

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA  
SEDE AZOGUES**



UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Tesis previa a la obtención del grado académico  
de Ingeniero Electrónico**

TEMA:

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL  
MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA POTABLE EN UN  
TANQUE DE RESERVA MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM**

***Autor:***

*Wilson Daniel Arevalo Yauri*

***Dirigido por:***

*Ing. Jean Paúl Mata Quevedo. MSc*

*Azogues – Ecuador*

*2019*

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Wilson Daniel Arévalo Yauri con documento de identificación N° 0302636378 mi voluntad y cedo a la Universidad Católica de Cuenca la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación “**PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA POTABLE EN UN TANQUE DE RESERVA MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM.**”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Católica de Cuenca, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Católica de Cuenca.

Azogues, septiembre del 2019

.....  
Wilson Daniel Arévalo Yauri.

CI: 030263637

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de grado, presentado por el Sr. Wilson Daniel Arévalo Yauri para optar por el título de INGENIERO ELECTRÓNICO, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Azogues, a los 05 días del mes de septiembre del 2019.

Firma:

.....

Ing. Jean Paúl Mata Quevedo

CI: 0301455838

## CERTIFICADO DE AUDITORÍA

El presente trabajo investigativo del proyecto profesional de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, cuyo tema es “**PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA POTABLE EN UN TANQUE DE RESERVA MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM.**”, corresponde a trabajo de investigación del autor, además certifico que he cumplido con todas las observaciones realizadas por el tribunal evaluador.

Estudiante:

.....  
Wilson Daniel Arévalo Yauri.

CI: 030263637

## **DEDICATORIA**

Dedico esta Tesis a mi madre María Jesús Yauri Arevalo que siempre me apoyado incondicionalmente tanto moral y económicamente, demostrando ser una madre ejemplar.

A mis abuelitos, porque ellos siempre estuvieron brindando sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermana y primos, por sus palabras y compañía, durante todo este proceso de formación.

A mis tíos Zoila, Rosario, Luis, Juan y Jorge, por sus palabras de motivación y la gran fe depositada en mi persona.

**Wilson Daniel Arévalo Yauri.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios a nuestra señora la Virgen de la Nube por brindarme fuerzas salud y el ímpetu para poder terminar mis estudios universitarios

A toda mi familia, por siempre estar apoyándome y brindándome su apoyo incondicional, responsables de haber obtenido este logro de ser todo un profesional.

A mi tutor el Ing. Paul Mata docente de la facultad, que gracias a su conocimiento y consejos me guío durante la realización de mi tesis.

A mis profesores, quienes me brindaron gran parte de sus conocimientos, gracias a su enseñanza y paciencia, finalmente agradezco a tan prestigiosa universidad la cual nos abrió sus puertas para prepararnos para un futuro competitivo y formarnos como personas de bien que aportan a la sociedad.

A mis compañeros y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, a todas aquellas personas que siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo en el transcurso de la vida universitaria.

**Wilson Daniel Arévalo Yauri.**

## RESUMEN

El presente trabajo engloba la utilización de equipos y sistemas electrónicos de código abierto, como son: Arduino y la tecnología de comunicaciones móviles GSM. El sistema tiene como objetivo sensor el nivel de agua de un tanque de reserva, recolectar esta información y transmitirla a través de la red GSM.

El prototipo usa el sensor ultrasónico de nivel Prosonic FMU41, mientras que la adquisición de datos se realiza usando el Arduino Mega 2560 y finalmente el empaquetado y envío de datos se lo realiza con la shield GSM 900. Los datos obtenidos son almacenados en los equipos en una memoria microSD y en una base de datos en MySQL.

La validación de este proyecto se realizó monitoreando el nivel de agua de uno de los tanques de agua de Mahuarcay, siendo obtenida la medida cada hora durante 10 días. La información conseguida del tanque es el volumen en metros cúbicos. Esta información obtenida es contrastada conjuntamente con las técnicas empíricas de medición de los técnicos encargados en la EMAPAL EP

Este sistema se desarrolló con el propósito de prevenir derrames o vaciado del tanque de reserva, este último caso, ocasiona problemas de ingreso de aire a las tuberías, generando mantenimientos costosos o daños en sus equipos de medición y pérdidas para la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** ARDUINO MEGA 2560, ARDUINO, GSM, MONITOREO, EMPÍRICA.

## **ABSTRACT**

The present academic work includes the use of open source electronic equipment and systems such as Arduino and GSM mobile communication technology. The system aims to monitor the water level of a reserve tank which collects the information and transmits it through the GSM network.

The project itself was developed with the ultrasonic level sensor Prosonic FMU41 as the basis of the sensing. For the management of data control, it was made with the Arduino Mega 2560 electronic card and finally the packaging and data transmission was done with the GSM 900 shield. The data obtained is stored in the computers in a microSD memory and in a database in MySQL.

The validation of this project was carried out by monitoring the water level of one of the Mahuarcay water tanks and the measure was obtained every hour during 10 days. The information obtained from the water tank is the volume in cubic meters. This gathered information was contrasted with the empirical measurement techniques of the technicians in charge at EMAPAL E.P.

This system was developed with the aim of preventing leaks or emptying the reserve tank, in the latter case, it can cause problems of air entering the pipes, generating costly maintenance or damage to its measuring equipment and losses for the company.

**KEYWORDS:** ARDUINO MEGA 2560, GSM, MONITORING, EMPIRICAL.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	XII
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	XV
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>PROPUESTA</b> .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Definición del problema.....	4
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos .....	5
1.5. Metodología .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	7
2.1. Antecedentes de la investigación .....	7
2.2. Tecnología GSM .....	7
2.2.1 Célula telefónica .....	9
2.2.2 Área de localización.....	9
2.2.3 Área MSC .....	9
2.2.4 Área PLMN.....	10
2.2.5 Área GSM.....	10
2.3. Bandas de frecuencia de GSM .....	10
2.4. Comunicación móvil servicio de mensajes .....	11
2.5. Los comandos AT .....	12
2.6. Comandos AT y AT+ más frecuentes.....	12
2.7. Definición del software .....	13
2.8. La Plataforma Arduino.....	14
2.9. Placa Arduino Mega 2560.....	15
2.9.1 Características de la tarjeta Arduino Mega 2560.....	16
2.9.2 Especificaciones de la tarjeta Arduino Mega 2560 .....	16

2.9.3	Ventajas de la tarjeta electrónica Arduino Mega 2560.....	16
2.10	Tarjeta GSM/GPRS 900 .....	17
2.10.1	Especificaciones de la tarjeta GSM 900 .....	18
2.11.	Módulo MicroSD.....	18
2.12.	Selección de los sensores del proyecto.....	19
2.13.	Aspectos a considerar al elegir los sensores del proyecto.....	20
2.14.	Sensor de nivel ultrasónico Prosonic FMU41 .....	20
2.14.1.	Características generales del sensor Prosonic FMU41 .....	21
2.14.2.	Calibración supresión de señales y operación del equipo.....	22
2.15.	Sensor de corriente CC INA219.....	22
2.16.	Variable del proceso a controlar.....	23
2.17.	Medidas del tanque de reserva de Mahuarcay.....	23
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>25</b>
<b>DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE</b>		
<b>MONITOREO DE NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE DE RESERVA DE</b>		
<b>MAHUARCAY .....</b>		<b>25</b>
3.1.	Requerimientos del sistema.....	25
3.2.	Levantamiento de información .....	26
3.3.	Sensado del nivel de agua en el tanque de reserva.....	26
3.4.	Lectura de datos de los sensores .....	27
3.4.1	Calibración del sensor ultrasónico.....	27
3.5.	Transmisión de la información.....	29
3.6.	Almacenamiento .....	29
3.7.	Interacción del prototipo y actuadores .....	30
3.8.	Diseño de la arquitectura general del sistema .....	30
3.9.	Diseño electrónico.....	31
3.10.	Diseño general del software .....	32
3.11.	Diseño del hardware .....	34
3.12.	Diseño de la caja de protección .....	35

