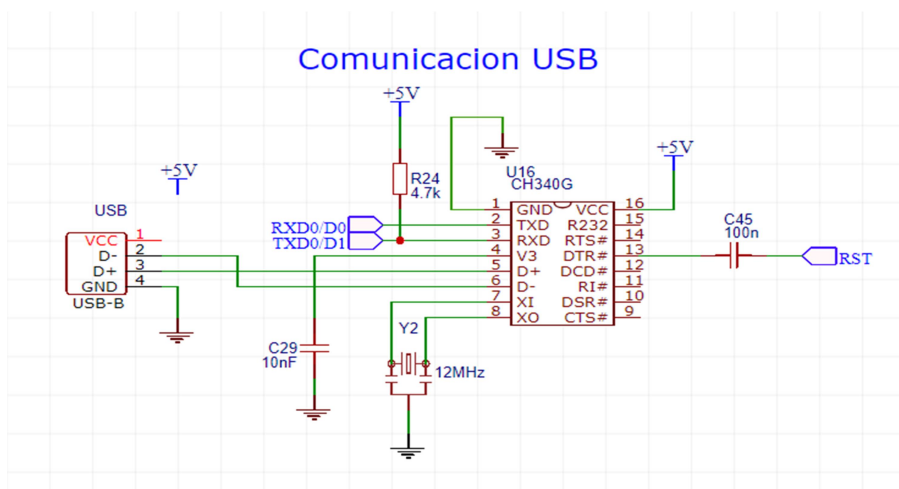


Figura 32 Diagrama esquemático puerto serial USB

### 3.5.4. Conexión microcontrolador ATMEGA328P-AU

La conexión del microcontrolador ATMEGA328P-AU está realizada conforme a la Figura 33.

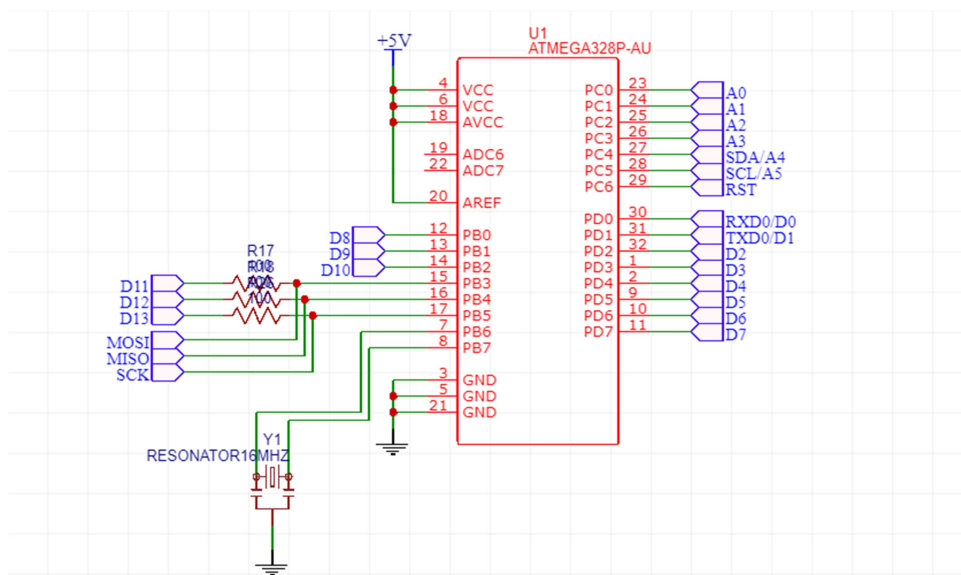


Figura 33 Diagrama esquemático conexión microcontrolador

### 3.5.5. Conexión de relés.

En el bloque de relés se tiene un circuito integrado ULN2003 muy versátil, compuesto internamente por 7 drivers idénticos e independientes entre sí, que permiten comandar con un microcontrolador a los relés, cada relé tiene led indicadores y tiene un buzzer que es una chicharra activa como se observa en la Figura 34.

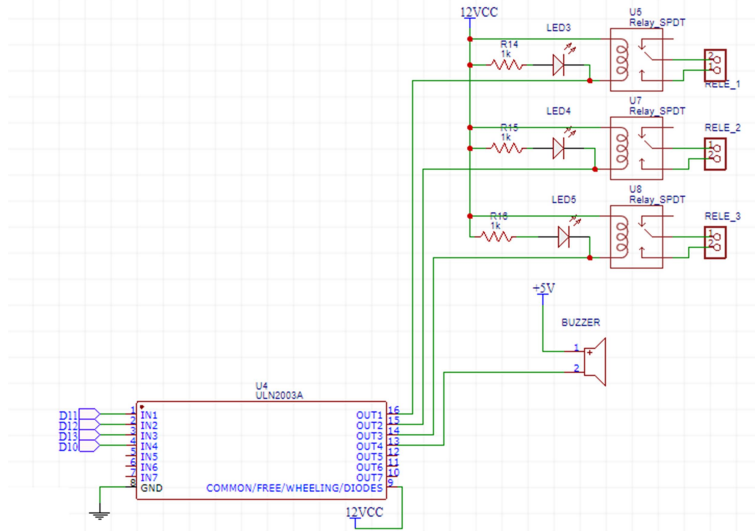


Figura 34 Diagrama conexión relés

### 3.5.6. Conexión de la memoria PROM.

El circuito de la Figura 35, tiene el dispositivo 24LC512 que es una PROM de serie borrable eléctricamente en serie (EEPROM) que se utiliza para la comunicación I2C.

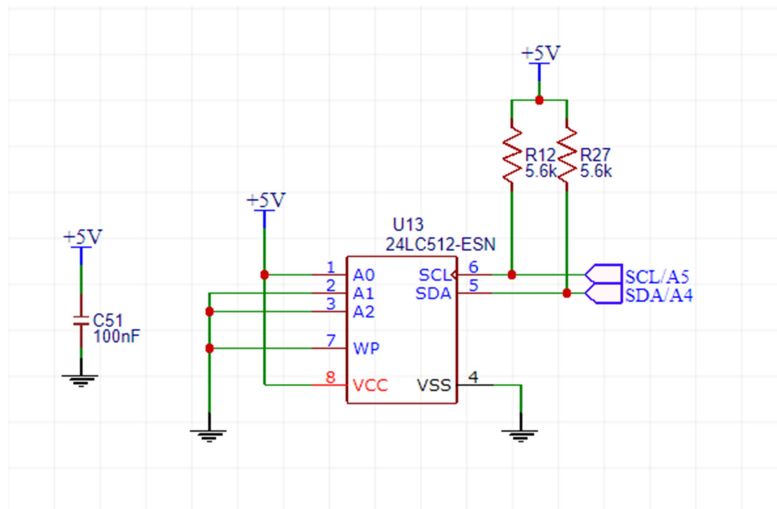


Figura 35 Diagrama conexión memoria PROM



### 3.5.7. Conexión de LCD y teclado

En la Figura 36, se observan dos circuitos, el primero se conecta hacia el LCD 20X4 y el segundo conecta hacia el teclado matricial 4X4.

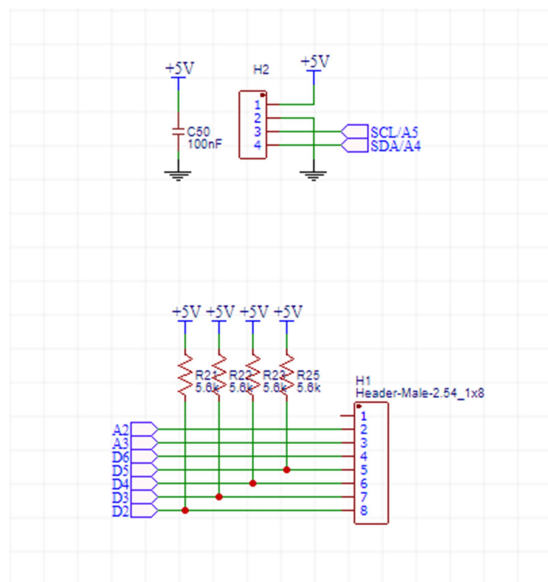


Figura 36 Diagrama conexión LCD y teclado

### 3.5.8. Conexión de reset.

En la Figura 37, el circuito de reset vuelve a iniciar el programa en el microcontrolador.

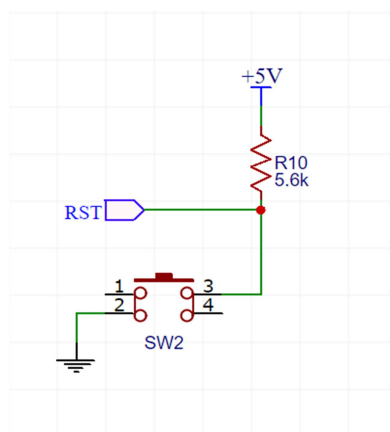


Figura 37 Diagrama conexión reset.

### 3.5.9. Conexión de sensores.

En la Figura 38, se indica la conexión de los sensores. Las dos primeras borneras son de 12VCC y 5VDC respectivamente. La tercera bornera se conecta los sensores de pH y conductividad. Para conectar el sensor de temperatura, se utiliza un conector ISP donde la alimentación hacia el sensor se realiza por los pines 2 y 6 y la recolección de datos por el pin 3 que es un serial.

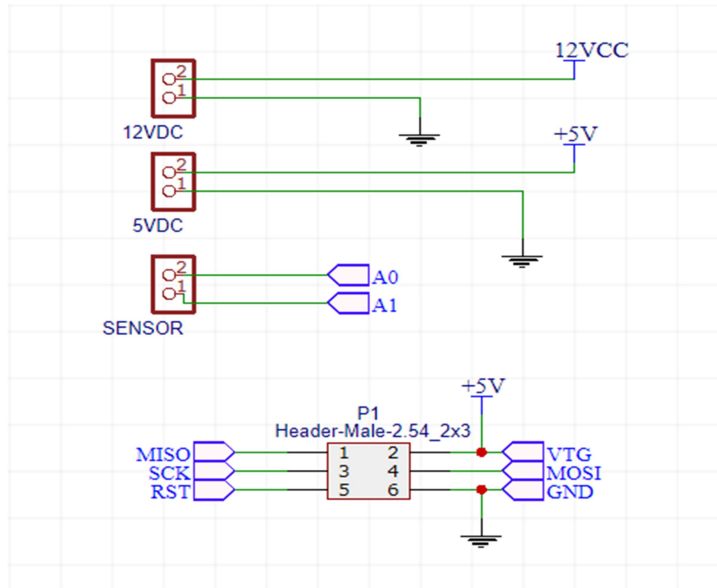


Figura 38 Diagrama conexión de sensores

### 3.6. Implementación de control de las variables del proceso.

La medición de la temperatura, pH y conductividad que son los parámetros del agua planteados para controlar con el equipo. Se detallara la lógica de funcionamiento en los diagramas de flujo, para que se mantengan dentro de los rangos de funcionamiento programados para el óptimo funcionamiento de colada continua.

#### 3.6.1. Temperatura.

El diagrama de flujo de la Figura 39. Explica cómo se activaran las señales de alarma, actuadores por parte del equipo y como procederá el personal en ADELCA, en caso de una señal de alarma de fuera de rango de temperatura.

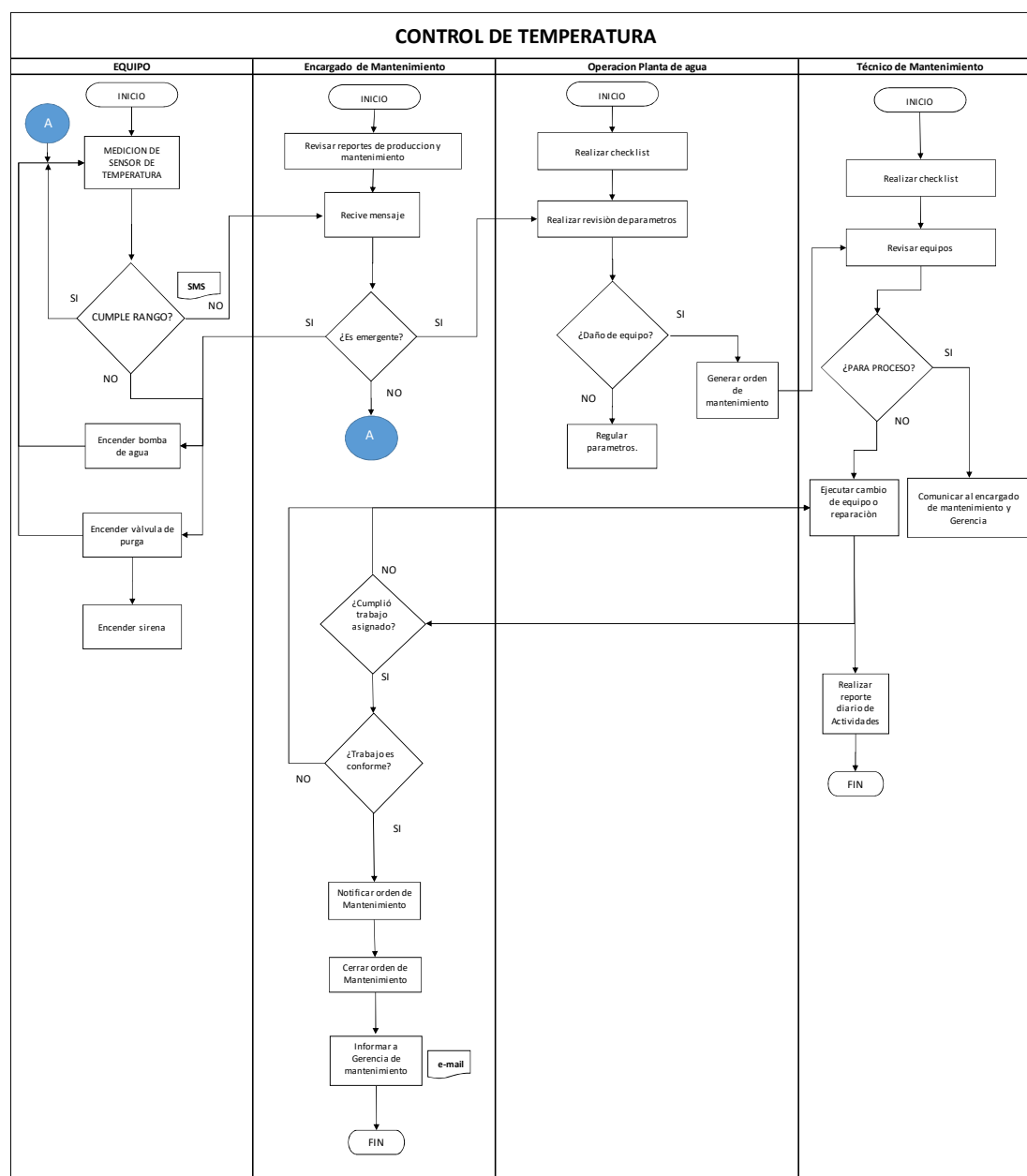


Figura 39 Diagrama de flujo control de temperatura

### 3.6.2. Conductividad.

El diagrama de flujo de la Figura 40. Explica cómo se activaran las señales de alarma, actuadores por parte del equipo y como procederá el personal en ADELCA, en caso de una señal de alarma de fuera de rango de conductividad.