3.12.1	La caja de los equipos base y receptor.....	36
3.13.	Cálculo de volumen del líquido.....	36
3.13.1	Determinación de la ecuación de la distancia en función de la corriente	38
3.13.2	Se utiliza la fórmula del cálculo de volumen de un cilindro dado que el tanque de reserva tiene la forma cilíndrica. ....	41
3.14.	Base de datos .....	42
3.15.	Construcción del prototipo .....	43
3.15.1	Desarrollo del software .....	43
3.15.2	Construcción de hardware .....	47
3.16.	Implementación del equipo .....	48
3.17.	Análisis de costos de la elaboración del prototipo de monitoreo .....	50
3.18.	Análisis de costos de operación y mantenimiento.....	51
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>53</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO Y TRANSMICION DE INFORMACION DE TANQUES DE AGUA DE LA EMPRESA EMAPAL EP</b>	.....	<b>53</b>
4.1.	Análisis de resultados del nivel de agua en el tanque de reserva.....	53
4.2.	Validación del prototipo.....	60
<b>CAPÍTULO V</b>	.....	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>61</b>
5.1.	Conclusiones .....	61
5.2.	Recomendaciones.....	62
5.3.	Trabajos futuros .....	62
Bibliografía	.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Transmisión de la información mediante la red GSM.....	8
<b>Figura 2.</b> Área de comunicación MSC.....	9
<b>Figura 3.</b> Estructura de una red GSM.....	10
<b>Figura 4.</b> Bandas de frecuencia.....	11
<b>Figura 5.</b> Estructura de comunicación del servicio SMS .....	11
<b>Figura 6.</b> Comandos AT frecuentes.....	13
<b>Figura 7.</b> Software Arduino.....	14
<b>Figura 8.</b> Placa Arduino Mega 2560.....	15
<b>Figura 9.</b> Tarjeta GSM/GPRS 900.....	17
<b>Figura 10.</b> Conexión de la tarjeta Arduino con el módulo GSM.....	17
<b>Figura 11.</b> Módulo microSD.....	18
<b>Figura 12.</b> Aspectos que considerar para elegir el sensor .....	20
<b>Figura 13.</b> Sensor ultrasónico Prosonic FMU41 .....	21
<b>Figura 14.</b> Especificación del sensor Prosonic FMU41. ....	21
<b>Figura 15.</b> Calibración supresión de señales y operación del equipo.....	22
<b>Figura 16.</b> Sensor de corriente INA219.....	23
<b>Figura 17.</b> Corte lateral del taque de reserva. ....	24
<b>Figura 18.</b> Vista superior del taque de reserva.....	24
<b>Figura 19.</b> Arquitectura general del sistema.....	31
<b>Figura 20.</b> Diseño esquemático del sistema.....	32
<b>Figura 21.</b> Diagrama de flujo del proceso del prototipo .....	33
<b>Figura 22.</b> Arquitectura general del sistema.....	34
<b>Figura 23.</b> Diseño electrónico del sistema de monitoreo.....	35

<b>Figura 24.</b> Caja protectora del equipo desarrollado.....	36
<b>Figura 25.</b> Grafica de medidas del tanque de reserva.....	37
<b>Figura 26.</b> Grafica de la ecuación lineal obtenida del tanque.....	39
<b>Figura 27.</b> Análisis de ecuaciones.....	40
<b>Figura 28.</b> Variables que implican cálculo del volumen.....	40
<b>Figura 29.</b> Base de datos desarrollada en php MyAdmin.....	43
<b>Figura 30.</b> Diagrama de flujo de la base receptora.....	44
<b>Figura 31.</b> Diagrama del proceso del GSM. ....	45
<b>Figura 32.</b> Diagrama del proceso de muestreo y envió.....	46
<b>Figura 33.</b> Diagrama de flujo del receptor .....	47
<b>Figura 34.</b> Construcción de placas con antisolder.....	48
<b>Figura 35.</b> Ubicación del sensor Prosonic-M FMU41 .....	49
<b>Figura 36.</b> Implementación del equipo .....	49
<b>Figura 37.</b> Tanque de reserva sometido al estudio .....	53
<b>Figura 38.</b> Análisis de nivel del 16 de diciembre .....	48
<b>Figura 39.</b> Análisis de nivel del 17 de diciembre .....	49
<b>Figura 40.</b> Análisis de nivel del 18 de diciembre .....	50
<b>Figura 41.</b> Análisis de nivel del 19 de diciembre. ....	51
<b>Figura 42.</b> Análisis de nivel del 20 de diciembre .....	52
<b>Figura 43.</b> Análisis de nivel del 21 de diciembre .....	53
<b>Figura 44.</b> Análisis de nivel del 22 de diciembre. ....	54
<b>Figura 45.</b> Análisis de nivel del 23 de diciembre .....	55
<b>Figura 46.</b> Análisis de nivel del 24 de diciembre .....	56
<b>Figura 47.</b> Análisis de nivel del 25 de diciembre .....	57

<b>Figura 48.</b> Análisis total durante los días de implementación.....	58
<b>Figura 49.</b> Análisis de nivel máximo y mínimo durante los días de implementación .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Medidas de campo.....	28
<b>Tabla 2.</b> Valores de medición en campo.....	37
<b>Tabla 3.</b> Valores de lista de materiales de prototipo. ....	50
<b>Tabla 4.</b> Análisis de costos de operación y mantenimiento .....	51

# CAPÍTULO I

## PROPUESTA

### 1.1. Antecedentes

El agua es considerada como el recurso natural de mayor importancia, por ser esencial para la vida, también la calidad de ésta ya que es para el consumo humano, depende de las condiciones ambientales de la zona en donde se encuentran las fuentes y vertientes, es por esta razón que hay que preocuparse por el monitoreo para preservar y evitar desperdiciarla. (“Agua,” 2004)

En la actualidad la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental del cantón Azogues (EMAPAL EP) no cuenta con un sistema el cual permita realizar el monitoreo de sus tanques de reserva en tiempo real, siendo el mayor inconveniente el costo de implementación del sistema. Según técnicos de la empresa las medidas se las realiza de manera visual en un horario de 6H00 a 22H00 mediante el siguiente procedimiento, cada hora un operador debe dirigirse a la ubicación del tanque, e ir a la parte superior de este, destaparlo y contar los escalones descubiertos, de esta manera se crea el registro de consumo de agua potable de los tanques de reserva, con los que cuenta la empresa, implicando demoras, falta de continuidad en el registro, imprecisiones en las medidas, debido a errores, tales como: el cansancio, o alteraciones emocionales. (“EMAPAL EP Fonapa,” 2016)

En algunos casos este sistema de monitoreo genera problemas ya que al no ser controlado periódicamente el operador desconoce parcialmente el nivel de líquido que contiene el tanque de reserva, lo cual genera malestar en la colectividad, al ser suspendidos del servicio vital. Se conoce también que cuando esto sucede se tiene que realizar el bombeo de agua para su llenado, lo que implica suspender el servicio hacia los demás tanques, originando una

cadena de cortes en el servicio hacia los diferentes sectores de la ciudad. (“EMAPAL EP Fonapa,” 2016)

Otro inconveniente surge cuando el tanque se vacía en su totalidad, lo que origina un gasto a la empresa ya que los sistemas de distribución quedan contaminados con pequeños fragmentos de tierra y aire, generando molestias en los consumidores, al dañar su sistema de distribución de agua potable. (“EMAPAL EP Fonapa,” 2016)

Con los avances tecnológicos, lo que se pretende es tener datos exactos del monitoreo de tanques, además de transmitir la información de forma bidireccional, es decir se puede transmitir la información recolectada hacia una base en la planta y tomar decisiones tales como, activar o desactivar electroválvulas en el tanque que se esté monitoreando. (Rey, 1998)

## **1.2. Justificación**

Los métodos de monitoreo de la mayoría de las plantas de tratamiento de agua potable del cantón Azogues, se las realiza de manera manual debido a que no existe un sistema accesible de monitoreo, de fácil mantenimiento, y que brinde garantías en el trabajo encomendado, para lo cual EMAPAL EP, considera que el desarrollo e implementación de un equipo que brinde estas garantías será de gran ayuda a la planta. Para la obtención de un registro de datos de sistema de almacenamiento de agua potable en el tanque de reserva.

Este método está pensado para mejorar el sistema con el que actualmente cuenta la empresa, evitando la necesidad de que un operador acuda al lugar en donde se encuentre el tanque monitoreado, las principales ventajas del proyecto son:

- Monitorear y supervisar el nivel de agua de un tanque.
- Enviar la información recolectada hacia un servidor que se encuentra en la oficina de la planta de agua.
- Evitar el cableado para la transmisión de datos y toma de decisiones.

El sistema esta adecuado bajo normas de protección y seguridad para los diferentes componentes electrónicos, además está diseñado para personas que no posean ninguna experiencia técnica.(Valencia, 2016)

La implementación de este sistema de monitoreo en la planta de tratamiento de agua potable de Mahuarca de la ciudad de Azogues, mejoraría el registro de datos del nivel de agua, ayudando en la toma de decisiones, sobre la acumulación de agua en el tanque de reserva. Brindando un buen desempeño a la planta de tratamiento de agua, su sistema de monitoreo y el registro de mediciones, así como el envío de alarmas cuando el sistema lo requiera con la finalidad de obtener un sistema seguro y eficiente. Es aquí donde las interfaces de comunicación GSM han logrado un gran campo de aplicación, pues facilita tener acceso remoto a la información requerida.(Ruiz & Altamirano, 2010)

Este proyecto se diseña para diferentes entidades las cuales requieran un monitoreo constante, y en base a esto tener un control sobre su tanque evitando así el derrame del recurso vital como es el agua, de igual forma está pensado en el bienestar de las personas, resolviendo sus problemas con el uso de la tecnología, uno de los puntos de mayor importancia de este proyecto es la transmisión de datos a través de la tecnología GSM, ya que evita el cableado en su totalidad, omitiendo mantenimientos costosos.("Sistema de Monitoreo de Suministro de Agua Potable . Dirección General de Servicios Urbanos," 2011)

### **1.3. Definición del problema**

El monitoreo de los diferentes tanques de agua, con los cuales cuenta (EMAPAL E.P), representa un trabajo tedioso, no solo por la responsabilidad que se requiere para la obtención de datos como se cree, sino por la inversión que realiza la empresa para el traslado del operador hacia los diferentes sectores de la ciudad, en donde se encuentran ubicados los diferentes tanques que posee la empresa. (“EMAPAL EP Fonapa,” 2016)

Este trabajo de titulación, lo que pretende es brindar una alternativa mediante el monitoreo y transmisión de datos de forma bidireccional, de manera automática y a un bajo costo. Esto ayudará a mejorar los procedimientos de decisiones en función de las peculiaridades del nivel de agua con la cual cuenta un tanque.(Rica, & Salazar, 2009)

Sin embargo, debido a la gran variedad de sistemas de control y monitoreo, y a la complejidad de obtención de estas medidas, es necesario homologar, normalizar criterios, e incluso crear una protección normalizada para los equipos a utilizar, de manera que este proyecto esté en lineamientos de ingeniería básica para la implementación del sistema. Hay que recalcar que, los sistemas de control y supervisión de la infraestructura asignada se encuentran disponibles actualmente, por consiguiente, se requiere automatizar las funciones del sensor de nivel para la obtención y transmisión de datos. (Rica, 2009)

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un prototipo de sistema electrónico, el cual sea útil para el monitoreo del nivel de agua potable de un tanque, de la empresa Emapal E.P, mediante el uso de componentes electrónicos y tecnología GSM, para la transmisión de la información. 0

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Investigar sobre aportes teóricos y metodológicos acerca sistemas de monitoreo y transmisión de datos a través de la tecnología GSM.
- Desarrollar el prototipo de monitoreo usando sensores ultrasónicos y sensores de nivel mediante el software Arduino.
- Probar el funcionamiento del equipo desarrollado para la medición y transmisión de datos a través de la tecnología GSM.

## **1.5. Metodología**

Se utiliza el método analítico – sintético, analizando a diversos autores de tal manera que se resuman todas las ideas principales que puedan ser útiles para tener solidez en la información obtenida y el uso de método histórico debido a que gran parte de la información se encuentran en textos, papers y trabajos de titulación en donde exponen sus experiencias en el transcurso de la investigación.

En la segunda fase del trabajo de titulación, el método utilizado en el desarrollo es sistémico, analítico-sintético. El cual es un método que permite conocer más el objeto de estudio. El método sintético da la posibilidad de hacer un resumen de todas las ideas fundamentales respecto al tema de estudio. Y para el nivel práctico será la utilización del software Arduino con sus

respectivas librerías, necesarias para la transmisión de información a través de la tecnología GSM.

En la parte final del trabajo de investigación se utiliza el método inductivo – deductivo. Luego del desarrollo completo de las primeras partes se encontrarán las respuestas a las preguntas que fueron planteadas por el investigador, debido a que la deducción es afín a la inducción, con la cual se obtendrán las conclusiones y recomendaciones pertinentes sobre el trabajo.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Este capítulo dará a conocer los temas que intervienen en el desarrollo del proyecto, como son: la tecnología GSM, características de la tarjeta electrónica Arduino mega 2560, software, sensores y módulos microSD a usarse de manera que estén citados puntualmente y expliquen en que intervienen en este proyecto.

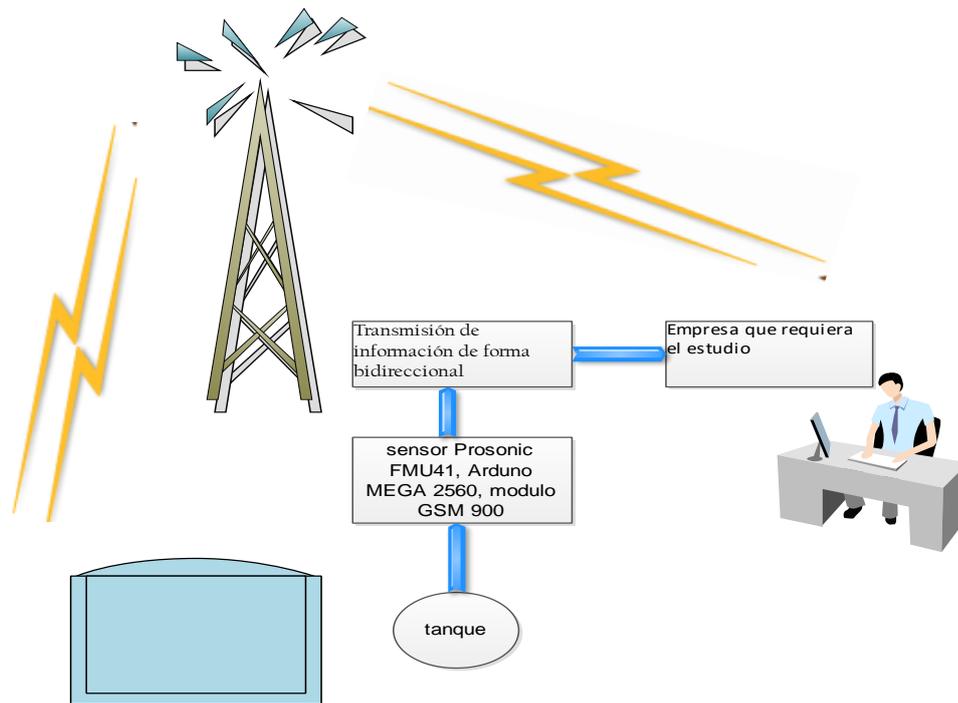
#### 2.2. Tecnología GSM<sup>1</sup>

Tiene por objetivo transmitir toda la información recolectada de los diferentes tanques, los cuales estén sometidos a este sistema. GSM es la abreviatura de “Sistema Global para las comunicaciones Móviles”, siendo en la actualidad totalmente digitales, los cuales permiten transmisiones digitales de voz y datos, como mensajes multimedia y mensajes de texto. (Lizárraga, Gallina, & Zamboni, 2008)

En cuanto a la arquitectura todo terminal móvil debe estar constituido por una tarjeta SIM, “Modulo Identificador de Abonado” la cual influye en este proyecto para la transmisión de información. La transmisión de datos se la realiza mediante la tecnología GSM, de manera bidireccional como se muestra en la **Figura 1.** a continuación. (Lizárraga, 2008)

---

<sup>1</sup> Global System Communication



**Figura 1.** Transmisión de la información mediante la red GSM  
Elaborado por: El Autor.

El desarrollo de la tecnología GSM ha permitido el progreso y comunicación entre diferentes equipos y sensores, siendo factible proporcionar una alternativa para el tratamiento de datos a un bajo costo, facilitando la integración de la tecnología y automatizando ciertos procesos tanto para la industria como para el hogar. Sin ir más lejos Arduino ha marcado un punto de inflexión en este sentido ya que facilita la comunicación mediante esta tecnología, convirtiéndose en la herramienta ideal para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto dejando notar su bajo costo, mantenimiento y sencillez. (Lizárraga, 2008)

Una red de conexión GSM enruta de manera correcta la comunicación entre dispositivos. A continuación, se detalla algunas de las estructuras de comunicación para la transmisión de datos mediante la tecnología mencionada. (Lizárraga, 2008)

### 2.2.1 Célula telefónica

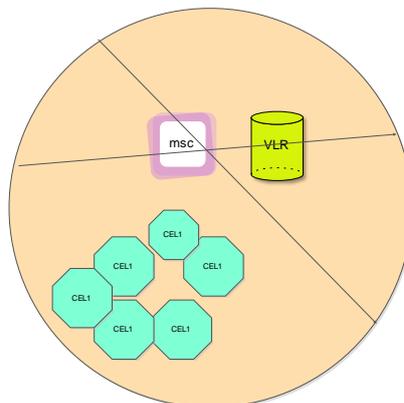
Se define como el área de cobertura de una estación de telefonía, cada célula tiene asignado un identificador único denominado CGI<sup>2</sup>, lo que permite establecer una comunicación entre dispositivos.(Rey, 1998)

### 2.2.2 Área de localización

Se define como el conjunto de células, este identificador de área es el que almacena VLR<sup>3</sup> y HLR<sup>4</sup> el cual ayuda a restablecer conexión si el usuario cambia de área de localización.(Rey, 1998)

### 2.2.3 Área MSC<sup>5</sup>

Está formada por varias áreas de localización y representa la zona geográfica controlada por un nodo, en su VLR se almacena los abonados que se encuentran en su campo de acción, pero que no fueron dados de alta en dicho nodo y en el HLR se encuentra el área actual de los abonados.(Rey, 1998) la **Figura 2.** muestra el área de comunicación MSC.