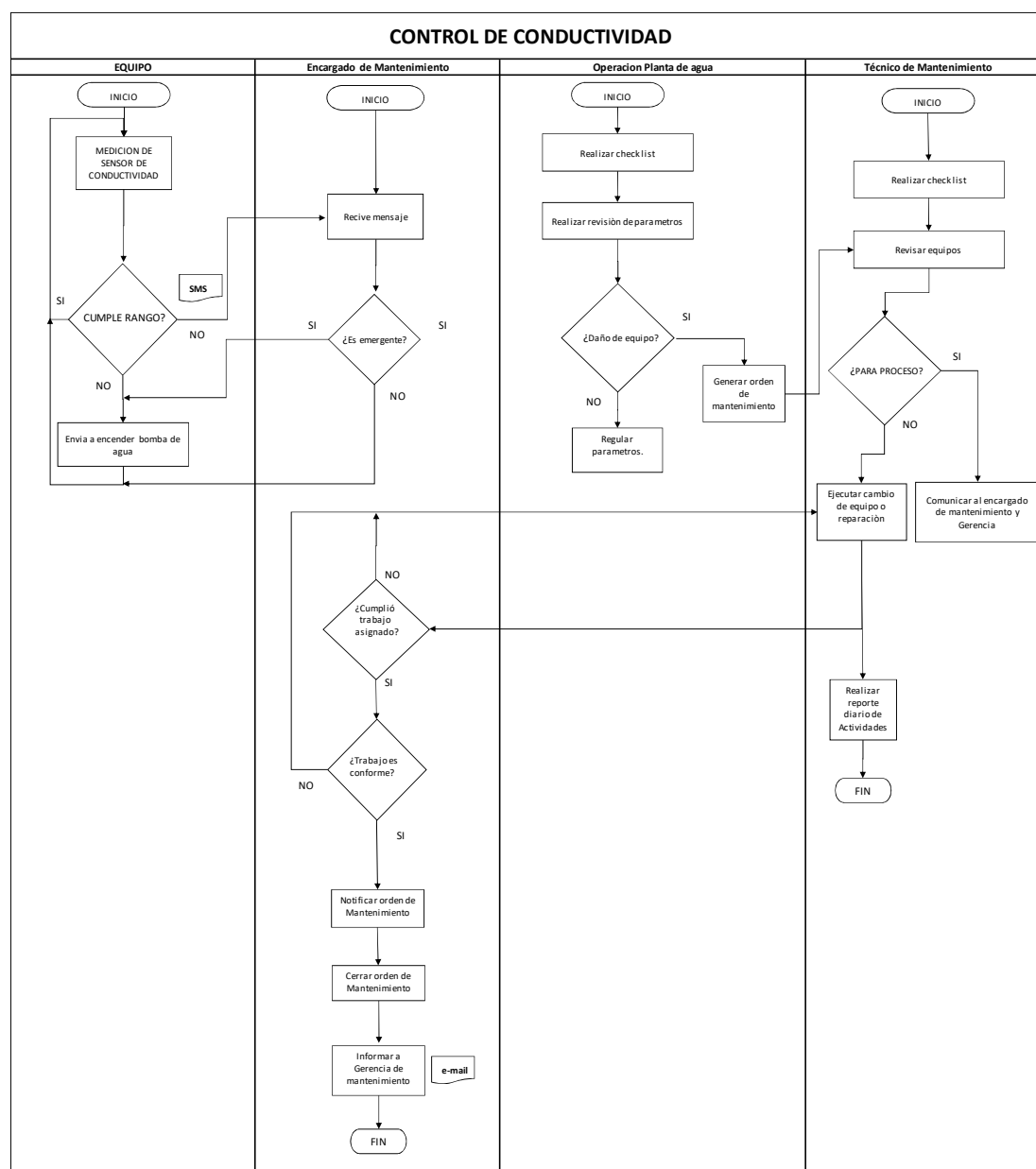


Figura 40 Diagrama de flujo control de conductividad

### 3.6.3. pH.

El diagrama de flujo de la figura 41. Explica cómo se activaran las señales de alarma, actuadores por parte del equipo y como procederá el personal en ADELCA, en caso de producirse una señal de alarma cuando el valor del pH este fuera del rango definido.

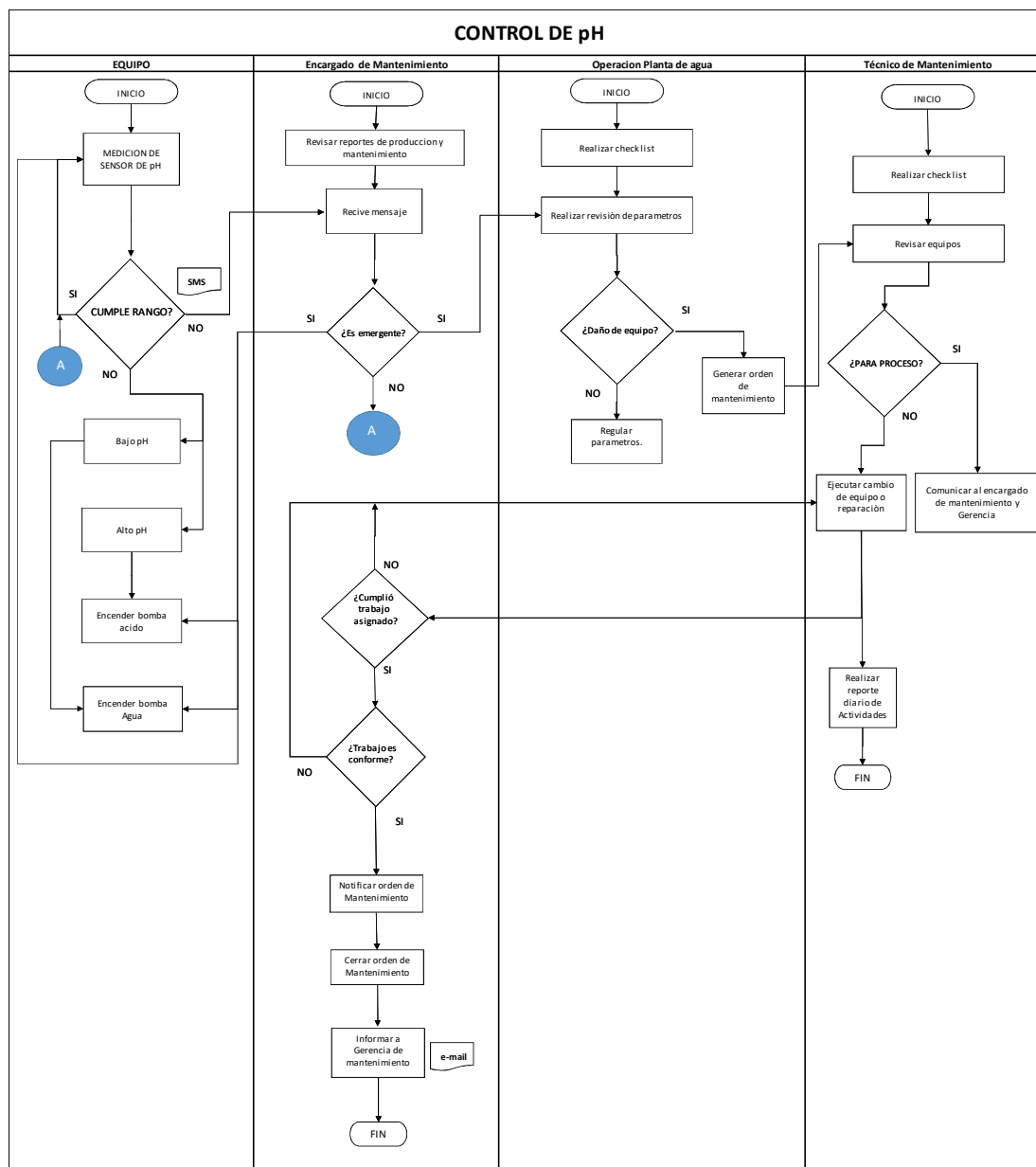


Figura 41 Diagrama de flujo control de pH

### 3.6.4. Señales para actuadores.

El equipo cuenta con tres relés para las siguientes aplicaciones:

- Relé 1 se utiliza el contacto normalmente abierto para el encendido de bomba de ácido.
- Relé 2 se utiliza el contacto normalmente abierto para el encendido de bomba de agua.

- Relé 3 se utiliza el contacto normalmente abierto para el encendido de válvula de purga.

El encendido de los relés está conforme a la lógica de programación que se puede observar en los diagramas de flujo de control de los parámetros de agua.

### 3.7. Interfaz de comunicación.

Para la interfaz de comunicación se utilizó para la visualización de los parámetros y rangos de funcionamiento de los parámetros del agua una pantalla led 20X4 y para el ingreso de los valores de los rangos de funcionamiento un teclado matricial 4X4.

El envío de datos de telemática, como se observa en la Figura 41, son de gran utilidad, para estar en alerta de situaciones de alarma acerca de los parámetros de agua o poder manipular de manera remota los actuadores del equipo.

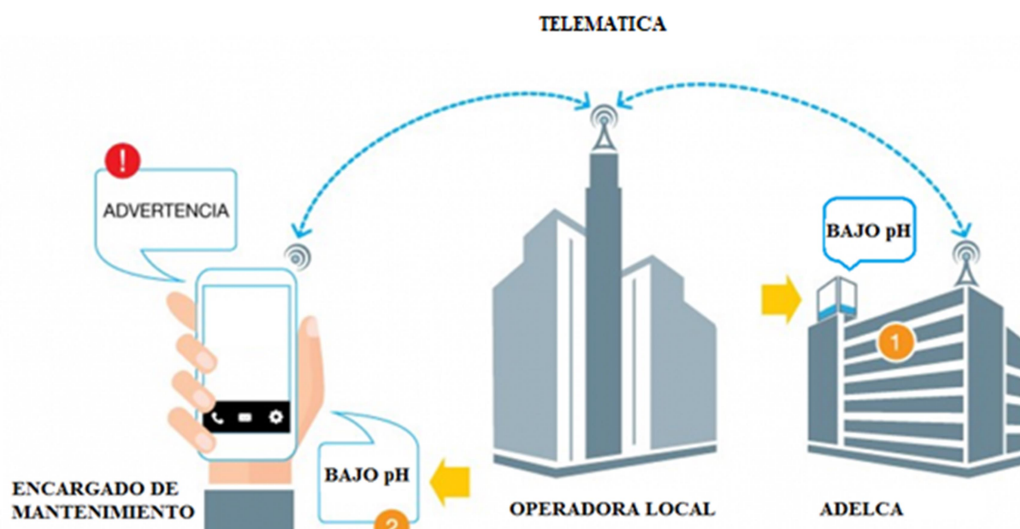


Figura 42 Telemática. (STIB)

## CAPITULO IV

### 4. IMPLEMENTACION

#### 4.1. Elaboración de placas electrónicas del proyecto.

El presente proyecto se lo desarrollo en dos partes:

- La primera placa del prototipo construida localmente.
- La segunda placa del equipo en una placa profesional.

##### 4.1.1. Elaboración de la placa del prototipo.

La placa del prototipo se desarrolló en el programa Proteus y se utilizó las herramientas para poder la vista PCB del proyecto, que se observa en la Figura 43.

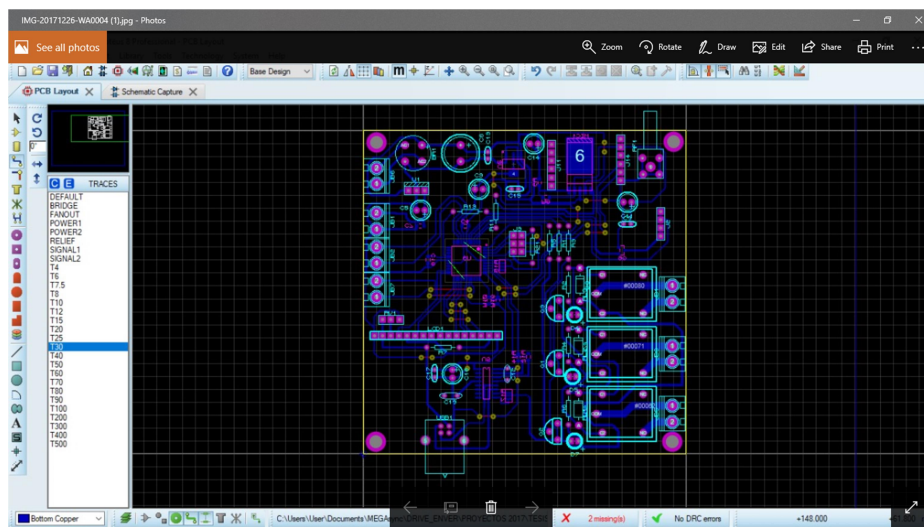


Figura 43 Vista PCB de la placa prototipo

La vista 3D que se observa en la Figura 44, permite ver cómo quedará el proyecto terminado con sus componentes.

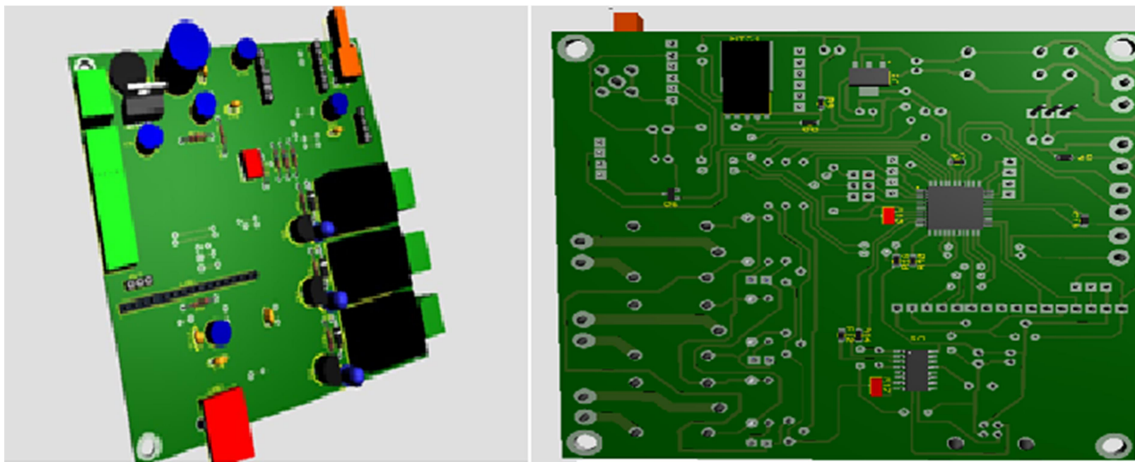


Figura 44 Vista 3D de la placa

La Figura 45 muestra las pistas a realizarse del circuito, es importante citar que la placa solo tiene un lado de trabajo. Durante la realización de la placa se la hizo con una impresora láser, acetato, y una plancha para transferir el tóner del acetato a la cara de cobre esto se realiza durante unos siete minutos, luego se introduce en un recipiente con agua e inmediatamente se retira el acetato.