**Figura 2.** Área de comunicación MSC.

**Fuente:** (Rey, 1998)

---

<sup>2</sup> Common Gateway Interface (Interfaz de Entrada Común)

<sup>3</sup> Registro de Ubicación de Visitante

<sup>4</sup> Home Location Register (Inicio Ubicación Registro)

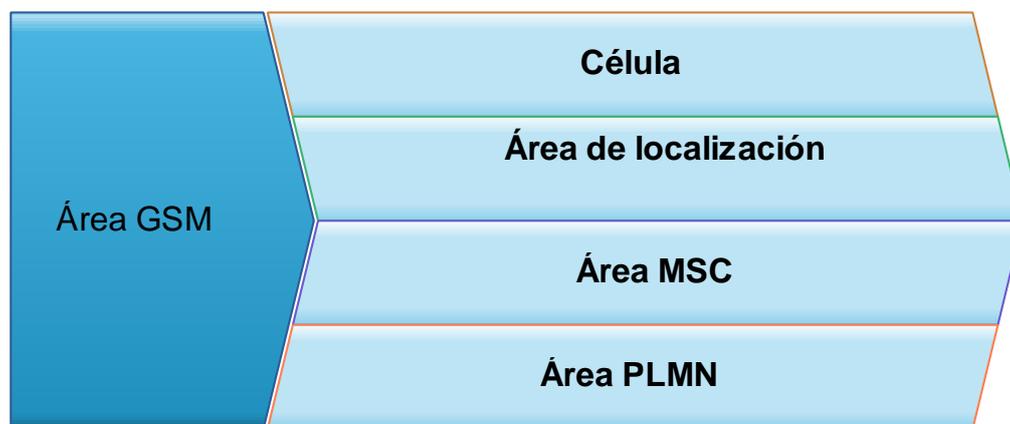
<sup>5</sup> Mobile Switching Central (Central de Comunicaciones Móvil)

## 2.2.4 Área PLMN

Se denomina así al conjunto de células totales controladas por un operador o a el área que ofrece cobertura y acceso a la red de telefonía celular existen varias PLM<sup>6</sup>, una por cada operador de telefonía móvil.

## 2.2.5 Área GSM

Este término se refiere al área geográfica total desde donde se puede tener acceso a la red, esta zona está en crecimiento gracias a las distintas operadoras que existen en el país, aunque todavía tiende el usuario a quedarse en roaming en algunos sitios, esto se da cuando la red GSM en la que se encuentra, no pertenece al operador con el que contrato el servicio. A continuación, la **Figura 3** indica la estructura de una red GSM. (Universidad Politécnica de Catalunya, 2010)



**Figura 3.** Estructura de una red GSM.  
Elaborado por: El Autor.

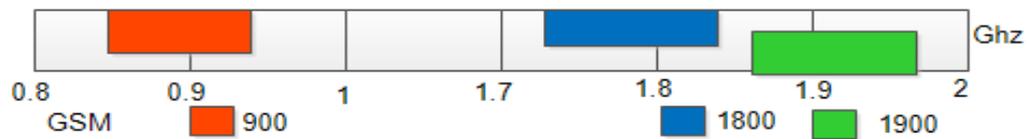
## 2.3. Bandas de frecuencia de GSM

A lo largo de su evolución la tecnología GSM se ha ido extendiendo y desarrollando como se puede observar en la **Figura 4** Aunque originalmente fue desarrollada para operar a una frecuencia de 900 MHz y es la que utilizan

---

<sup>6</sup> Product Lifecycle Management

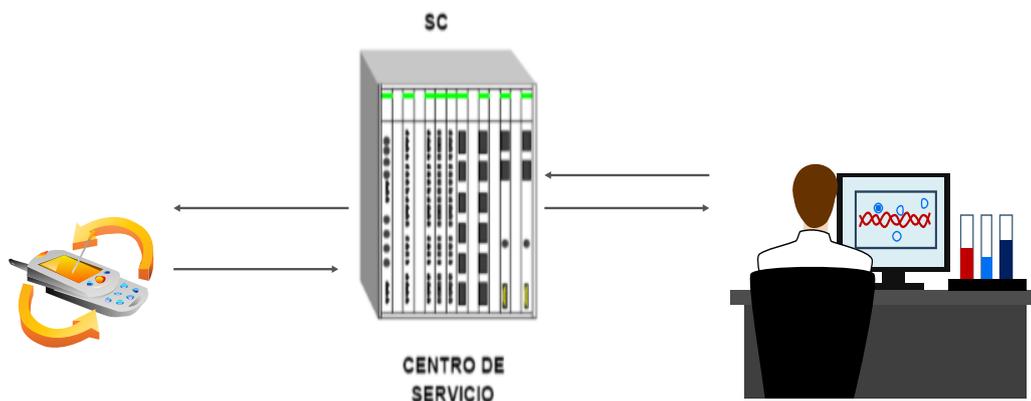
la mayoría de redes actuales, aunque se desarrolló a frecuencias de 1800 y 1900 MHz, considerada en algunos países inoperable ya que estas frecuencias ya estaban ocupadas.(Universidad Politecnica de Catanluya, 2010)



**Figura 4.**Bandas de frecuencia.  
Elaborado por: El Autor.

## 2.4. Comunicación móvil servicio de mensajes

Este servicio de mensajes permite transferir texto, entre una estación móvil y otra entidad, a través de las comunicaciones sin hilos, el servicio ofertado en este proyecto es una comunicación extremo a extremo entre la estación de monitoreo y la entidad reguladora, la entidad puede ser otra estación móvil o puede estar situado a una red fija o a un servidor, la **Figura 5** muestra la comunicación bidireccional establecida. (España Boquera, 2003)



**Figura 5.** Estructura de comunicación del servicio SMS  
**Fuente:** (España Boquera, 2003)

## 2.5. Los comandos AT<sup>7</sup>

Son instrucciones, de comunicación entre el operador y el terminal modem, fue desarrollado como un interfaz de comunicación para así poder configurarlo y proporcionarlo instrucciones, tales como marcar un número de teléfono, enviar mensajes de texto, o de voz, con el avance del baudio las compañías Microcomm y US Robotics la siguieron desarrollando y expandiendo en comandos hasta universalizarlo, la finalidad primordial de estas instrucciones es la comunicación con módems, el sistema de telefonía móvil GSM igualmente adopto este estándar de lenguaje para su comunicación con sus terminales. (Práctico & Nacional, 2015)

Estas instrucciones se localizan en la ficha técnica de los equipos GSM, las cuales permite realizar diferentes acciones como las que se ha mencionado en el apartado anterior. Cada vez que el modem recibe un comando lo procesa y devuelve un resultado la cual normalmente es una cadena ASCII<sup>8</sup> salvo que se haya indicado lo contrario, al estar en esta norma se utilizara un ordenador, bien para acceder al modem, configurarlo hacer pruebas o establecer comunicación con otro. (España Boquera, 2003)

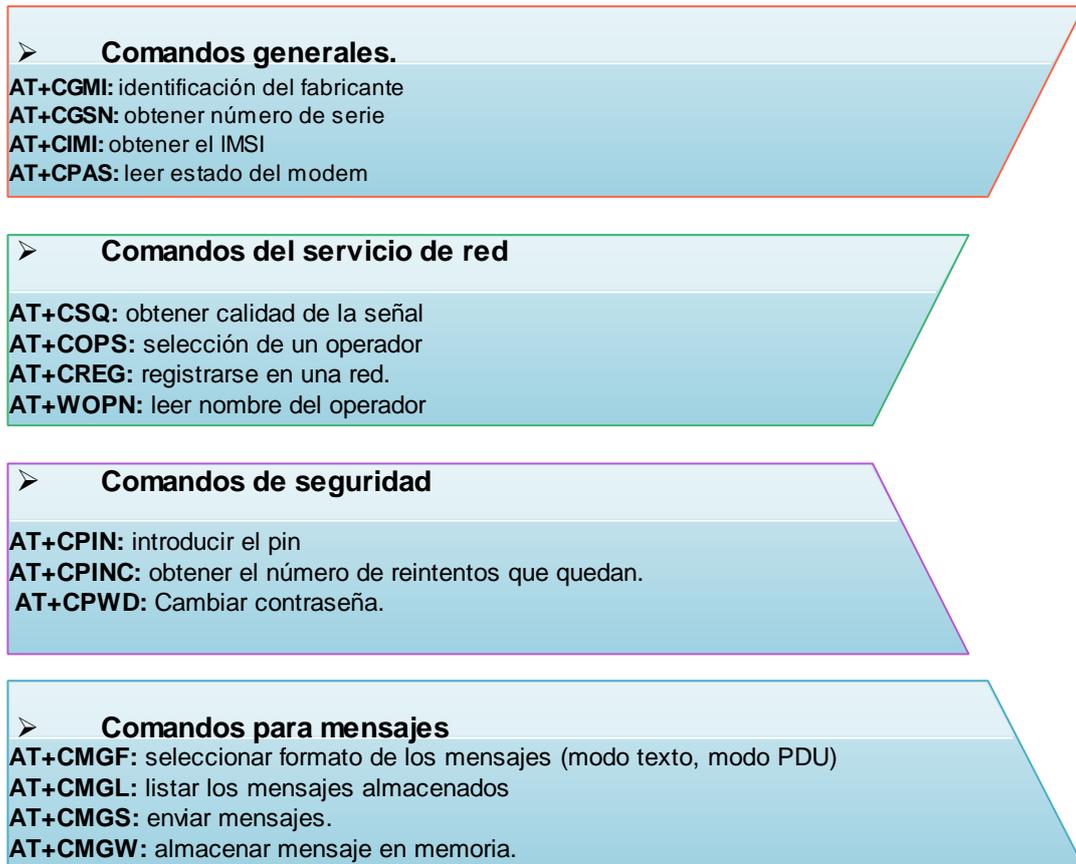
## 2.6. Comandos AT y AT+ más frecuentes

La **Figura 6** nos indica los comandos más frecuentes, mismos que se clasifican en: comandos generales, de servicio de red, seguridad y comandos para mensajes:

---

<sup>7</sup> Advanced Technology

<sup>8</sup> American Standard Code for Information Interchange (Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información)



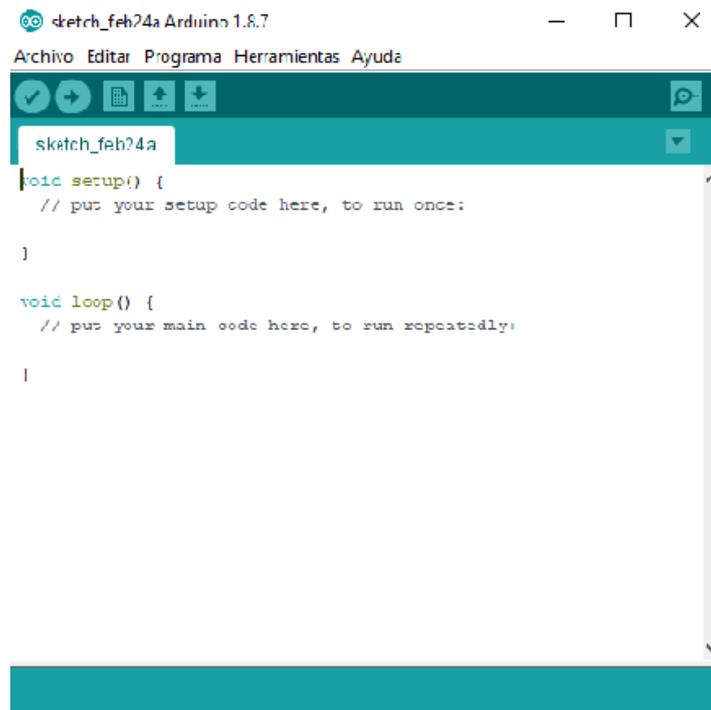
**Figura 6.** Comandos AT frecuentes  
**Fuente:** (Práctico & Nacional, 2015)

## 2.7. Definición del software

Para el desarrollo del proyecto se utiliza el software Arduino, al ser de código abierto, admite librerías y vinculación con diferentes elementos electrónicos, facilitando el uso de sensores y comunicación con diferentes equipos. En si es un entorno de desarrollo para sistemas operativos de control y automatización mediante un lenguaje de programación basado en c y c++ el cual facilita el desarrollo de la base de datos. Las librerías existentes son colecciones de código que facilitan la interconexión de diferentes componentes electrónicos, las cuales no siguen una ruta predefinida, lo que hace que el programa se ejecute en diferentes secciones de código en respuesta a lo propuesto por el programador. (Goilav & Loi, 2016)