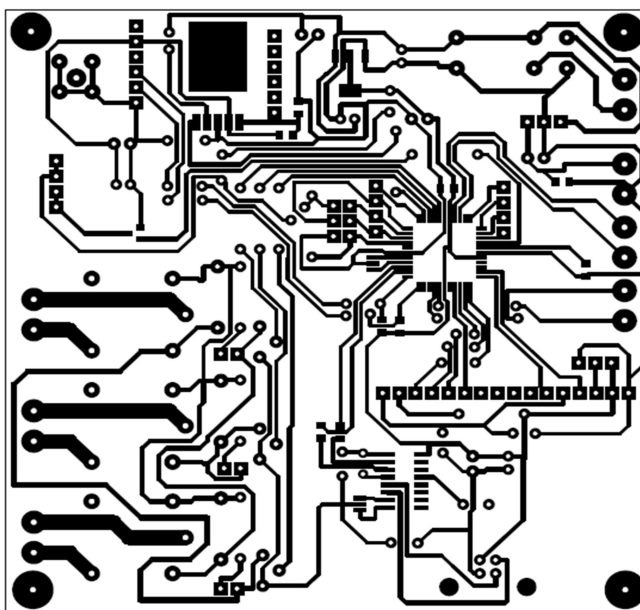
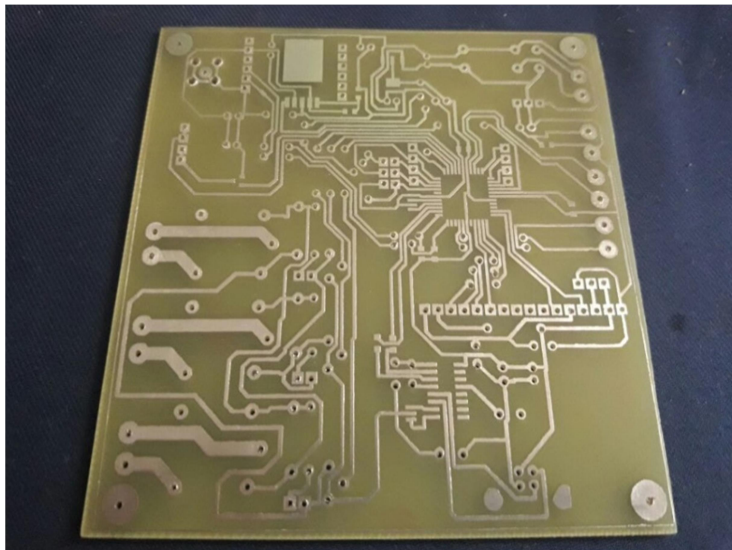


Figura 45 Hoja de impresión láser del circuito



Al retirar el acetato se observa como el tóner se habrá traspasado parcial o totalmente a la cara de cobre de la placa si el tóner se ha traspasado casi en su totalidad, entonces se ocupa un marcador permanente para rellenar los huecos. Se realiza el rebajado del cobre con cloruro férrico, se limpia y perfora, para tener la baquelita como se observa en la Figura 46.



*Figura 46 Baquelita con pistas del proyecto*

Se suelda los elementos en la placa, como se observa en la Figura 47.



*Figura 47 Baquelita con elementos de la placa*

Al terminar el armado de la placa prototipo se realizó la programación y se iniciaron las pruebas de funcionamiento.

#### 4.1.2. Vista PCB de la placa profesional.

Realizados los circuitos electrónicos en el programa EasyEDA se pone en la opción convertir a PCB. El programa permite elegir realizar personalmente o automáticamente. En las Figuras 48 y 49 se observa las pistas del proyecto y los elementos respectivamente.

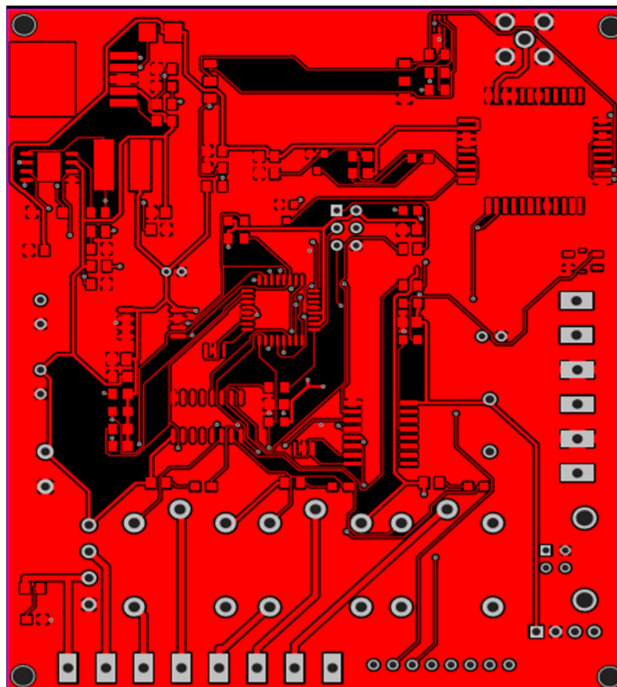


Figura 48 Vista de las pistas de la placa PCB

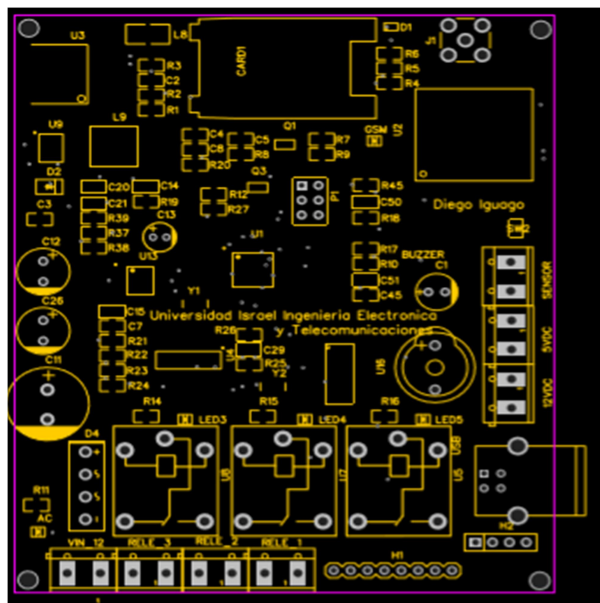


Figura 49 Vista de elementos de la placa PCB



## 4.2. Programación.

### 4.2.1. Programación de la placa prototipo.

Para la programación del microcontrolador se utilizó el programa Atmelstudio 7.0, adicional el grabador de microcontrolador Atmel, que se puede observar en la Figura 52 se conecta con la placa por medio del conector ISP para programar en lenguaje C++.

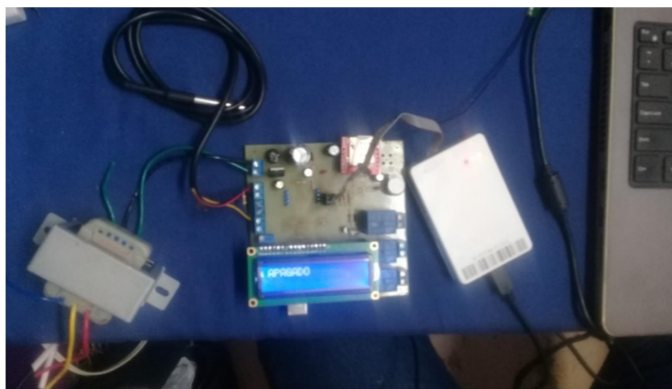
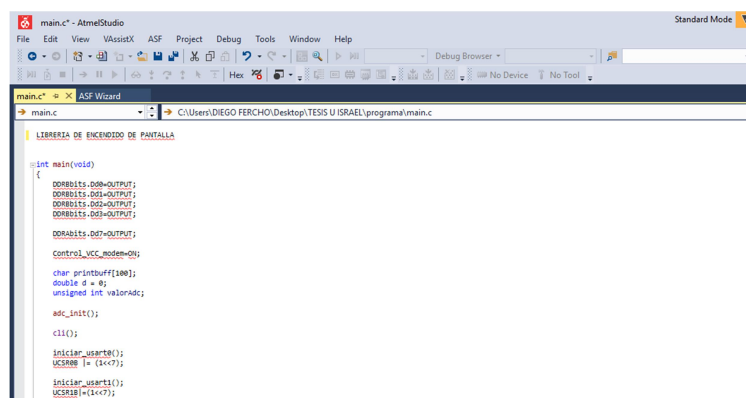


Figura 52 Programación microcontrolador

En la Figura 53 se observa la programación y creación de las librerías que controlaran el sensor de temperatura y el módulo GSM.

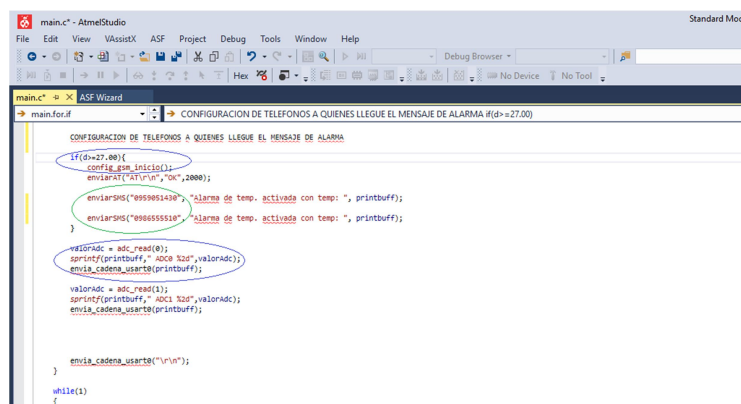


```
main.c - AtmelStudio
File Edit View VssisX ASF Project Debug Tools Window Help
main.c
main.c
LIBRERIA DE ENCENDIDO DE PANTALLA
int main(void)
{
    DDRBbits_D0=OUTPUT;
    DDRBbits_D1=OUTPUT;
    DDRBbits_D2=OUTPUT;
    DDRBbits_D3=OUTPUT;
    DDRBbits_D4=OUTPUT;
    DDRBbits_D5=OUTPUT;
    control_VCC_modem=0;
    char printbuff[100];
    double d = 0;
    unsigned int valoradc;
    adc_init();
    cli();
    iniciar_uart0();
    UCSRB0 |= (1<<7);
    iniciar_uart1();
    UCSRB1 |= (1<<7);
}
```

Figura 53 Librería de encendido de pantalla

En la Figura 54 se observa el programa del seteo de la alarma que activará al GSM y enviara un mensaje a los teléfonos programados.

- La alarma se encuentra seteada a 27°C.
- Se enviará la alarma a los teléfonos 095951430 y 0986555510 cuyos números corresponden a los operadores del área de servicios de ADELCA
- El mensaje enviado constará con información de la temperatura en ese instante.



```

main.c - AtmelStudio
File Edit View AssistX ASF Project Debug Tools Window Help
main.c - ASF Wizard
main.for.if CONFIGURACION DE TELEFONOS A QUIENES LLEGUE EL MENSAJE DE ALARMA
CONFIGURACION DE TELEFONOS A QUIENES LLEGUE EL MENSAJE DE ALARMA
if(d>=27.00){
    config_gsm_inicio();
    enviarSMS("ATV,V", "OK", 2000);
    enviarSMS("095951430", "alarma de temp. activada con temp: ", printbuff);
    enviarSMS("0986555510", "alarma de temp. activada con temp: ", printbuff);
}
valorAdc = adc_read(0);
sprintf(printbuff, " ADC0: %2d", valorAdc);
envia_cadena_usuario(printbuff);

valorAdc = adc_read(1);
sprintf(printbuff, " ADC1: %2d", valorAdc);
envia_cadena_usuario(printbuff);

envia_cadena_usuario("\n\n");
}
while(1)
{

```

Figura 54 Librería de alarma de temperatura y envío de mensajes

#### 4.2.2. Programación de la placa profesional.

Para realizar la programación del equipo, se utilizó el software Arduino Programming, y en la figura 55 se observan las librerías utilizadas en este proyecto.



```

A Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
A$
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <EEPROM.h>
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>
    SoftwareSerial gsm(7, 8);
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <avr/wdt.h>
#include <avr/io.h>

```

Figura 55 Librerías de Arduino (ARDUINO)

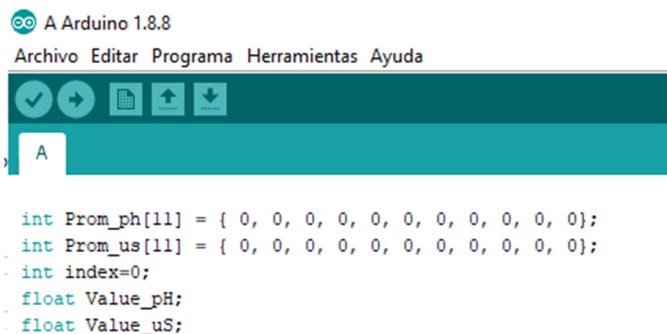
Las librerías permiten realizar las siguientes actividades en la programación:

- <OneWire.h>  
Puede enviar y recibir datos por un único cable.

- <DallasTemperature.h>  
Implementa el código para enviar los comandos adecuados a los sensores y obtener la temperatura.
- <EEPROM>  
Permite leer y escribir a nivel de byte de la EEPROM de Arduino.
- <LiquidCrystal.h>  
Puede controlar cualquier dispositivo que tenga pantallas de cristal líquido.
- <Wire.h>  
Permite comunicarse con dispositivos I2C / TWI.
- <avr/wdt.h>  
Es un mecanismo de seguridad que provoca un reset del sistema en caso de que éste se haya bloqueado

Con el empleo de las librerías se realizó el programa del equipo por lo que se explicara las partes más importantes.

En el ingreso de datos de los valores de los sensores de conductividad y pH, son una media aritmética de los valores, como se observa en la figura 56.



```
A

int Prom_ph[11] = { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 };
int Prom_us[11] = { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 };
int index=0;
float Value_pH;
float Value_us;
```

Figura 56 Librería de media aritmética de los valores de pH y conductividad



En la Figura 57 se observa el ingreso de datos para la programación de los rangos de funcionamiento por medio del teclado se lo realizo de acuerdo a los valores que pueden tener, es decir, la conductividad. Como puede llegar a 1000 se utiliza la unidad de mil y se va bajando sucesivamente, la de pH como tiene un rango de decena se la debe configurar igualmente como la de temperatura.