## 2.8. La Plataforma Arduino

Es una plataforma de software libre, la cual se basa en un lenguaje de dialecto c y c++ basado en processing/wiring, este programa está orientado al control de micros, dejando notar lo sencillo de usar tanto el software como el hardware. Por lo tanto, se puede definir como una herramienta de contribución a la creación de proyectos, entornos u objetos. Es totalmente gratuito y está disponible para descargar desde la página oficial de Arduino, uno de los motivos por el cual resulta interesante la utilización de este software es la independencia que tiene la placa con respecto a un ordenador, y la fácil comunicación con diferentes softwares, es decir la placa puede procesar la función encomendada, solo debe asegurarse de haber cargado previamente la información en el software la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** nos presenta la plataforma Arduino. (Goilav & Loi, 2016)



```
sketch_feh?4a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

**Figura 7.** Software Arduino  
**Fuente:** ("Arduino - Home," 2005)

## 2.9. Placa Arduino Mega 2560

Arduino se creó como un proyecto netamente educativo, aunque las innovaciones no han dejado de transcurrir, en la actualidad existe diferentes placas Arduino encontrándolas en diferentes versiones, adaptables a cualquier requisito, o necesidad según sea el caso del proyecto a efectuarse.

El Arduino Mega 2560, es la placa con mayores prestaciones de toda esta extensa familia, ya que cuenta con 54 pines digitales que brindan el funcionamiento como ingreso y salida de datos, además de 16 entradas analógicas. Es compatible con las diferentes shield's<sup>9</sup> y además cuenta con una memoria que duplica su capacidad en comparación con el resto de las placas. Es por esta razón que el Arduino Mega 2560 es considerado el ideal para el desarrollo de este proyecto, ya que se pretende utilizar varias entradas y salidas digitales a las cuales se conectarán la shield GSM, microSD, y los diferentes sensores de nivel. A continuación, la **Figura 8** muestra la placa Arduino. ("Arduino - Home," 2005).



**Figura 8.** Placa Arduino Mega 2560.  
**Fuente:** ("Arduino - Home," 2005)

<sup>9</sup> Placas de Circuitos Modulares

### **2.9.1 Características de la tarjeta Arduino Mega 2560**

Cuenta con 54 pines I/O.

Pueden ser utilizados 14 de ellos como salidas de PWM (modulación por ancho de pulso).

Además, posee 16 entradas analógicas y 4 UARTs<sup>10</sup> (Puertos serial).

Posee una velocidad de procesador de 16Mhz y una memoria flash de 256K.

La tensión de entrada de la placa es en DC de 7-12 volts.

La comunicación entre la tarjeta y el ordenador es a través del puerto serie el cual cuenta con un convertidor interno USB<sup>11</sup> Serie de manera que no es necesario ningún equipo externo para la programación del micro. (Banzi, 2003)

### **2.9.2 Especificaciones de la tarjeta Arduino Mega 2560**

Microcontrolador – Atmega 2560

Voltaje Operativo – 5v

Sram<sup>12</sup> – 8kb

Eeprom<sup>13</sup> – 4 Kb

Clock Sped <sup>14</sup>– 16mhz

Corriente Por Pin I/O – 40ma(“Arduino - Home,” 2005)

### **2.9.3 Ventajas de la tarjeta electrónica Arduino Mega 2560**

Es la placa de desarrollo más robusta de la familia Arduino, la cual cuenta con un potente microcontrolador de 8 bits.

---

<sup>10</sup> Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal)

<sup>11</sup> Universal Serial Bus

<sup>12</sup> Static Random-Access Memory (RAM estática)

<sup>13</sup> Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable y borrrable eléctricamente)

<sup>14</sup> Oscilador que establece el tiempo para el procesador

Cuenta con una memoria destinada a la programación de alto nivel.(Herrador, 2009)

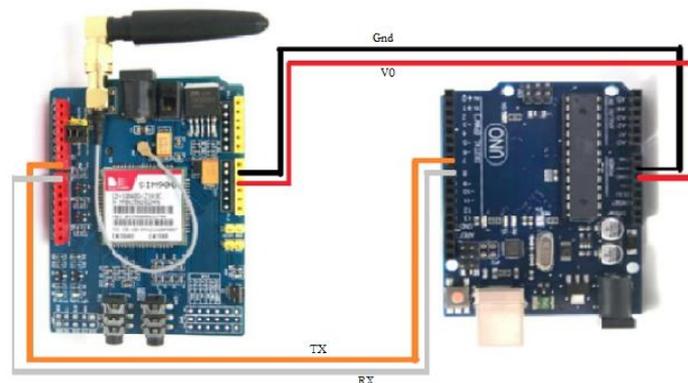
## 2.10 Tarjeta GSM/GPRS 900

Es un módulo ultra compacto de comunicación inalámbrica, compatible con todos los modelos de Arduino, está basada en el módulo SIM900 GSM el cual se comunica a través de comandos AT, como se muestra en la **Figura 9**.



**Figura 9.** Tarjeta GSM/GPRS 900  
**Fuente:** ("tarjeta gsm arduino," 2017)

Al conectarse con el Arduino inicia la comunicación, ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control o a través de mensajes de texto. El modelo de esta tarjeta no incluye los pines para montarlo directamente por lo que usa pines UART usando solo TX y RX como se muestra en la **Figura 10**.



**Figura 10.** Conexión de la tarjeta Arduino con el módulo GSM  
**Fuente:** ("tarjeta gsm arduino " 2017)

El principal problema de esta solución es que el fabricante no proporciona la suficiente información, como para realizar aplicaciones con ellas, siendo necesario aplicar ingeniería inversa, no obstante, incide en este punto que dada la profusión que está alcanzando el mercado móvil en el país, el desarrollo de hardware para telecontrol y la utilización de comandos AT y AT+ influyen en el desarrollo de este proyecto. (Oliva Ramos, 2017)

### 2.10.1 Especificaciones de la tarjeta GSM 900

Compatible con todas las tarjetas de Arduino

Ofrece una banda de comunicación de 900 a 1900 Mhz

GPRS<sup>15</sup> clase 10

Compatible GSM fase 2/2+

TCP/IP <sup>16</sup>embebido

Consumo de 1.5 mA. (Gaona Garcia, Camargo, & Cárdenas V., 2013)

### 2.11. Módulo MicroSD

Este módulo permite vincular una memoria microSD, la cual almacenara todo el historial registrado de los niveles de agua con su respectiva fecha y hora, brindando el registro de todo un año calendario, la misma que se podrá ver en el instante que desee.(Torrente Artero, 2013)



**Figura 11.** Módulo microSD  
**Fuente:** (Torrente Artero, 2013)

---

<sup>15</sup> General Packet Radio Service

<sup>16</sup> Transmission Control Protocol/Internet Protocol (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet)

El cual consta con las siguientes características.  
Tarjeta SD máximo 2G y microSD hasta 32 G.  
Voltaje de alimentación 3.3 V  
Interfaz de comunicación SPI<sup>17</sup>. (Torrente Artero, 2013)

## **2.12. Selección de los sensores del proyecto**

Antes de elegir los sensores para este proyecto se va a definir lo que es un sensor. Se llama sensor al instrumento que produce usualmente una señal eléctrica (anteriormente se utilizaba señales hidráulicas), el cual refleja el valor de una propiedad mediante alguna correlación definida. (Serna Ruiz, Ros García, & Rico Noguera, 2010)

En si un sensor es un instrumento que no altera la propiedad sensada, conservando las siguientes características que se mencionan a continuación:

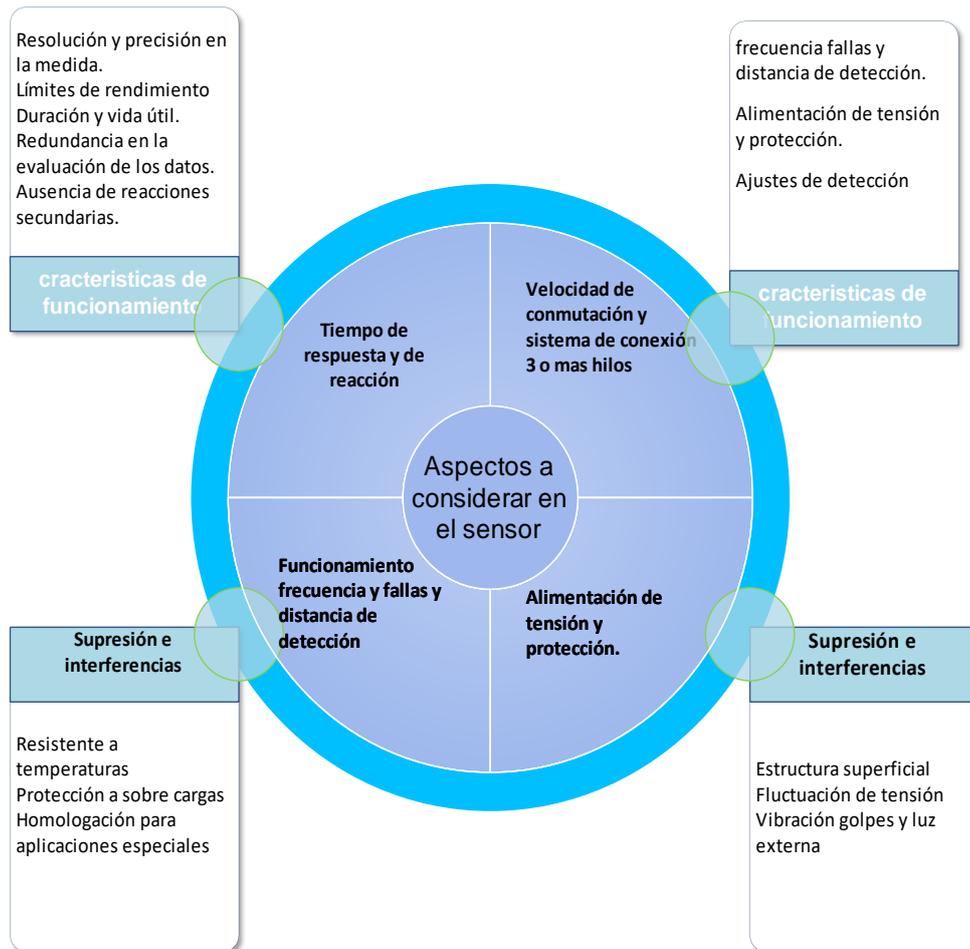
- Precisión
- Error
- Error de no linealidad
- Repetitividad
- Reproducibilidad
- Sensibilidad
- Resolución
- Rango
- Rango de operación
- Banda muerta
- Corrimiento del cero
- Tiempo de respuesta
- Histéresis
- Función de transferencia (Serna Ruiz, 2010)

---

<sup>17</sup> Serial Peripheral Interface

### 2.13. Aspectos a considerar al elegir los sensores del proyecto.

Todos los instrumentos de medición deben cumplir las siguientes condiciones para asegurar la operación, y proceso que se le asigne, estas especificaciones se explican en la **Figura 12** (Serna Ruiz, 2010).



**Figura 12.** Aspectos que considerar para elegir el sensor  
Fuente: (Serna Ruiz , 2010)

### 2.14. Sensor de nivel ultrasónico Prosonic FMU41

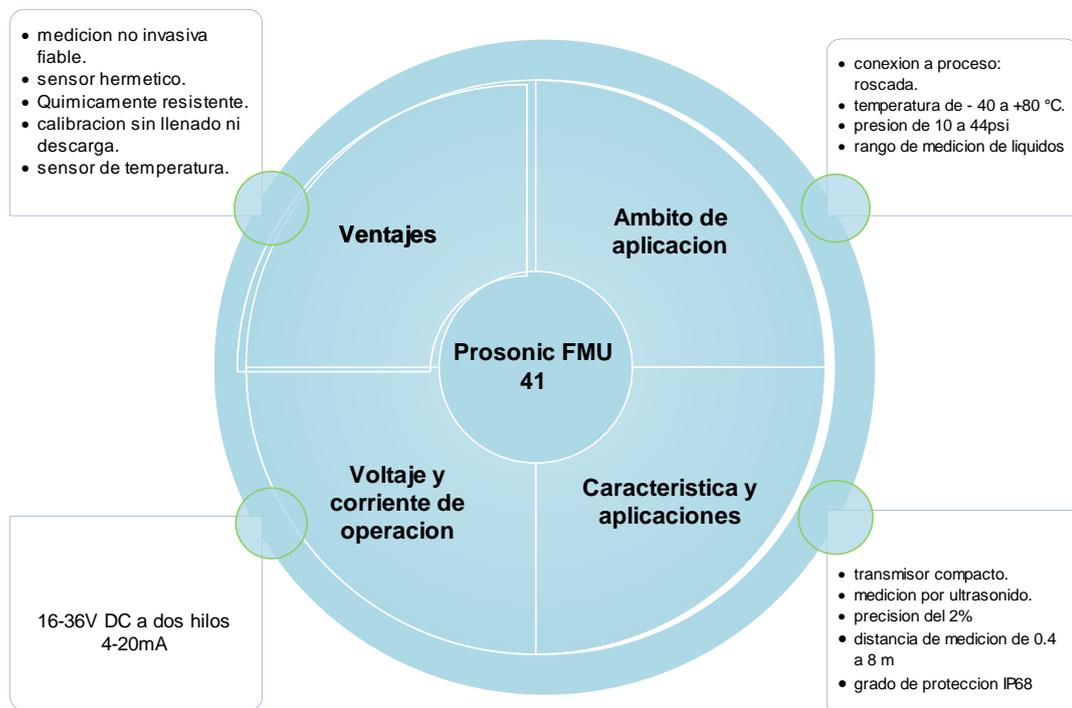
La calidad del producto, la eficiencia, y seguridad de la planta, constituyen aspectos importantes para la medición, con la instalación de arriba hacia abajo de un sensor ultrasónico, este dispositivo está diseñado para el uso en productos corrosivos o agresivos o aplicaciones exigentes, este equipo es

apto para la medición de nivel no invasiva en fluidos, canales abiertos, vertederos, y tanques, es compacto con tecnología de dos o cuatro hilos, la función de linealización es de hasta 32 puntos para la conversión del valor a cualquier unidad de longitud volumen caudal. ("Endress+Hauser," 2016) la **Figura 13** indica el sensor a usar en este proyecto.



**Figura 13.** Sensor ultrasónico Prosonic FMU41  
Fuente: ("Endress+Hauser," 2016)

### 2.14.1. Características generales del sensor Prosonic FMU41



**Figura 14.** Especificación del sensor Prosonic FMU41.  
Fuente: ("Endress+Hauser," 2016)

## 2.14.2. Calibración supresión de señales y operación del equipo

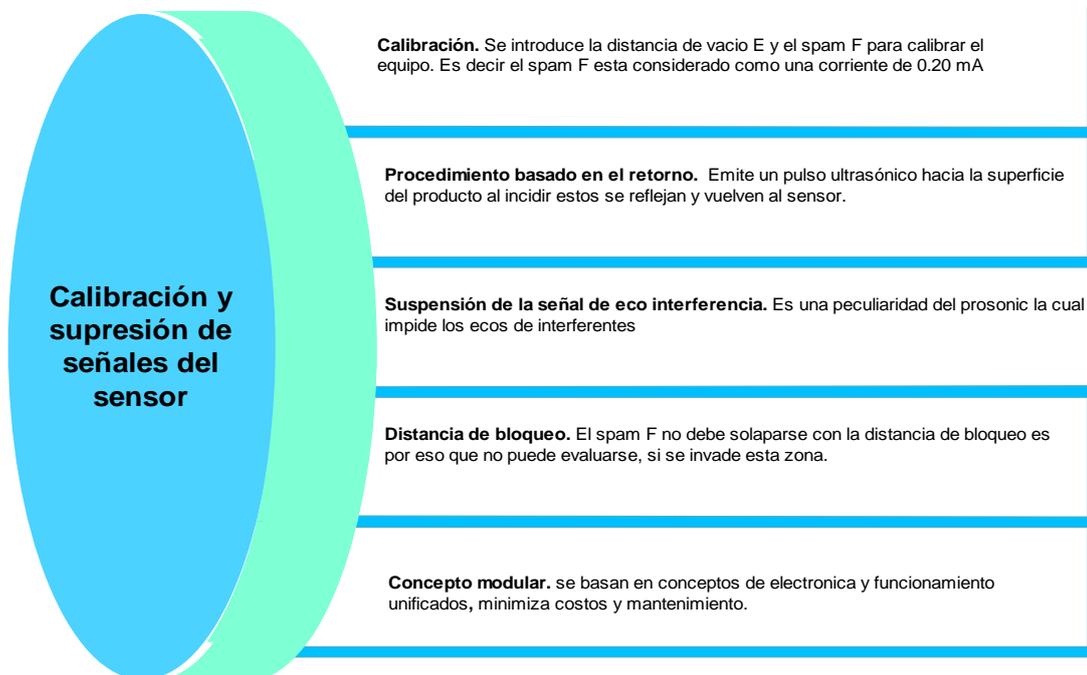


figura 15. Calibración supresión de señales y operación del equipo  
Fuente: ("Endress+Hauser," 2016)

## 2.15. Sensor de corriente CC INA219

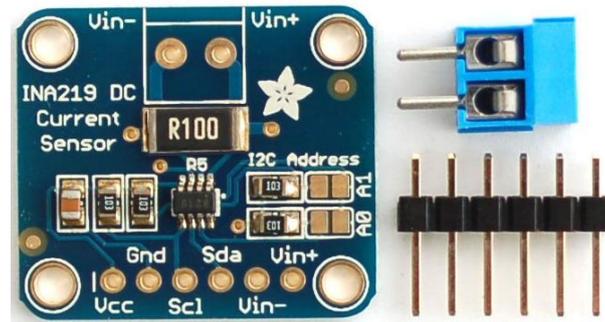
Este sensor está diseñado específicamente para medir el consumo de corriente continua con comunicación I2C con una precisión del 1%, posee un amplificador de precisión, el cual mide la tensión en la resistencia de detección de 0.1ohms, la diferencia de entrada máxima del amplificador es de 320mV esto significa que puede medir hasta 3.2 A. con el ADC<sup>18</sup> interno de 12 bits de resolución la cual es de 0.8 mA con la ganancia interna establecida en el mínimo, a continuación se dan los detalles técnicos del dispositivo.

1. 0.1ohms 2W de resistencia de detección de corriente.
2. Voltaje máximo de objetivo +26V.
3. Medida de corriente hasta 3.2 A.
4. PCB<sup>19</sup> 1.9 g

<sup>18</sup> Captura Automática de Datos

<sup>19</sup> Printed Circuit Board (Bifenilos Policlorados)

5. PCB de 0.9" x 0.8"(García, 2015)



**Figura 16.** Sensor de corriente INA219  
Fuente:(García, 2015)

### **2.16. Variable del proceso a controlar**

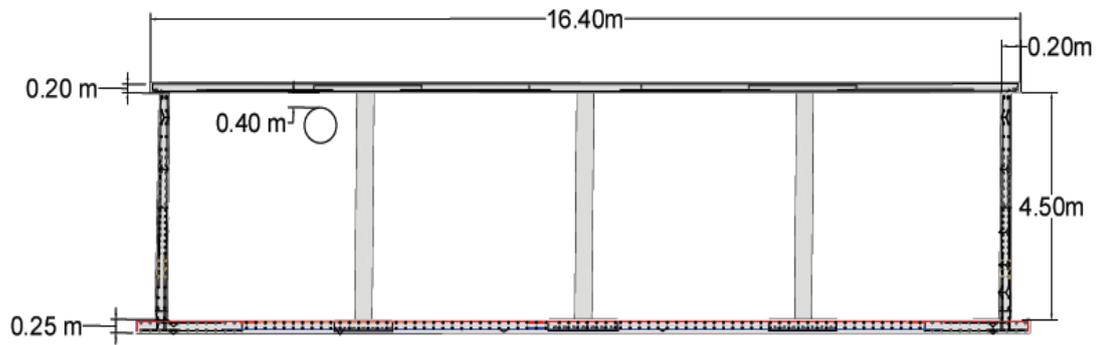
Con el propósito de evitar derrames y desabastecimiento del líquido vital en los tanques de almacenamiento, se sensa el nivel de agua el cual será controlado automáticamente utilizando los diferentes dispositivos electrónicos, mismos que se detallaron en los apartados anteriores. Sin embargo, este proyecto permite una escalabilidad conviniendo acoplar a su funcionamiento diferentes electroválvulas, y sensores, todo esto mediante un acceso remoto desde las oficinas de la empresa que requiera el estudio o acción mencionada.(Acedo Sánchez, 2000)

Para la medición de nivel, se establece el uso de la tecnología de ultrasonido, dado que se trata de instrumentos que no tienen contacto con el líquido por lo que el equipo es confiable, de bajo mantenimiento y garantizan su correcta operación, su funcionamiento se basa en la medición del tiempo que tarda el sonido de alta frecuencia en rebotar a la superficie del líquido y en llegar al sensor. (Acedo Sánchez, 2000)

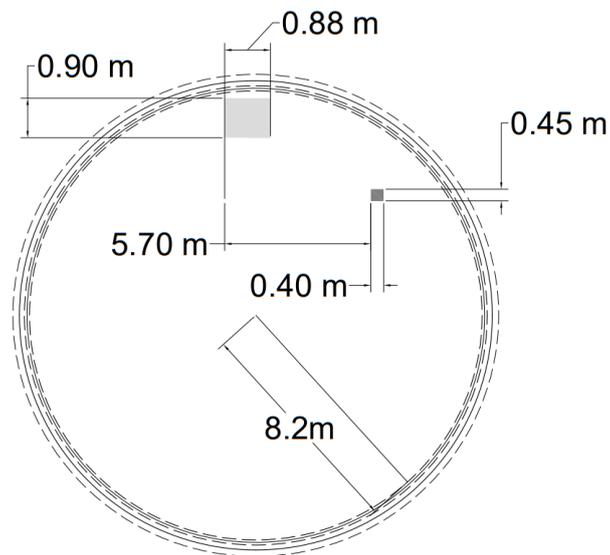
### **2.17. Medidas del tanque de reserva de Mahuarcay**

Con el objetivo de dar a conocer la implementación del equipo desarrollado, en los tanques de la empresa y para constatar su correcto funcionamiento continuación se describe, las dimensiones y forma que posee el tanque de

reserva en el cual se va a realizar el estudio, en la **Figura 17** y **Figura 18** se indica las dimensiones del tanque.



**Figura 17.** Corte lateral del tanque de reserva.  
Fuente: Autor



**Figura 18.** Vista superior del tanque de reserva  
Fuente: Autor

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE DE RESERVA DE MAHUARCAY**

El presente capítulo tiene como finalidad describir el diseño, desarrollo e implementación del sistema de monitoreo y transmisión de datos, mediante la utilización de la tarjeta Arduino Mega 2560 y una shield GSM 900, la cual permite enviar y recibir mensajes de texto con los niveles y alarmas del tanque de reserva de agua de Mahuarcay para lo cual se cree conveniente dividirla en cuatro secciones.

En la primera sección, se discute el requerimiento del sistema y se describe cada parámetro a tener en cuenta. En la segunda etapa se muestra el diseño electrónico y desarrollo de la arquitectura tanto en software como hardware, el cálculo de las ecuaciones que intervienen en la programación y el diseño la base de datos que ha sido implementada.

En tercera se lleva a cabo el desarrollo del algoritmo para realizar toda la función de transferencia de datos y la comunicación bidireccional del sistema y se muestra la construcción de la placa. Y en la sección complementaria se da a conocer la metodología usada para la implementación del sistema desarrollado, las condiciones y características en las que opera el mismo para obtener los resultados de las pruebas pertinentes.

#### **3.1. Requerimientos del sistema**

Para el desarrollo del sistema de monitoreo, se realizó el levantamiento de la información en el sitio que estableció la empresa, la cual deberá contar con las etapas descritas en las siguientes subsecciones para un funcionamiento óptimo en la medición de los valores deseados.

### 3.2. Levantamiento de información

Inicialmente se realiza la visita a la planta de tratamiento, ubicada en Mahuarcay, donde se inspecciono el lugar y posicionamiento de los tanques, los diferentes componentes electrónicos que poseen y el cableado de estos, la **Figura 17** indica la ubicación de los tanques de la empresa.



**Figura 17.** Sitio de implementación del proyecto.  
Fuente: (google maps, 2015)

Se constató el lugar y posicionamiento del sensor de nivel con el que cuenta el tanque de reserva, que será objeto de estudio. Se determinó que el lugar idóneo para la ubicación del equipo de monitoreo será en el tablero de control de la planta, ya que este cuenta con espacio suficiente para la colocación de equipos, alimentación tanto en AC como en DC y acceso al cableado preexistente, que conecta los distintos equipos. De la información adquirida se obtiene las características básicas que deberá cumplir el sistema para su funcionamiento, las cuales serán descritas en las subsecciones siguientes.

### 3.3. Sensado del nivel de agua en el tanque de reserva

La determinación de la cantidad de metros cúbicos presentes en el tanque se realiza mediante la medida de la distancia comprendida entre el fondo del tanque y la superficie del agua en el momento. Aunque se cuenta con el sensor en el sitio, este proceso lo realiza el personal de la planta de manera empírica sin ningún equipo electrónico.