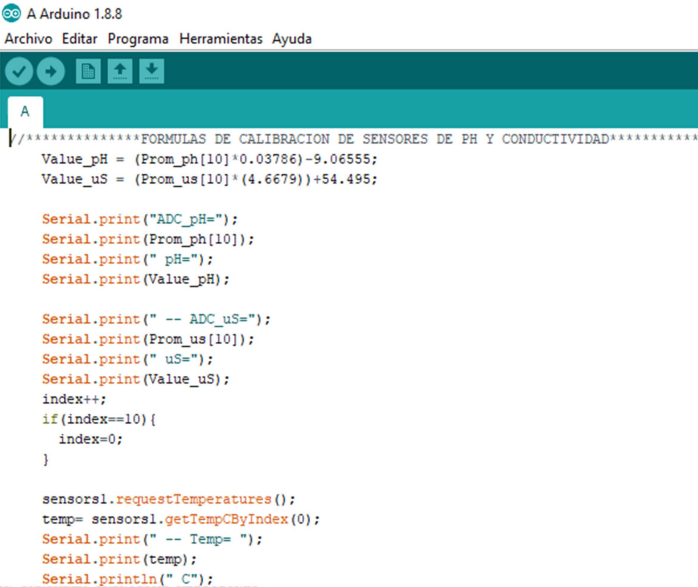
```

if(salto){
  Max_pH=(((I_decena-48)*10)+(I_unidad-48))+(((D_decena-48)*0.1)+(D_unidad-48)*0.01));
  writeFloat(0, Max_pH);
if(salto){
  Min_pH=(((I_decena-48)*10)+(I_unidad-48))+(((D_decena-48)*0.1)+(D_unidad-48)*0.01));
  writeFloat(10, Min_pH);
if(salto){
  Max_uS=(((I_unidadMil-48)*1000)+(I_centena-48)*100)+(I_decena-48)*10+(I_unidad-48))+(((D_decena-48)*0.1)+(D_unidad-48)*0.01));
  writeFloat(20, Max_uS);
if(salto){
  Max_Temp=(((I_decena-48)*10)+(I_unidad-48))+(((D_decena-48)*0.1)+(D_unidad-48)*0.01));
  writeFloat(30, Max_Temp);

```

Figura 57 Ingreso de rangos de funcionamiento por medio del teclado

Para la programación de los sensores se utilizó las ecuaciones de la recta que se encontraron por las mediciones realizadas que se puede observar en la Figura 58.



```

A
//*****FORMULAS DE CALIBRACION DE SENSORES DE PH Y CONDUCTIVIDAD*****
Value_pH = (Prom_ph[10]*0.03786)-9.06555;
Value_uS = (Prom_us[10]*(4.6679))+54.495;

Serial.print("ADC_pH=");
Serial.print(Prom_ph[10]);
Serial.print(" pH=");
Serial.print(Value_pH);

Serial.print(" -- ADC_uS=");
Serial.print(Prom_us[10]);
Serial.print(" uS=");
Serial.print(Value_uS);
index++;
if(index==10){
  index=0;
}

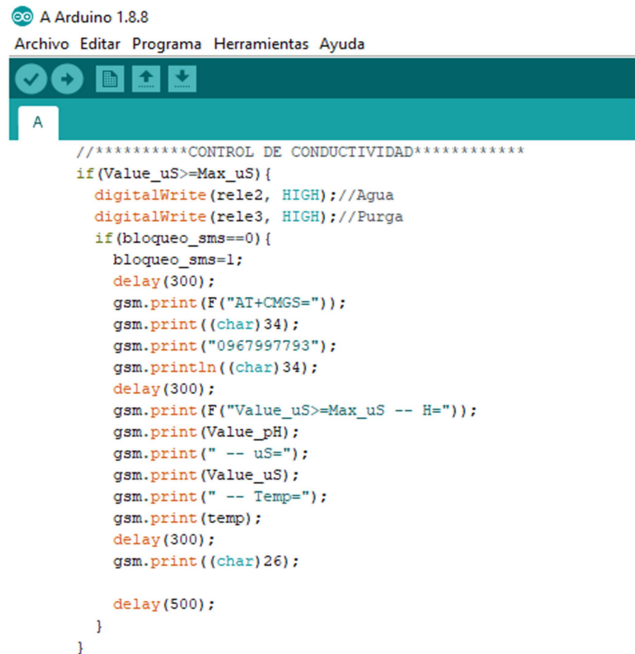
sensors1.requestTemperatures();
temp= sensors1.getTempCByIndex(0);
Serial.print(" -- Temp= ");
Serial.print(temp);
Serial.println(" C");

```

Figura 58 Calibración de sensores y visualización en LCD

El sistema cuenta con señales de alarma, programados para que cuando salgan los parámetros de los rangos programados envíe un mensaje al celular de la persona encargada de tratamiento de agua en la acería, en la Figura 59, se observa el número 0967997793, que es del encargado de mantenimiento. Se pone un ejemplo con la conductividad donde tiene

solo un máximo de rango de funcionamiento y la acción que debe realizar que es encender el relé de la bomba de agua para que se mezcle y baje la conductividad.



```

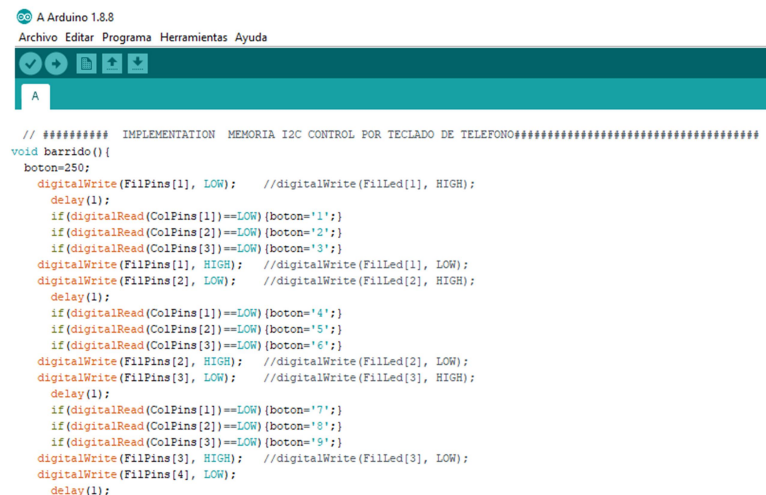
A Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
A
//*****CONTROL DE CONDUCTIVIDAD*****
if(Value_uS>=Max_uS){
  digitalWrite(rele2, HIGH);//Agua
  digitalWrite(rele3, HIGH);//Purga
  if(bloqueo_sms==0){
    bloqueo_sms=1;
    delay(300);
    gsm.print(F("AT+CMGS="));
    gsm.print((char)34);
    gsm.print("0967997793");
    gsm.println((char)34);
    delay(300);
    gsm.print(F("Value_uS>=Max_uS -- H="));
    gsm.print(Value_pH);
    gsm.print(" -- uS=");
    gsm.print(Value_uS);
    gsm.print(" -- Temp=");
    gsm.print(temp);
    delay(300);
    gsm.print((char)26);

    delay(500);
  }
}

```

Figura 59 Activación de bomba y envío de mensaje de aviso

La función para poder manipular desde el celular la operación de las bombas y válvula de purga del equipo usa la memoria I2C, en la Figura 60, indica la programación utilizada para activar y desactivar los relés del equipo por medio del teléfono del encargado.



```

A Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
A
// ***** IMPLEMENTATION MEMORIA I2C CONTROL POR TECLADO DE TELEFONO*****
void barrido(){
  boton=250;
  digitalWrite(FilPins[1], LOW); //digitalWrite(FilLed[1], HIGH);
  delay(1);
  if(digitalRead(ColPins[1])==LOW){boton='1';}
  if(digitalRead(ColPins[2])==LOW){boton='2';}
  if(digitalRead(ColPins[3])==LOW){boton='3';}
  digitalWrite(FilPins[1], HIGH); //digitalWrite(FilLed[1], LOW);
  digitalWrite(FilPins[2], LOW); //digitalWrite(FilLed[2], HIGH);
  delay(1);
  if(digitalRead(ColPins[1])==LOW){boton='4';}
  if(digitalRead(ColPins[2])==LOW){boton='5';}
  if(digitalRead(ColPins[3])==LOW){boton='6';}
  digitalWrite(FilPins[2], HIGH); //digitalWrite(FilLed[2], LOW);
  digitalWrite(FilPins[3], LOW); //digitalWrite(FilLed[3], HIGH);
  delay(1);
  if(digitalRead(ColPins[1])==LOW){boton='7';}
  if(digitalRead(ColPins[2])==LOW){boton='8';}
  if(digitalRead(ColPins[3])==LOW){boton='9';}
  digitalWrite(FilPins[3], HIGH); //digitalWrite(FilLed[3], LOW);
  digitalWrite(FilPins[4], LOW);
  delay(1);
}

```

Figura 60 Activación de bomba y envío de mensaje de aviso

El resto de funciones y toda la programación se adjunta en el anexo 3.



### 4.3. Partes del equipo.

El equipo se encuentra en una caja plástica con cubierta para proteger el teclado y la pantalla.

En la figura 61, se puede apreciar al equipo, con los tres sensores, la antena del módulo GSM, el cable de alimentación de 120V y una baliza de tres colores con alarma que indica lo siguiente:

- El color verde indica que el relé de accionamiento de la bomba de agua esta encendido.
- El color amarillo indica que el relé de accionamiento de la bomba de ácido esta encendido.
- El color rojo indica que el relé de accionamiento de la válvula de purga esta encendido
- La sirena se activa en conjunto con la válvula de purga esto es para prevenir que el circuito cerrado de lingoteras se quede sin nivel de agua.



*Figura 61 Imagen frontal del equipo*

En la Figura 62, se observa en la parte superior del equipo, el botón de encendido y la entrada de la conexión de la antena del módulo GSM.



*Figura 62 Imagen parte superior del equipo*

En la Figura 63, en la parte del costado del equipo se encuentra la entrada del puerto USB-B para la programación del microprocesador.



*Figura 63 Imagen del costado derecho del equipo*

#### **4.4. Mediciones y calibración del equipo.**

Para la calibración del equipo del proyecto se lo realizo utilizando los equipos del laboratorio de tratamiento de agua en la Acería, en la que se utilizaron como patrón de

medición el equipo MYRON 6PFC que se observa en la Figura 64, que mide los parámetros a calibrar conductividad, pH y temperatura.



Figura 64 Equipo MYRON 6PFC

#### 4.4.1. Mediciones del sensor de pH.

Las mediciones del sensor de pH se las realizó con los datos que arrojaba el sensor siendo vistos en el monitor serie del programa de arduino que se observa en la Figura 65.

```

COM5
ADC_pH4133 pH=0.31 -- ADC_us=413 us=475.10 -- Temp= 21.12 C
Estado = OE -- 12
->CSD1 17,0
K
->170m >50K
->CRSD1 0,1
K
Estado = OE - Registrado Red Rose
Configuracion modo
OE
AT+CMDP=1
OE
AT+CLIP=1
OE
AT+CMG=1,2,0,0,0
OE
ADC_pH4133 pH=0.44 -- ADC_us=31 us=475.07 -- Temp= 21.11 C
ADC_pH4144 pH=0.50 -- ADC_us=24 us=480.01 -- Temp= 21.09 C
ADC_pH4170 pH=0.73 -- ADC_us=22 us=480.48 -- Temp= 21.02 C
ADC_pH4179 pH=0.92 -- ADC_us=24 us=479.53 -- Temp= 21.06 C
ADC_pH4183 pH=0.22 -- ADC_us=26 us=479.52 -- Temp= 21.06 C
ADC_pH4189 pH=0.48 -- ADC_us=32 us=476.10 -- Temp= 21.06 C
ADC_pH4199 pH=0.48 -- ADC_us=32 us=476.10 -- Temp= 21.06 C
ADC_pH4189 pH=0.41 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.06 C
ADC_pH4187 pH=0.37 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.06 C
ADC_pH4184 pH=0.33 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.02 C
ADC_pH4185 pH=0.30 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.02 C
ADC_pH4189 pH=0.30 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.09 C
ADC_pH4185 pH=0.26 -- ADC_us=30 us=476.58 -- Temp= 21.08 C
ADC_pH4184 pH=0.24 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.09 C
ADC_pH4183 pH=0.22 -- ADC_us=30 us=476.58 -- Temp= 21.11 C
ADC_pH4182 pH=0.18 -- ADC_us=30 us=476.58 -- Temp= 21.11 C
ADC_pH4182 pH=0.18 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.11 C
ADC_pH4181 pH=0.15 -- ADC_us=31 us=476.34 -- Temp= 21.17 C
Autentificar [x] Mostrar marca temporal
Nuevo Pila 9000 bytes Limpiar salida
    
```

Figura 65 Monitor serie programa Arduino

Se toma las mediciones mostradas en la Tabla 3, se las ingresa a Excel para poder graficar y obtener la ecuación de la recta que se observa en la Figura 66.

Tabla 2 Mediciones del sensor de pH

MEDICIONES DE PH		
Nº MEDICION	X	y
1	325	3,23895
2	438	7,51713
3	439	7,55499
4	457	8,23647
5	458	8,27433
6	456	8,19861
7	436	7,44141
8	437	7,47927
9	439	7,55499
10	440	7,59285
11	485	9,29655
12	484	9,25869
13	483	9,22083
14	559	12,09819

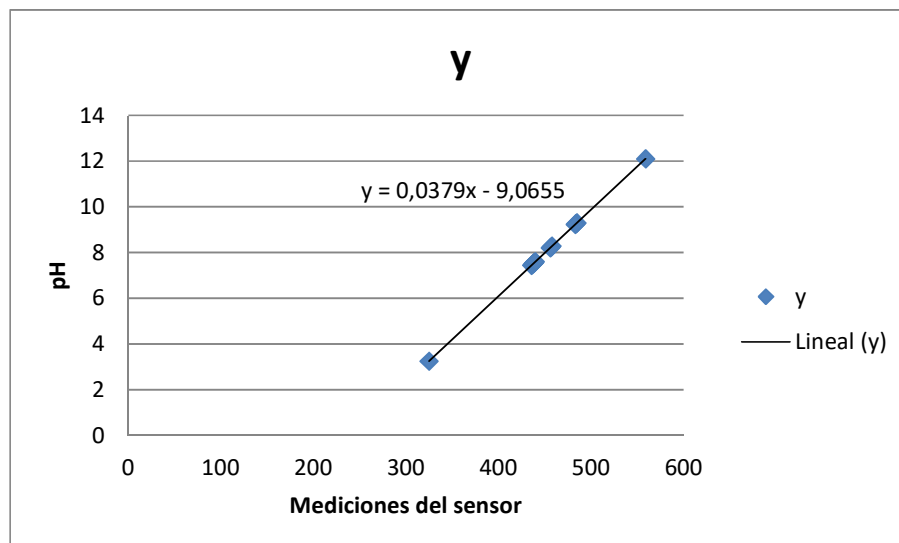


Figura 66 Gráfica de dispersión de datos de medición de pH

La Ecuación (2) es la recta de pH obtenida:

$$Y = 0,0379X - 9,0655 \quad (2)$$

Con la fórmula obtenida el dispositivo sacara la media aritmética de los valores medidos.

#### 4.4.2. Mediciones del sensor de conductividad.

Se realiza el mismo procedimiento que con el sensor de pH y al realizar la toma de muestra de datos se tiene los datos de la Tabla 4 y la recta mostrada en la Figura 67.

Tabla 3 Mediciones del sensor de conductividad

MEDICIONES DE PH		
Nº MEDICION	X	y
1	15	130,7
2	41	267
3	74	430
4	32	189
5	45	267,4
6	48	280
7	64	300
8	78	425

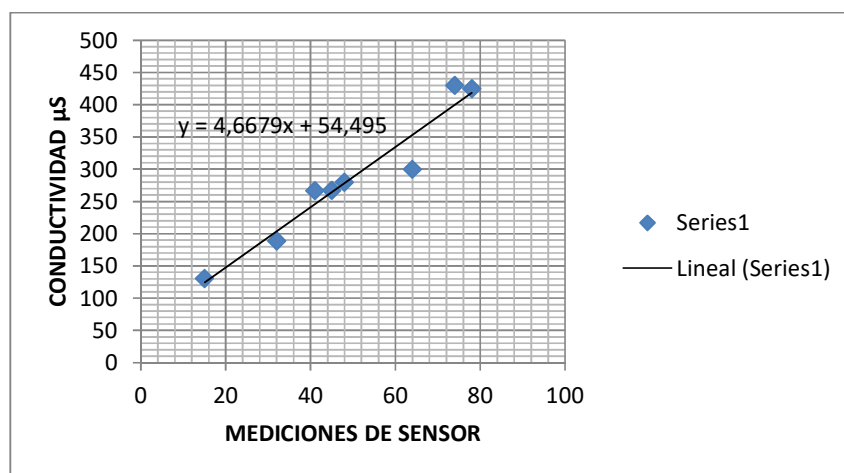


Figura 67 Gráfica de dispersión de datos de medición de conductividad

Por tener una variable adicional que es la temperatura no presenta una linealidad al variar la temperatura. Por lo que se realiza un ajuste lineal y se obtiene la Ecuación (3) de ajuste lineal de la conductividad:

$$Y = 4,6679X + 54,495 \quad (3)$$

Con la ecuación se realiza la fórmula para que el dispositivo saque la media aritmética de los valores obtenidos.

#### 4.5. Configuración de los rangos de funcionamiento.

La calibración de los rangos de funcionamiento del equipo se los realiza por medio del teclado 4X4 que está en la parte frontal del mismo como se observa en la Figura 68.



Figura 68 Imagen frontal del equipo

En la Figura 69 se puede apreciar los rangos de funcionamiento en la segunda y tercer línea de caracteres. Para setear los rangos de funcionamiento de los tres parámetros se deben realizar lo siguiente pasos:

- El encargado debe permitir la programación con el teclado del equipo, por medio del teléfono oprimiendo la tecla #.
- Oprimir la tecla asterisco y aparece en pantalla el modo de configuración

- Para moverse por los parámetros para calibrar se debe presionar la tecla de numeral.



Figura 69 Pantalla con mediciones y rangos de operación del equipo

#### 4.5.1. Rango de funcionamiento del pH.

Como se observa en la Figura 70, el pH tiene un rango máximo y un rango mínimo ya que el agua puede tender a hacerse alcalina o ácida. Como se mencionó en el circuito de tratamiento de agua de lingoteras el pH debe estar en un rango de 7 a 8,5. Para el ingreso de datos del rango se tiene que tener en cuenta que para este parámetro utiliza decenas, es decir para ingresar un rango máximo se debe de ingresar 0800.

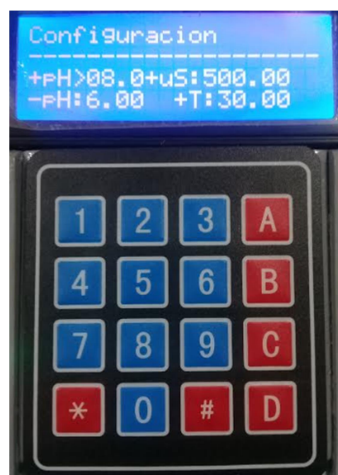


Figura 70 Pantalla de calibración pH

#### 4.5.2. Rango de funcionamiento de la conductividad.

La conductividad solo tiene un rango máximo como se observa en la Figura 71, porque entre menor sea el valor de conductividad mejor va a estar el tratamiento del agua. Para el ingreso de datos del rango se tiene que tener en cuenta que para este parámetro es de miles, es decir para ingresar un rango máximo de 400 $\mu$ S se debe de ingresar 040000.



Figura 71 Pantalla de calibración conductividad

#### 4.5.3. Rango de funcionamiento de la temperatura

La temperatura tiene solo un rango máximo como se observa en la figura 72, porque entre menor sea la temperatura, mejor va a estar el tratamiento del agua. Para el ingreso de datos del rango se tiene que tener en cuenta que para este parámetro utiliza decenas, es decir para ingresar un rango máximo se debe de ingresa 2600.



Figura 72 Pantalla de calibración temperatura.



#### 4.6. Configuración de Telemática.

La configuración de telemática se la realizó utilizando los siguientes números de la red telefónica de claro.

- Línea N° 0959051430 la tarjeta SIM se encuentra en el dispositivo y es el que envía las alertas de las alarmas cuando se salen los parámetros de rango. Adicional recibe las órdenes del encargado y las ejecuta.
- Línea N° 0967997793 que es el número del encargado es decir la persona que puede realizar la comunicación con el equipo del proyecto conforme lo crea necesario.

En la configuración, el encargado puede realizar las operaciones con el teclado del teléfono teniendo que realizar la llamada y presionar las teclas conforme al código programado.

- Numeral 1. Permite prender el relé 1 en el que esta la bomba de ácido.
- Numeral 2. Permite prender el relé 2 en el que esta la bomba de agua.
- Numeral 3. Permite prender el relé 3 en el que esta la válvula de purga de agua.
- Numeral 4. Permite apagar el relé 1 en el que esta la bomba de ácido.
- Numeral 5. Permite apagar el relé 2 en el que esta la bomba de agua.
- Numeral 6. Permite apagar el relé 3 en el que esta la válvula de purga de agua.
- Numeral 7. Permite encender los relés con el teléfono del encargado.
- Numeral 8. Permite encender los relés con los sensores del equipo del proyecto.
- Numeral 9. Cuando el equipo envía una alerta de que algún parámetro esta fuera de rango mientras el encargado no marque el numeral 9 el equipo no volverá a enviar mensajes de alarma.
- Numeral 0. Da por terminada la llamada telefónica y envía un mensaje con los valores de los parámetros de ese instante.
- Asterisco. Bloquea la programación del Equipo por medio del teclado.
- Tecla # Activa la programación desde el teclado del equipo.

#### **4.7. Aplicación del Equipo**

Al ser un proyecto con auspicio de ADELCA se realizó varias pruebas de funcionamiento en planta para su aceptación por parte del departamento de Ingeniería Eléctrica/Electrónica:

- Pruebas de lectura de sensores.
- Revisión de la tarjeta electrónica y dispositivos.
- Pruebas de alarmas conforme a rangos de operación.
- Pruebas de telemática.

Al terminar el periodo de pruebas el equipo funcionó con normalidad y cumplió con los objetivos propuestos en el trabajo de titulación. Conforme al acta de aceptación emitido por el Gerente de mantenimiento Acería Ing. Gustavo Betancourt.

#### **4.8. Análisis de costos.**

Para realizar el análisis de costo se tomó en cuenta el beneficio que recibiría ADELCA con la implementación del proyecto. Conforme a lo mencionado en el planteamiento y justificación del tema se quiere eliminar el desperdicio aproximado que es de  $2,3 \text{ m}^3/h$  de agua que es el 28% del agua utilizada.

Al tener un ahorro del 20% de agua se plantea lograr un ahorro en dinero de 39997,48USD

Adicional los costos directos e indirectos del proyecto fueron asumidos por ADELCA, en la Tabla 5 se detalla el presupuesto ocupado en los elementos del proyecto y el número de horas empleadas para su realización.

Tabla 4 Presupuesto del proyecto

Item	Cantidad	Descripción	Costo Unit. \$	Valor \$
1	1	Elementos electrónicos	450	300
2	1	Elaboración e importación Tarjeta electrónica	60	60
3	1	LCD 20x4	20	20
4	2	Teclado 4X4	8	16
5	1	Sensor de pH	55	55
6	1	Sensor de conductividad	140	140
7	2	Sensor de Temperatura	20	40
8	1	Baliza	40	40
9	1	Antena	15	15
10	2	GSM SIM 800	20	40
11	1	Caja eléctrica modular IP 44	40	40
12	200	Horas de Trabajo	8	1600
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.476,00</b>

#### 4.9. Análisis de resultados

Concluidas las pruebas de funcionamiento realizadas se verifica que el proyecto cumple con los parámetros de encendido y alimentación de voltaje a sus diferentes sistemas implementados como se puede ver en la Figura 73. Se mantuvo encendido durante 24 horas para ver que los componentes electrónicos no se sobrecalentaran.



Figura 73 Equipo encendido

Se realizó pruebas de medición de parámetros con el equipo patrón mencionado y las mediciones son similares al equipo de calibración. En la figura 74 se observa como el equipo tiene estabilidad en sus mediciones. .

```

COM5
OK
AT+CLIP=1
OK
AT+ORIG=3,2,0,0,0
OK
ADC_p8=418 p8=6.76 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=417 p8=6.72 -- ADC_us=71 us=389.92 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=416 p8=6.68 -- ADC_us=71 us=389.92 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=415 p8=6.65 -- ADC_us=71 us=389.92 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=415 p8=6.65 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=414 p8=6.61 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=414 p8=6.61 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=414 p8=6.61 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.06 C
ADC_p8=415 p8=6.65 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=414 p8=6.61 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=415 p8=6.65 -- ADC_us=72 us=390.58 -- Temp= 21.00 C
ADC_p8=413 p8=6.57 -- ADC_us=65 us=357.91 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=414 p8=6.61 -- ADC_us=64 us=345.58 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=417 p8=6.72 -- ADC_us=65 us=357.91 -- Temp= 20.94 C
ADC_p8=417 p8=6.72 -- ADC_us=65 us=357.91 -- Temp= 20.94 C
ADC_p8=417 p8=6.72 -- ADC_us=64 us=345.58 -- Temp= 20.94 C
ADC_p8=418 p8=6.76 -- ADC_us=67 us=347.24 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=418 p8=6.76 -- ADC_us=66 us=342.58 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=418 p8=6.76 -- ADC_us=64 us=342.58 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=418 p8=6.76 -- ADC_us=67 us=347.24 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=420 p8=6.84 -- ADC_us=74 us=399.92 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=418 p8=6.76 -- ADC_us=74 us=399.92 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=417 p8=6.72 -- ADC_us=74 us=399.92 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=416 p8=6.68 -- ADC_us=74 us=399.92 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=415 p8=6.65 -- ADC_us=74 us=399.92 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=415 p8=6.65 -- ADC_us=73 us=389.25 -- Temp= 20.87 C
ADC_p8=416 p8=6.68 -- ADC_us=74 us=399.92 -- Temp= 20.87 C
Estado = OK -- 12
+CSQ: 20,0
OK
Autoscroll Mostrar marca temporal
    
```

Figura 74 Datos de mediciones de sensores

La programación del sistema de alertas que tiene que enviar el equipo en caso de encontrarse los parámetros fuera de rango de funcionamiento cumplen conforme a lo programado y la telemática empleada en el equipo para la comunicación con encargado de mantenimiento cumple todas las funciones descritas en el transcurso del proyecto. En la

Figura 75 se observa los mensajes enviados por el equipo al celular del encargado de mantenimiento.



Figura 75 Mensajes enviados por equipo

En el Anexo 4 se observa el certificado otorgado por parte del departamento de Ingeniería Eléctrica/Electrónica, en el que indica que las pruebas fueron pasadas satisfactoriamente por el equipo.

## CONCLUSIONES

1. La definición de los parámetros de funcionamiento del agua del circuito cerrado de lingoteras permitió escoger los rangos de calibración, elegir los sensores conforme a los rangos de funcionamiento y el diseño del programa en función de las necesidades del sistema.
2. La realización del sistema electromecánico en la implementación de la válvula de purga el actuador eléctrico no dio resultado y para las pruebas se instaló un actuador neumático normalmente cerrado. Las pruebas resultaron exitosas, pero por las políticas internas de la Empresa el equipo debe estar a prueba durante tres meses por temas de costos para no arriesgar la producción. Por el momento para realizar las pruebas de los tres meses se está realizando la gestión para conectar el equipo en la cisterna de abastecimiento del circuito cerrado.
3. La elaboración de la placa prototipo del equipo permitió seleccionar el microcontrolador 328P-AU con mejores características para la programación para la placa profesional, permitió la programación en Arduino y brindó una mayor estabilidad en las mediciones y en las funciones realizadas en el equipo.
4. La telemática por su utilidad puede contribuir con otros proyectos para controlar otras variables. Permite al encargado por medio de una llamada telefonica controlar los parámetros y la seguridad para que los rangos de funcionamiento no sean alterados por terceras.
5. La parte de comunicación del usuario por medio del LCD 20X4 y el teclado 4X4 que se encuentran en la parte frontal del equipo, permite ver los parámetros y rangos de funcionamiento. Adicional el poder programar los rangos de funcionamiento por medio del teclado permite cambiarlos rangos en caso de que se necesite variar los parámetros del agua por cambio de productos químicos o por limpiezas que se pueden realizar por medio del pH.
6. Durante el proceso de realizar las pruebas de funcionamiento del dispositivo se pudo determinar que el equipo es eficiente y cumple con el objetivo principal de controlar los niveles de pH, conductividad y temperatura del agua, al igual que del resto de funciones como las alarmas y los avisos.

## RECOMENDACIONES

1. Para la definición del proyecto se deben de tomar en cuenta las variables que tan difíciles son de controlar o estabilizar. Adicional ver que las salidas para las conexiones de los sensores y otros elementos que van a conformar el equipo sean las suficientes o a su vez sobredimensionarlas para no tener que cambiar de placa.
2. Para la programación se recomienda que el dispositivo tenga la capacidad de admitir varios lenguajes de programación esto con el fin de poder tener la capacidad de acceder a librerías que facilitaran la programación deseada.
3. La utilización de los software libres para el diseño de la placa PCB son muy versátiles y además permiten que la fabricación de la placa sea en equipos profesionales para tener un mejor presentación del proyecto.

## GLOSARIO

---

### **A**

Acero: Se denomina Acero a aquellos productos ferrosos cuyo porcentaje de Carbono está comprendido entre 0,05 y 1,7 %. · 25

---

### **C**

Colada continua: Colada continua; Es el proceso siderúrgico, en el que se vierte acero líquido en un molde para que adquiera su forma mediante el intercambio de calor entre la lingotera y el agua · 17

---

### **F**

Fosfato: Sal formada por combinación del ácido fosfórico con una base · 22

---

### **H**

Humedal: Terreno humedo · 18

---

### **T**

Telemática: Servicio de telecomunicaciones que permite la transmisión de datos informatizados a través del teléfono · 56

Turbiedad: La Turbiedad es una medida o indicador del grado de transparencia de un líquido · 18



## BIBLIOGRAFÍA

- KIPDF*. (2010). Recuperado el 20 de Abril de 2018, de [https://kipdf.com/7202-industrias-i-facultad-de-ingenieria-universidad-de-buenos-aires-horno-elect\\_5af0c9f07f8b9a073b8b45f5.html](https://kipdf.com/7202-industrias-i-facultad-de-ingenieria-universidad-de-buenos-aires-horno-elect_5af0c9f07f8b9a073b8b45f5.html)
- WIKIPEDIA*. (07 de 02 de 2019). Recuperado el 2019, de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dise%C3%B1o\\_electr%C3%B3nico&action=history](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dise%C3%B1o_electr%C3%B3nico&action=history)
- ARDUINO*. (s.f.). *Arduino.cl*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-esplora>
- AZNAR JIMENEZ, A., & ALONSO BARBA, A. (s.f.). *OCW*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- BLUM, R. (2014). *Arduino Programming in 24 hours*. U.S.A: SAMS.
- BREIJO GARCIA, E. (2009). *Copilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC*. España: Marcombo S.A.
- BRICOGEEK*. (s.f.). Obtenido de [https://tienda.bricogeek.com/sensores-temperatura/510-sensor-ds18b20-estanco.html?search\\_query=DS18B20&results=4](https://tienda.bricogeek.com/sensores-temperatura/510-sensor-ds18b20-estanco.html?search_query=DS18B20&results=4)
- DFROBOT*. (s.f.). Obtenido de [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog\\_EC\\_Meter\\_SKU:DFR0300](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300)
- DIZ, M. (16 de Noviembre de 2011). *Hablando de Ciencia*. Recuperado el 02 de Febrero de 2018, de <https://www.hablandodeciencia.com/articulos/2011/11/16/acidobases-y-cintas-de-ph/>
- ELECTROCREA*. (s.f.). Obtenido de <https://electrocrea.com/products/membrana-keypad-4x4>
- ELECTROTEKMEGA*. (s.f.). Obtenido de <http://electrotekmega.com/producto/modulo-gprs-gsm-sim8001/>
- ENCARTA. (2008). *EcuRed*. Recuperado el 12 de Mayo de 2019, de [https://www.ecured.cu/Elaboraci%C3%B3n\\_del\\_acero](https://www.ecured.cu/Elaboraci%C3%B3n_del_acero)
- ENRIQUEZ BERCIANO, J., TREMP GUERRA, E., ELIO DE BENGY, S., & FERNANDEZ SEGOVIA, D. (Junio de 2009). *Colada del Acero*. Madrid.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- IBEROBOTICS*. (s.f.). Obtenido de <https://www.iberobotics.com/producto/pantalla-lcd-20x4-con-comunicaciones-i2c-y-serie/>

*JLCPCB*. (s.f.). Obtenido de <https://jlcpcb.com/>

MCI, I. (s.f.). *arduino.cl*. Obtenido de <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

*NAYLAMP MECHATRONICS*. (s.f.). Obtenido de  
<https://naylampmechatronics.com/atmel/262-atmega328p-smd.html>

PEREZ PORTO, J., & GARDEY, A. (2012). *Definicion de*. Recuperado el 2018, de  
<https://definicion.de/temperatura/>

PEREZ RUEDA, N., & RODRIGUEZ CASAS, L. (2016). *Prototipo de medición de parámetros físico químico para determinar la relación entre indicadores biológicos y calidad del agua en el humedal Santa María del Lago-Bogota*. Bogota.

*STIB*. (s.f.). Obtenido de  
[http://www.stib.com.ar/contenidos/2018/01/19/Editorial\\_2890.php](http://www.stib.com.ar/contenidos/2018/01/19/Editorial_2890.php)





























*THEORYCIRCUIT*. (s.f.). Obtenido de <http://www.theorycircuit.com/spdt-relay-dpdt-relay/>

VIDARTE, N. (2016). *Adaptación e implementación de un sistema autonomo de bajo coste de monitorización de calidad de agua en tiempo real*. Madrid.

## **ANEXOS**




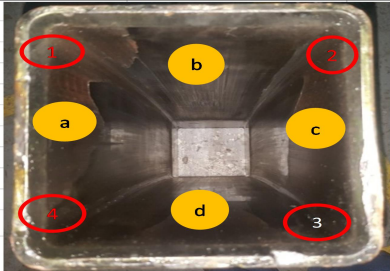
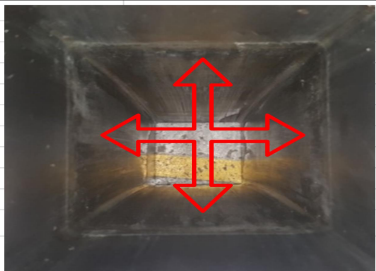
Anexo 1. Hojas de control de parámetros de agua.

 <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA</b> <small>Acería del Ecuador</small>							
FECHA:				TURNO:			
		INICIO		FINAL		GRUPO:	
SACOS DE SOSA						OPERADOR:	
CONSUMO DE QUIMICOS CONTROLADOS							
ACIDO CLORHIDRICO KG				SODA CAUSTICA KG			
REGENERACION		C. HORNOS	C. ABIERTO	C. CERRADO	Col. 1	Col.2	Col. 3
TOTAL TURNO:							
ESTADO DE REGENERACION DE LAS COLUMNAS ANIONICAS							
COLUMNA 1:							
COLUMNA 2:							
COLUMNA 3:							
OBSERVACIONES:							
ANALISIS QUIMICO RECIRCULACION CIRCUITOS							
				PARAMETROS DE CONTROL			
				PROFCHEMICAL			
PARAMETS.		LINGOTERAS		HORNOS	SPRAYS		LINGOTERAS
		REPOSICION	RECIRCULAC.	RECIRCULACION	SPRAYS		HORNOS
P.H							7 A 8.5
CONDUCT.							7 A 8.5
TDS							400PPM
ALCALAND.							1000 PPM
SÍLICE							500PPM
HIERRO							500PPM
FOSFATO							20-200 PPM
CLORO							20-200 PPM
DUREZA							50 PPM
							200 PPM
							MAX 1 PPM
							0.2 PPM
							8 A 10 PPM
							S/REGISTRAR
							MAX 0,5 PPM
							S/REGISTRAR
							35 PPM
							200 PPM
Observaciones:							
TRABAJOS PENDIENTES:							
1.-							
2.-							
3.-							
FIRMA JEFE ÁREA						FIRMA OPERADOR	

		<b>MANTENIMIENTO - ACERIA</b>				
<small>Acería del Ecuador</small>		<b>REGISTRO DE INSPECCION PLANTA DE AGUA</b>				
RESPONSABLE	1° TURNO		<b>GRUPOA</b> <input type="checkbox"/> <b>B</b> <input type="checkbox"/> <b>C</b> <input type="checkbox"/>			
	2° TURNO		<b>AÑO</b> <input type="text"/> <b>ME</b> <input type="text"/> <b>DIA</b> <input type="text"/>			
	3° TURNO					
<b>QUIMICOS</b>						
ITEM	TAREA		OBSERVACIONES	1° Turno	2° Turno	Novedades
1	ACIDO CLORHIDRICO		Lleno 3/4 del tanque			
2	INHIBIDOR DE CORROSION		Lleno 3/4 del tanque			
3	GENGARD		Lleno 3/4 del tanque			
<b>CIRCUITO CERRADO HORNOS (EAF - LF)</b>						
4	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 1		presión 3,2 y 4,4 bar			
5	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 2		presión 3,2 y 4,4 bar			
6	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 3		presión 3,2 y 4,4 bar			
7	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 4		presión 3,2 y 4,4 bar			
8	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 5		presión 3,2 y 4,4 bar			
9	Verificar visualmente nivel de Agua en Piscina 2000 m3		Máximo 15 m. Minimo 2 m del borde superior de la cisterna			
10	Verificar Funcionamiento Bombas de Retorno Transformadores		Verificar visualmente que caiga agua de la manguera a la piscina			
11	Verificar visualmente Funcionamiento Aeroenfriadores		Verificar visualmente que giren las aspas del aeroenfriador			
<b>CIRCUITO CERRADO COLADA CONTINUA (CCM)</b>						
14	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 1		presión 7,2 y 8,2 bar			
15	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 2		presión 7,2 y 8,2 bar			
16	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 3		presión 7,2 y 8,2 bar			
17	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 4		presión 7,2 y 8,2 bar			
18	Verificar visualmente nivel de Agua en Piscina 720 m3		Máximo 15 m. Minimo 2 m del borde superior de la cisterna			
19	Verificar visualmente Funcionamiento Aeroenfriadores		Verificar visualmente que giren las aspas del aeroenfriador			
20	Verificar dosificación de Bombas de Quimicos		Inspeccion visual de que ingrese el quimico			
<b>CIRCUITO ABIERTO COLADA CONTINUA (CCM)</b>						
21	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 1		presión 8,6 y 9,2 bar			
22	Verificar Funcionamiento y presion de Bomba 2		presión 8,6 y 9,2 bar			
23	Verificar visualmente nivel de Agua en Piscina 380 m3		Máximo 15 m. Minimo 2 m del borde superior de la cisterna			
24	Verificar visualmente funcionamiento Aeroenfriadores		Verificar visualmente que giren las aspas del aeroenfriador			
25	Verificar apertura de valvulas manuales de filtros		Apertura de todas valvulas			
27	Verificar visualmente retrolavado de filtros de arena		Verificar en la piscina de todos			
28	Verificar visualmente funcionamiento de bomba de retrolavado		presión de 1bar			
29	Verificar visualmente funcionamiento de Blower		Inyeccion de aire			
30	Verificar visualmente evacuacion de lodos		Activar luego de lavar los filtros			



Anexo 2: Formato de lingotera obsoleta

		<b>DIRECCION TECNICA ACERIA</b> <b>MANTENIMIENTO LINGOTERAS</b>	
<b>TUBO DE LINGOTERA OBSOLETO</b>			
CAMISA N°	WANG-0012-09	PORTA-LINGOTERA	# 02
TONELADAS PRODUCIDAS	19372	FECHA	21/12/2018
<b>CARA FRONTAL</b>		<b>CARA LATERAL</b>	
			
			
<b>DESGASTE</b>			
	Lado	Longitud desgaste (arista mm)	Desgaste (Cara 200 mm)
	1 (a-b)	290 mm	a= 215
	2 (b-c)	310 mm	b=200
	3 (c-d)	300 mm	c= 220
	4 (d-a)	290 mm	d= 200
<b>PROBLEMAS PRESENTADOS</b>			
Desgaste del cromo en las cuatro caras, distancia > 200mm.			
Desgaste del cromo en cuatro aristas, distancia > 200mm.			
Desgaste del cromo en rangos establecidos en el pie de la lingotera para dar de baja el tubo.			
Desprendimiento de la capa de cromo en la zona del menisco, con mayor incidencia en la cara b			
Golpes con barra falsa en el borde lateral derecho			
Presenta fina capa de fosfato en el 50 % de la superficie externa del tubo.			
<b>HISTORIAL DEL TUBO DE COBRE</b>			
Proveedor		WANG- METALLURGY	
Colada inicial		800705	
Colada final		801499	
Promedio de Rombosidad (%)		2,62	
Rango de Rombosidad (%)		0,5- 6,42%	
Coladas Totales		668	
Procedencia:		Líneas: 1 y 2	
<b>OBSERVACIONES</b>			
<b>TUBO DE LINGOTERA OBSOLETO</b>			
<b>REEMPLAZADA POR</b>		Camisa de Cobre N°	
<b>ELABORADO POR</b>		<b>REVISADO POR</b>	
<b>APROBADO POR</b>			
<i>Mauricio Andrade</i> <i>Taller de Lingoteras</i>		<i>Ing. Gustavo Betancourt</i> <i>Gerente de Mantenimiento</i>	
		<i>Ing. Andrés Albuja</i> <i>Director Técnico</i>	

**Anexo 3: Archivo digital Programación en ARDUINO del equipo.**



## Anexo 4: Acta de aceptación Técnica del proyecto por parte del departamento de Ingeniería Eléctrica/Electrónica.



### ACTA DE ACEPTACIÓN TECNICA

Aloag, 09 de enero de 2019

**Gerente de Mantenimiento Acería.**  
**Ing. Gustavo Betancourt.**  
Presente.

El proyecto de titulación "CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AGUA DE LINGOTERAS EN LA EMPRESA ADELCA ACERÍAS DEL ECUADOR", realizado por el Sr. DIEGO FERNANDO IGUAGO PERUGACHI con CI 1719040527. Fue recibido para pruebas de funcionamiento el 08 de enero de 2019, en el área de Ingeniería Eléctrica/Electrónica de la Acería. Para realizar las siguientes pruebas de funcionamiento:

1. Pruebas de lectura de sensores
2. Revisión de la tarjeta electrónica y dispositivos.
3. Pruebas de alarmas conforme a rangos de operación.
4. Pruebas de telemática.

El equipo pasó las pruebas satisfactoriamente.

Información que le hago participe para los fines pertinentes.

ATENTAMENTE

**Ing. Miguel Bastidas**  
**JEFE ELÉCTRICO ACERIA**



**ING. MIGUEL BASTIDAS**  
**JEFE ELÉCTRICO**  
Km 1 1/2 vía a Santo Domingo – Aloag  
Tel.: 02 3968100 / Ext.: 6311 /  
Celular: 0994625200 / 0997021270  
E-mail: mbastidas@adelca.com  
[www.adelca.com](http://www.adelca.com)

[www.adelca.com](http://www.adelca.com)

**MATRIZ CUMBAYÁ**  
Calle del Establo, lote 50 y del Charro  
Edificio Site Center, Cumbaya  
Torre 1, Piso 1, Oficina 708  
Telf.: (593 2) 380 1321

**ALDAG - PLANTA**  
Vía Aloag Sto. Domingo Km. 1 1/2  
PBX (593 2) 3968100  
Fax (593 2) 396 8138 - 1 - 2

**AMBATO**  
Samanga, Panamericana Norte S/N  
Ingreso a Puerto Arturo  
Telf.: (593 3) 2436 167 / 243 6157  
243 6077 / 243 6126 Fax: 243 6326  
097 060 570 / 095 368 399

**CUENCA**  
Panamericana Norte Km. 13 1/2  
Telefax: (593 7) 249 0042 / 249 0044  
249 0052

**LOJA**  
Vía a Catamayo, Belén Km 2 1/2  
Sector El Belén  
Telf.: (593 7) 302 6329 / 302 6330

**QUITO NORTE**  
Panamericana Norte Km 14,  
frente a la entrada a Llano Chico  
(junto a las Bodegas de Coca Cola)  
Tel: (593 2) 2023 322  
Cel: 000144312 / 000133327

**GUAYAQUIL**  
Telf.: (593 4) 2113466  
211 3952 / 211 3982

**MACHALA**  
Telf.: (593 7) 393 0576 / 393 0595  
Cel.: 003694794

**MANA**  
Telf.: (593 5) 3900067 / 3900080

**PORTOVIEJO**  
Telf.: (593 5) 293 2595 / 293 2526  
Cel. 098 021 159 / 092 002 990

**QUEVEDO**  
Telf.: (593 5) 2786404  
278 6253 / 211 3982

**SANTO DOMINGO**  
Telf.: (593 2) 274 4146 / 396 0190  
396 0191 Cel.: 095 650 931

## MANUAL DE USUARIO

### EQUIPO DE MEDICION DE PARAMETROS DE AGUA.

El equipo permite controlar tres parámetros de agua, conductividad, pH, y temperatura. El control es por rangos de funcionamiento que se configuran mediante el teclado, al ser alterado los parámetros de agua y salir de los rangos de funcionamiento programados, el equipo enciende la bomba de agua, acido, y válvula de purga conforme a la programación. Adicional envía mensajes SMS al número telefónico del encargado de mantenimiento, que puede controlar al equipo de manera remota.

### Generalidades del equipo

El equipo se usa para medir tres parámetros de agua industrial.

ITEM	DESCRIPCION	Variable	Unidad	Rangos de medición
1	Parámetros de medición:	Temperatura	°C	De -55 a 125°C
2		Conductividad	μS	De 0 a 1000μS
3		pH	adimensional	De 0 a 14



Figura 1. Partes del equipo.

1. Pantalla LCD	4. Antena módulo GSM	7. Sensor temperatura
2. Botón de encendido	5. Sensor conductividad	8. Alimentación energía 120V
3. Puerto USB-B	6. sensor pH	9. Teclado configuración

El equipo se encuentra en una caja plástica IP 44 con cubierta para proteger el teclado y la pantalla.

### Visualización de Pantalla.

La parte frontal del equipo tiene una LCD que permite visualizar dos ventanas.

1. Ventana de operación.
2. Ventana de configuración de parámetros.

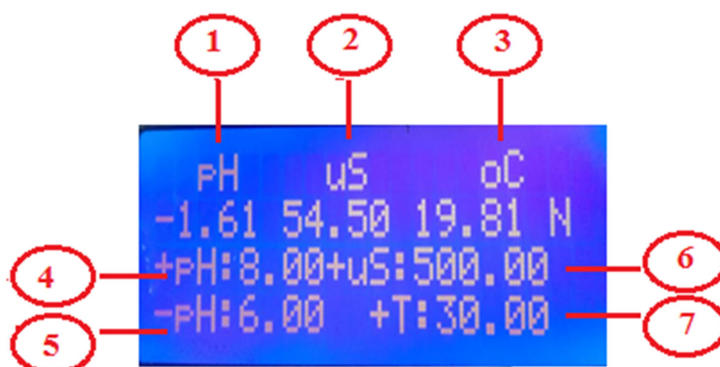


Figura 2. Ventana de operación.

1. Medida de pH	2. Medida de conductividad	3. Medida de temperatura
4. Rango de pH máximo	6. Rango de conductividad máxima	7. Rango de temperatura máxima
5. Rango de pH mínimo		

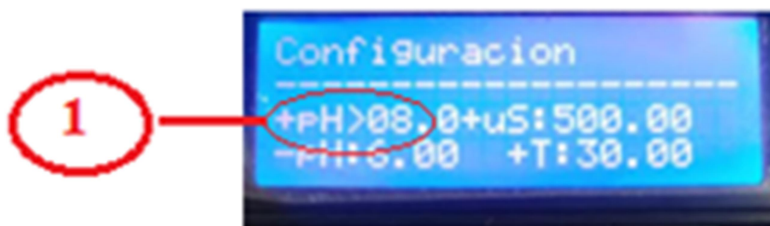


Figura 3. Ventana de configuración de parámetros.

1. Indica que el pH máximo se puede configurar.

### **Puesta en marcha**

1. Sumergir los sensores en agua.
2. Pulsar la tecla de encendido.
3. Revisar los parámetros configurados (Pantalla).
4. Revisar lectura de los sensores.

### **Configuración de parámetros de agua.**

1. El encargado permite la programación con el teclado del equipo, por medio del teléfono oprimiendo la tecla #.
2. Oprimir la tecla asterisco \* y aparece en pantalla el modo de configuración.
3. Para navegar por los rangos de parámetros y posicionarse en el rango que se quiere calibrar, se tiene que presionar la tecla de numeral #.
4. Ingresar un rango máximo de pH de 8 se debe de ingresa 0800 y un mínimo de pH se debe ingresar 0600.
5. Ingresar un rango máximo de conductividad de 400 $\mu$ S se debe de ingresa 040000.
6. Ingresar un rango máximo de temperatura de 26°C se debe de ingresa 0260.

### **Visualización de Baliza.**

La baliza es un medio visual para saber que relés están activos como se detalla a continuación.

- El color verde indica que el relé de accionamiento de la bomba de agua esta encendido.
- El color amarillo indica que el relé de accionamiento de la bomba de ácido esta encendido.
- El color rojo indica que el relé de accionamiento de la válvula de purga esta encendido
- La sirena se activa en conjunto con la válvula de purga esto es para prevenir que el circuito cerrado de lingoteras se quede sin nivel de agua.



Figura 4. Baliza.

### Mantenimiento programado

MANTENIMIENTO PROGRAMADO			
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCION	PERIODO
1	Sensor de Temperatura	Realizar limpieza	Semanal
		Calibracion respecto a equipo patron	Diario
		Reajuste de bornera	Trimestre
2	Sensor de Conductividad	Realizar limpieza	Semanal
		Calibracion respecto a equipo patron	Diario
		Reajuste de bornera	Trimestre
3	Modulo GSM	Recarga de saldo Tarjeta SIM	Mensual
		Limpieza de conector Antena	Mensual

### Solución de Problemas

SOLUCION DE PROBLEMAS			
ITEM	DESCRIPCION DE FALLA	POSIBLE CAUSA	SOLUCION
1	Equipo no prende	1. Falta de energía	Revisar acometida.
		2. Cable de alimentacion en mal estado	Cambiar cable
		3. Fusible abierto	Cambiar fusible.
		Pantalla LCD quemada	Reemplazar pantalla
2	Equipo no registra temperatura	Pt100 abierta	Reemplazar Pt100
3	Equipo no registra pH	Falla en el sensor	Reemplazar sensor
		Falla en el acondicionador de señal	Reemplazar acondicionador
4	Equipo no registra conductividad	Falla en el sensor	Reemplazar sensor
		Falla en el acondicionador de señal	Reemplazar acondicionador
5	Equipo queda estatico en sus mediciones	Falla en el programa	Oprimir boton reset
			Apagar y volver a encender el equipo

**SOPORTE TECNICO**  
**DIEGO IGUAGO TELF. 0967997794/EXT: 6339**  
**DEPARTAMENTO INGENIERIA ELECTRICA ELECTRONICA ACERIA EXT: 6311**

## MANUAL TECNICO

El equipo controla el pH, temperatura y conductividad de aguas industriales, estos parámetros cuando salen de rango se tiene que purgar y reponer agua para volver a los parámetros óptimos, para evitar daños en los equipos por incrustaciones o taponamientos de ductos.

El diseño del equipo está dado por el diagrama de bloques de la figura 1.

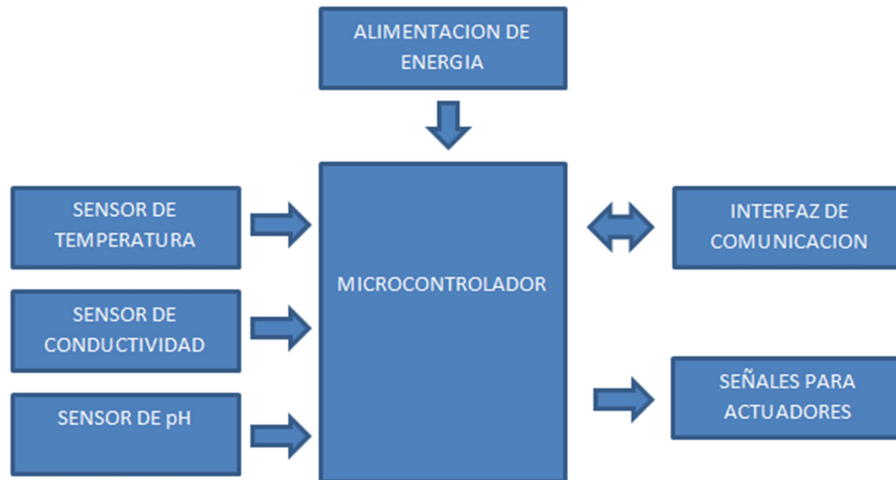


Figura 1. Diagrama de bloques del proyecto.

### MICROCONTROLADOR

El microcontrolador ATMEGA328P-AU, acepta bootloader arduino y permite programar con el software libre, de la página oficial de Arduino <https://www.arduino.cl> su conexión en la placa se puede observar en la figura 2.

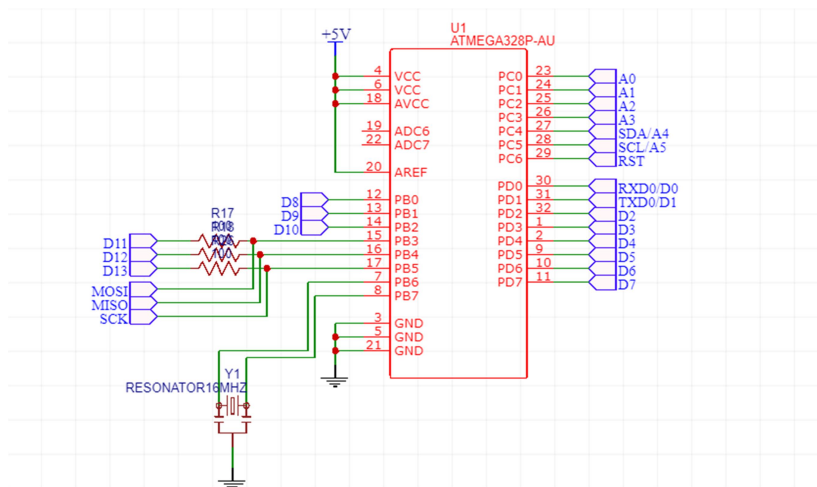


Figura 2. Diagrama esquemático conexión microcontrolador.

## SENSORES

El equipo recibe de los sensores las señales que sirven para medir los parámetros de agua que están detallados en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de sensores.

DATOS TECNICOS				
SENSORES				
ITEM	ELEMENTO	N° DE PARTE	UNIDAD	RANGO
1	Sensor de temperatura	PT100 DS18B20	°C	De -55 a 125°C
2	Sensor de conductividad	B01FL10P6Q	μS	De 0 a 1000μS
3	Sensor de pH	SEN 0161	adimensional	De 0 a 14

Los tres sensores tienen tres cables para su conexión dos cables para la alimentación de voltaje 5VDC y un cable de datos.

### Conexión de sensor de temperatura.

El sensor de temperatura está conectado a la tarjeta principal por medio de un conector ISP como muestra en la figura 3, los cables de alimentación se conectan en el pin 2 y 4. El cable de datos se conecta en el pin tres.

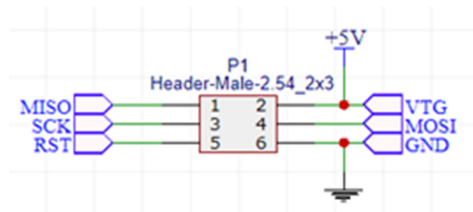


Figura 3. Conexión de sensor de temperatura

### Conexión de sensor de pH y conductividad.

En la figura 4, se observa la conexión de los dos sensores en las borneras la alimentación de los dos sensores es por la bornera de 5VDC. El sensor de conductividad el cable de esta conectado en la bornera A1, el cable de datos del sensor de pH está conectado en el A0.

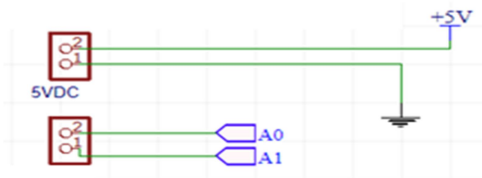


Figura 4. Conexión de sensor de conductividad y temperatura.

## SEÑALES PARA ACTUADORES

La señal para los actuadores esta dada por bloque de relés que trabajan con un voltaje de 12 VDC para la bobina y esta utilizado el contacto normalmente abierto en el equipo.

Tiene un circuito integrado ULN2003 muy versátil, compuesto internamente por 7 drivers idénticos e independientes entre sí, que permiten de comandar con un microcontrolador a los relés, cada relé tiene led indicadores y tiene un buzzer que es una chicharra activa como se observa en la figura 5.

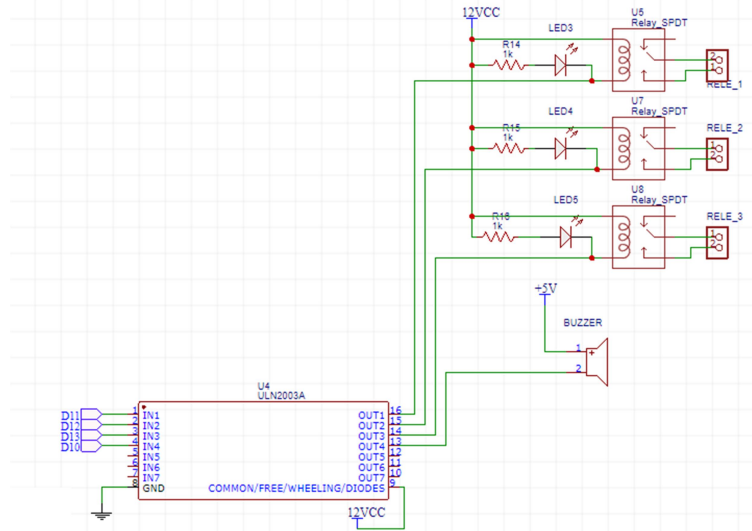


Figura 5. Diagrama conexión relés.

## INTERFAZ DE COMUNICACIÓN.

Los componentes del interfaz de comunicación están detallados en la tabla 2.

Tabla 2. Componentes interfaz de comunicación

DATOS TECNICOS		
COMPONENTES INTERFAZ DE COMUNICACION		
ITEM	ELEMENTO	N° DE PARTE
1	Pantalla de Visualización	LCD 20X4
2	Teclado	Teclado Matricial 4X4
3	Antena GSM	ANT-900/1800
4	Módulo GSM	GSM SIM 800I
5	USB tipo B	USB tipo B



### Conexión de LCD y teclado.

En la figura 6, se observan dos circuitos, el primero se conecta hacia el LCD 20X4 y el segundo conecta hacia el teclado matricial 4X4.

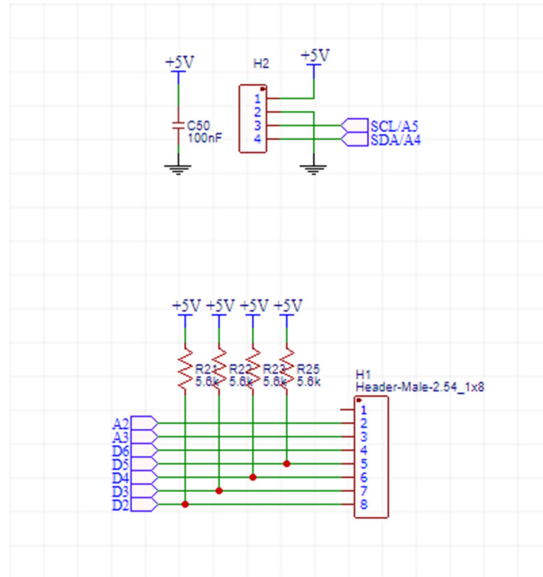


Figura 6. Diagrama conexión LCD y teclado.

### Conexión módulo GSM.

En la figura 7, se observa un convertidor de energía LM39302R-ADJ que baja de 12V a 4,1V y puede soportar hasta picos de 3A. Adicional el circuito del NET LIGHT es un indicador que parpadea cuando tiene comunicación a la red.

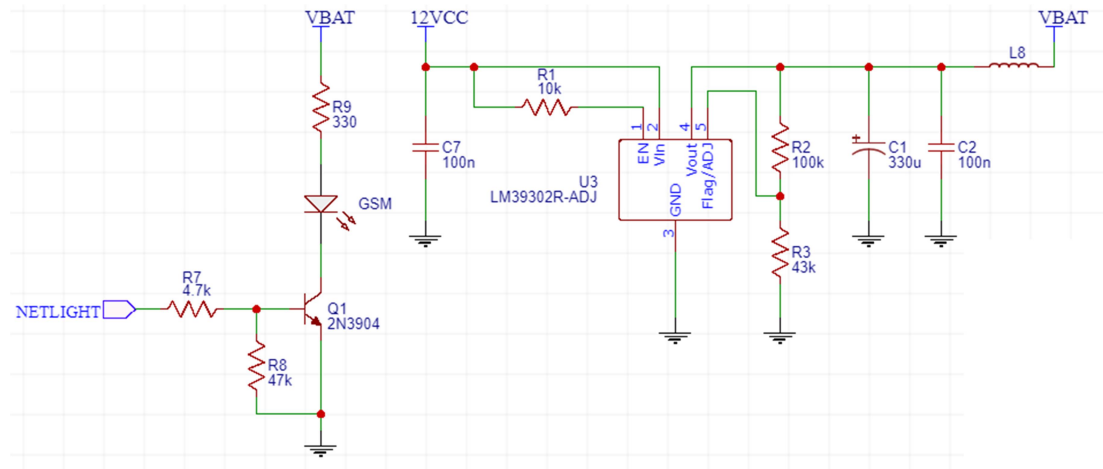


Figura 7. Diagrama esquemático alimentación de energía módem GSM

En la figura 8, se observa el circuito con el transistor 2N3904 para poder activar desde el microcontrolador el modem GSM, un bloque de diodos anti estática y la conexión hacia el SIM (CHIP) con sus resistencias por que trabaja a 2,7V.

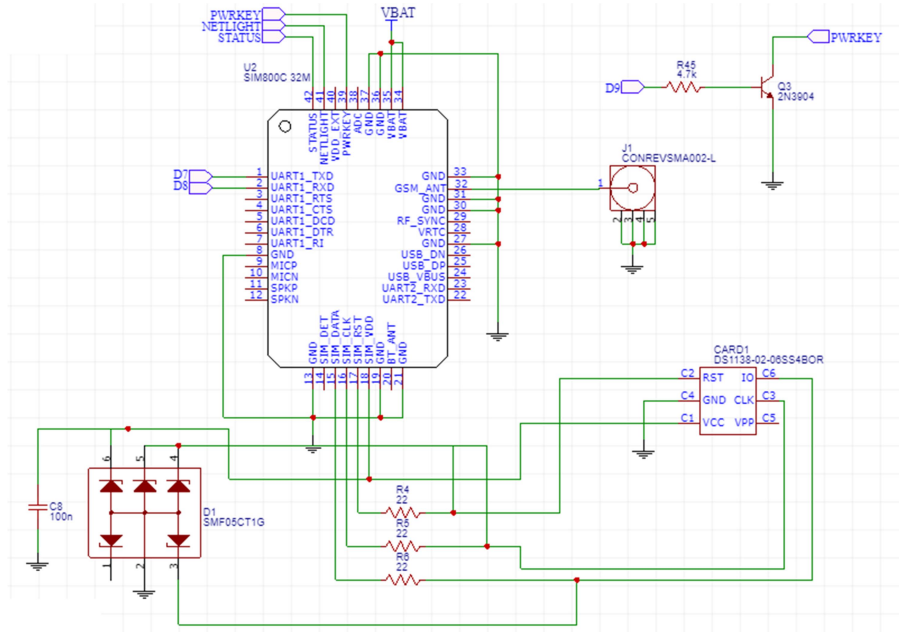


Figura 8. Diagrama esquemático módulo GSM.

### Conexión USB-tipo B

En la figura 9, se observa un USB tipo B y un convertidor CH 340 que convierte de 5 o 3,3 VDC, en pulsos lógicos TTL seriales, permite a microcontrolador tener una comunicación con la PC.

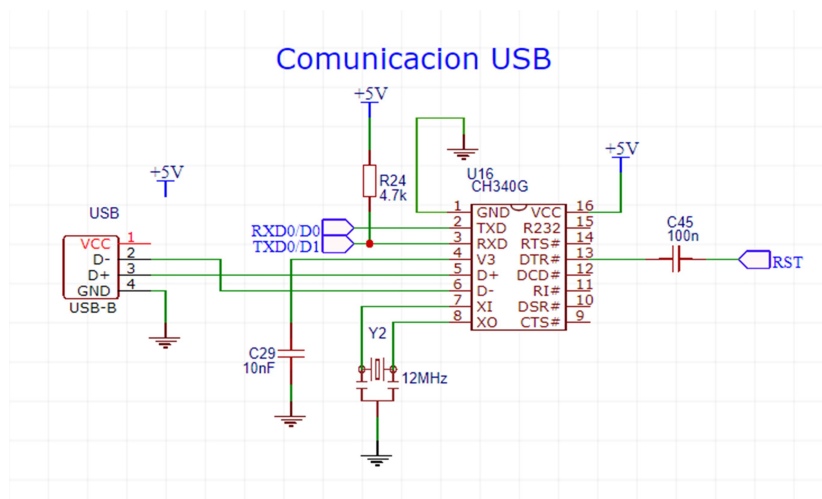
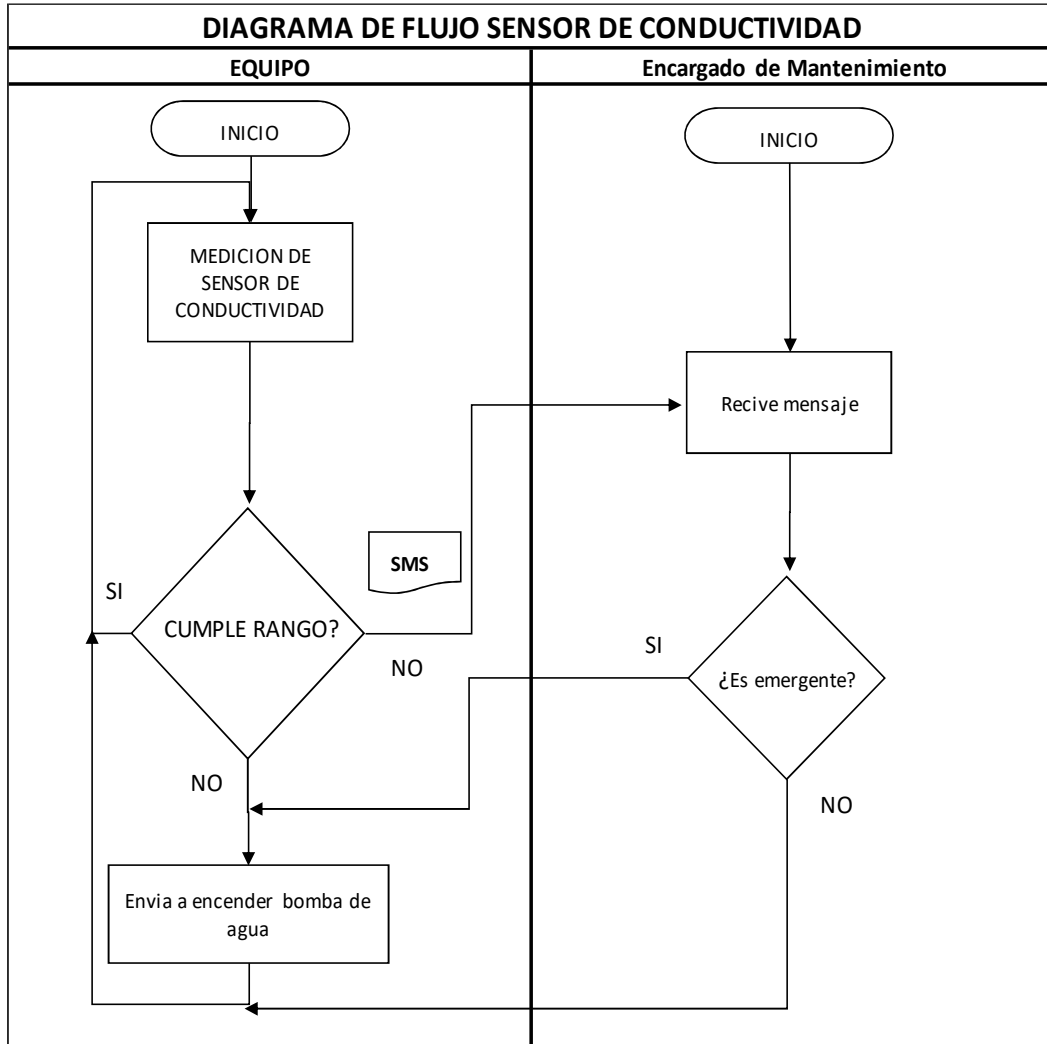


Figura 9. Diagrama esquemático puerto serial USB.

**PROGRAMACION.**

Para la programación del equipo se utiliza el programa de arduino el mismo que es un software libre. Para la conexión hacia la PC se la realiza por medio del puerto USB tipo B. La lógica de programación empleada para cada variable se puede observar en los diagramas de flujo 10, 11, y 12.



**Figura 10. Diagrama de flujo conductividad**

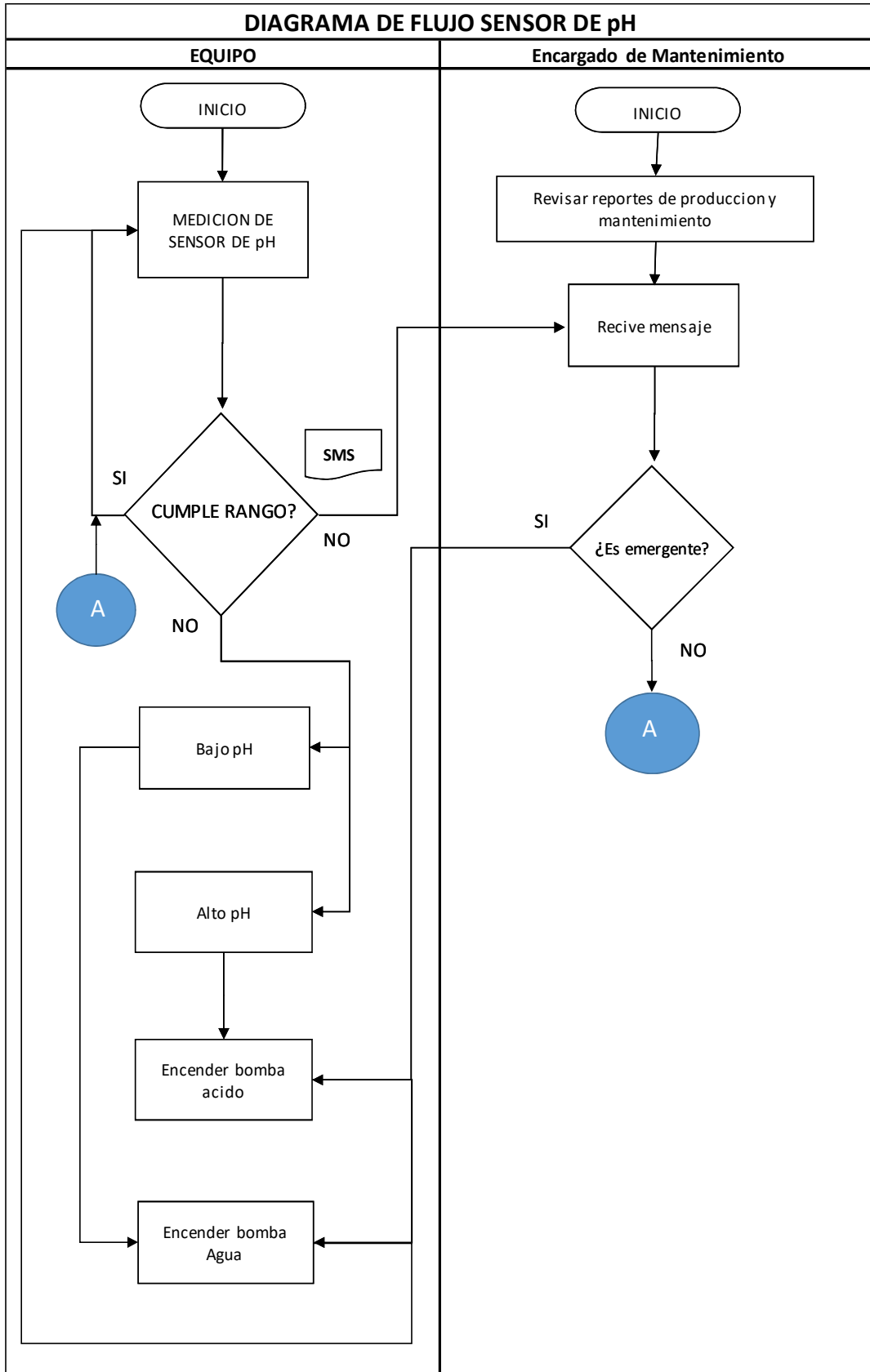


Figura 11. Diagrama de flujo pH

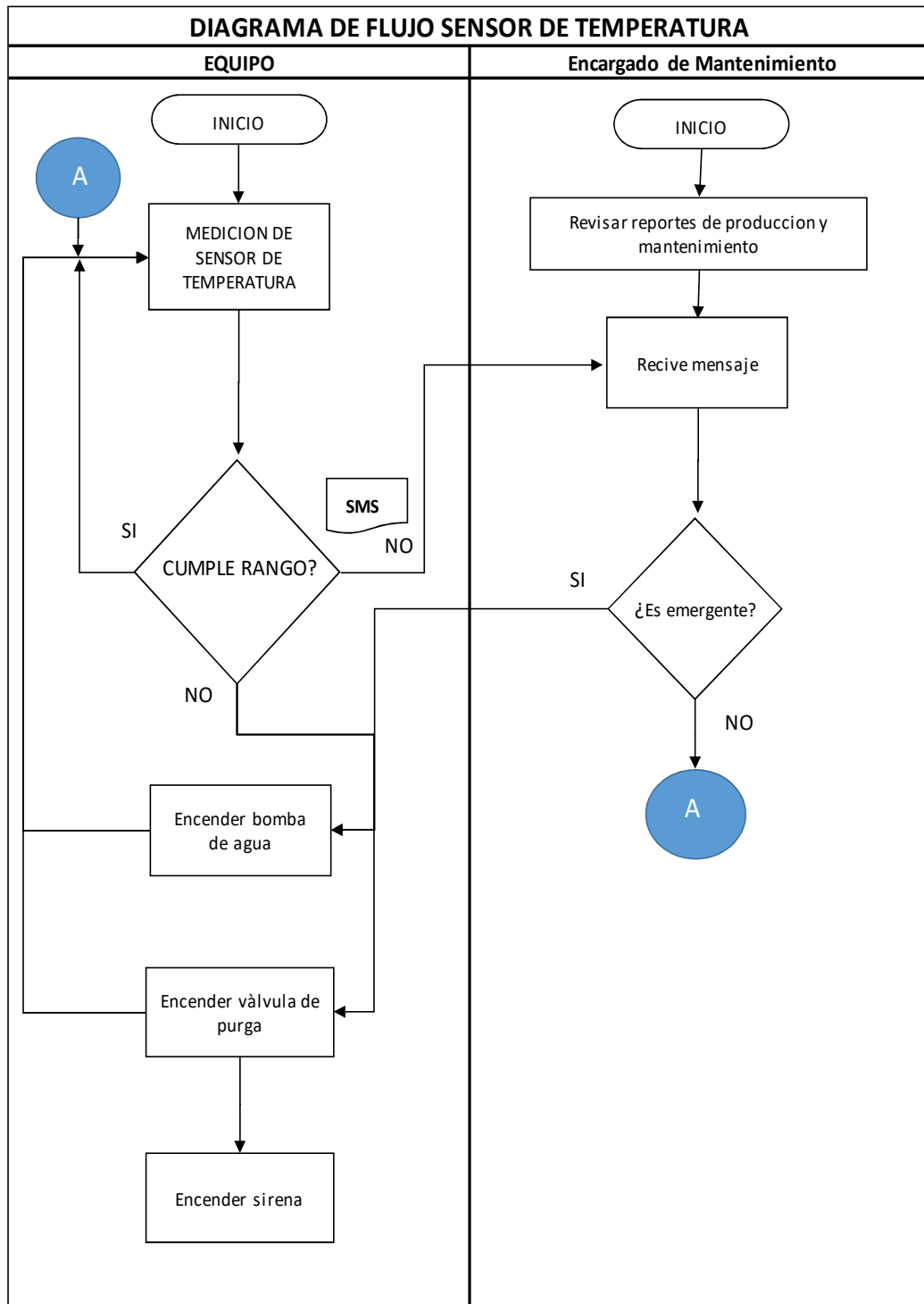


Figura 12. Diagrama de flujo temperatura

Con los diagramas de flujo se entiende que cuando un parámetro sale de sus rangos de operación el equipo emite alarmas, teniendo la siguiente configuración de telemática que utilizo los números de la red telefónica de claro.

- Línea N° 0959051430 la tarjeta SIM se encuentra en el dispositivo y es el que envía las alertas de las alarmas cuando se salen los parámetros de rango. Adicional recibe las órdenes del encargado y las ejecuta.
- Línea N° 0967997793 que es el número del encargado es decir la persona que puede realizar la comunicación con el equipo del proyecto conforme lo crea necesario.

En la configuración del encargado, puede realizar las siguientes operaciones con el teclado del teléfono teniendo que realizar la llamada y presionar las teclas conforme al código programado.

- Numeral 1. Permite prender el relé 1 en el que esta la bomba de ácido.
- Numeral 2. Permite prender el relé 2 en el que esta la bomba de agua.
- Numeral 3. Permite prender el relé 3 en el que esta la válvula de purga de agua.
- Numeral 4. Permite apagar el relé 1 en el que esta la bomba de ácido.
- Numeral 5. Permite apagar el relé 2 en el que esta la bomba de agua.
- Numeral 6. Permite apagar el relé 3 en el que esta la válvula de purga de agua.
- Numeral 7. Permite encender los relés con el teléfono del encargado.
- Numeral 8. Permite encender los relés con los sensores del equipo del proyecto.
- Numeral 9. Cuando el equipo envía una alerta de que algún parámetro esta fuera de rango mientras el encargado no marque el numeral 9 el equipo no volverá a enviar mensajes de alarma.
- Numeral 0. Da por terminada la llamada telefónica y envía un mensaje con los valores de los parámetros de ese instante.
- Asterisco. Bloquea la programación del Equipo por medio del teclado.
- Tecla # Activa la programación desde el teclado del equipo.

**SOPORTE TECNICO**  
**DIEGO IGUAGO TELF. 0967997794/EXT: 6339**  
**DEPARTAMENTO INGENIERIA ELECTRICA ELECTRONICA ACERIA EXT: 6311**