Para la automatización de la toma de medidas, se usaría el sensor Prosonic FMU41 presente en la planta, por lo que se determinó las condiciones para su funcionamiento y las características que posee las cuales fueron descritas en el capítulo anterior. De esta información se establece la interacción necesaria para la obtención de la distancia, de la superficie del agua con respecto al fondo, que será usada para la determinación de los metros cúbicos que contiene el tanque.

### **3.4. Lectura de datos de los sensores**

El sensor Prosonic FMU41 es de tipo industrial y permite obtener una medida de una magnitud física en una escala lineal. La salida de este sensor está en miliamperios por lo que para la interacción con el procesador es necesaria su conversión a una magnitud que pueda ser interpretada por el procesador. Las opciones de sensores que se tuvieron a consideración fueron dos, el primero son los que transforman la medida en miliamperios en un equivalente en un rango de voltaje, que es un parámetro fácilmente adquirible con los canales analógicos, y los permiten una comunicación directa con el Arduino proporcionando una medida digital.

Los sensores obtienen la medida deseada mediante efecto hall, sin causar alteraciones en el sistema o introducir variables a tener en consideración. Los traductores de corriente a voltaje fueron descartados ya que su funcionamiento depende de una resistencia base y el Prosonic FMU41 entra en modo de comunicación al detectar una resistencia en la alimentación, haciendo que la corriente se mantenga estática y evitando la obtención de medidas.

#### **3.4.1 Calibración del sensor ultrasónico**

En la calibración se verifica la comparación de los valores que se visualizan en el equipo a calibrar con los valores de referencia, que en este caso se tomó de referencia una cinta métrica y un amperímetro, para constatar la distancia

obtenida del sensor Prosonic FMU 41 y la salida de corriente, es decir comparar las dos medidas la observada en el equipo y la revisada en campo, para así tener un rango de error entre las dos medidas. De esta manera constatamos que el equipo está visualizando valores correctos del proceso de sensado, con respecto al de manera manual y se realizaron pruebas como se puede apreciar en la **Tabla 1**

**Tabla 1.** Medidas de campo.

<b>Distancia del sensor en (m)</b>	<b>Medida de corriente del sensor en (mA)</b>	<b>Medida de corriente del multímetro en (mA)</b>
0.35 m	19.99mA	19.97 mA
1 m	18 mA	17.96 mA
2 m	15.9mA	15.86 mA
3 m	13.71 mA	13.65 mA
4 m	11.20 mA	11.14 mA
5m	9.10 mA	9.04 mA

Fuente: El Autor

En este proceso de calibración determina la eliminación de falsos ecos o señales parasitas las mismas que son emitidas por el ruido del agua al ingresar al tanque de reserva.

Otra opción es cuando el dispositivo de medición de nivel de agua tiene que ser recalibrado, en una fase del proceso operacional, no necesariamente se retira el dispositivo del proceso, se calcula la capacidad del tanque en litros y se compara con las especificaciones técnicas de la capacidad del tanque.

Para la calibración hay que considerar la correcta alineación del instrumento de sensado, ya que el haz de la señal debe estar a un ángulo de abertura de  $\alpha = 11^\circ$  grados y debe estar perpendicular a la superficie analizada, por lo que el dispositivo no debe ser colocado cerca de la pared del tanque sino a una distancia correspondiente que es 1/6 del diámetro del tanque según las especificaciones de la ficha técnica. (Endress+Hauser, 2016)

Con las medidas físicas del tanque se calcula la distancia, restando la medida obtenida de la altura total, adquiriendo así la distancia del fondo del tanque hasta la superficie del agua, con esta distancia se calcula el volumen en

metros cúbicos para determinar la cantidad de agua existente. Debido a su linealidad, se produce un cambio regular en mA con respecto a la distancia haciendo que el procesamiento de información sea más sencillo.

La medida determinada en el tanque ayuda a establecer los rangos máximos y mínimos de volumen de agua y colocar alarmas. Además del volumen en metros cúbicos y las alarmas, se consideró necesario agregar un identificador para el tanque, el cual será de vital importancia si se usa en más de un tanque de almacenamiento. La fecha y la hora también son importantes para el control del comportamiento del tanque a lo largo del tiempo.

### **3.5. Transmisión de la información**

Usando las variables que se consideran necesarias para el proceso de la transmisión, se genera una cadena de información con separadores que el receptor puede interpretar. La cadena final se transforma en el Arduino en un conjunto de datos que puede ser interpretados por el módulo GSM. Los datos serán empaquetados para luego proceder a ser enviados a través de GSM, mediante la operadora que brinda una mayor cobertura de señal telefónica en el área a implementar el dispositivo. Se utiliza la tarjeta sim 900 en configuración GSM, la cual permite el envío de la información requerida por la empresa mediante mensajes de texto. El dispositivo puede interactuar de manera bidireccional enviando y recibiendo información o datos desde la base al dispositivo o viceversa.

### **3.6. Almacenamiento**

Se establece que toda la información obtenida sea almacenada en un archivo de texto, directamente en los dos dispositivos tanto la base como de la recepción. Este almacenamiento garantiza que no exista pérdida de información en caso de que se vea interrumpida la comunicación en algún punto entre los dispositivos y la base de datos. Y de ser necesario recurrir a la información de respaldo se podrá constatar la información en el dispositivo de recepción o solicitar el reenvío al dispositivo base. Este proceso de

almacenamiento se realiza mediante un adaptador de microSD y una microSD la cual está colocada en los equipos.

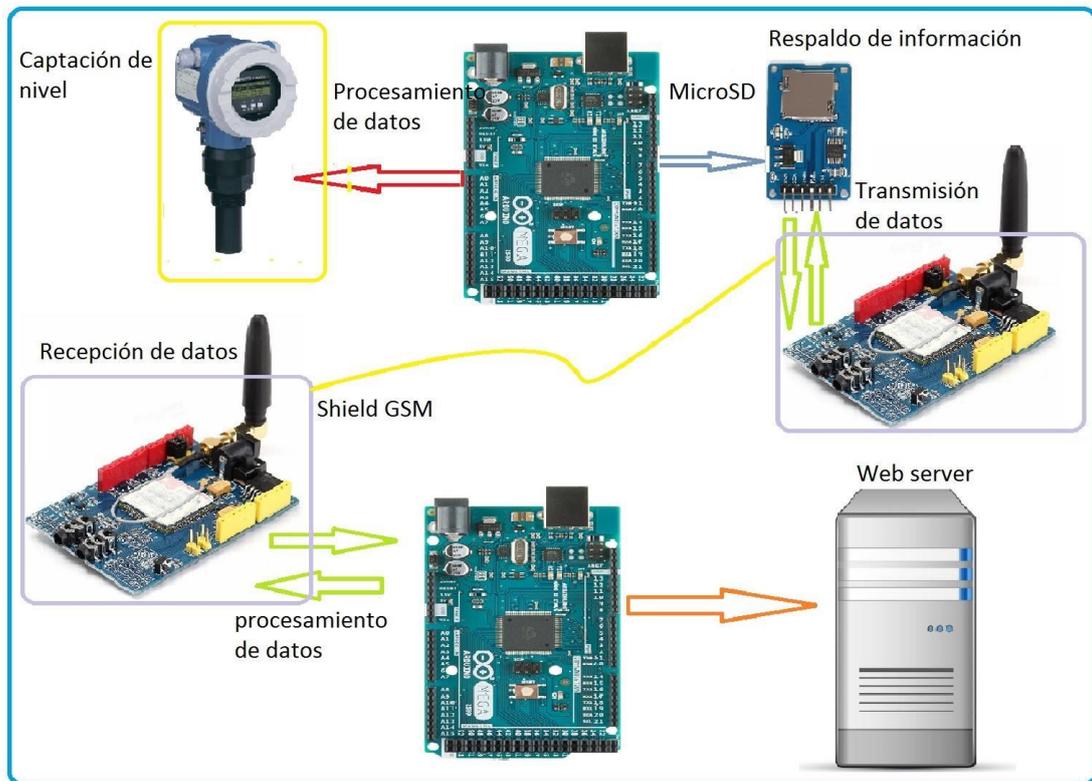
### **3.7. Interacción del prototipo y actuadores**

Al ser necesario que el sistema sea capaz de entender las órdenes enviadas ya sea al recibir una llamada o un mensaje y responder en consecuencia se desarrolla una comunicación bidireccional. Dependiendo de las funciones deseadas, el sistema será capaz de responder a cualquier orden que sea programada y enviar una respuesta, una vez efectuada, el sistema tendrá la capacidad de recibir mensajes de confirmación desde la base, según las distintas ordenes o alarmas programadas en el sistema, se le puede agregar actuadores o advertencias de sonido mediante zumbadores, ya que actualmente en la planta las válvulas son mecánicas y necesitan ser abiertas o cerradas de manera manual, no existen válvulas que puedan ser controladas directamente con el prototipo desarrollado. El tablero de control donde se encuentra ubicado el equipo pertenece al conjunto de filtros los cuales no cuentan con ningún sensor.

### **3.8. Diseño de la arquitectura general del sistema**

El desarrollo de la arquitectura del dispositivo tendrá que cumplir con los parámetros mencionados, siendo capaz de medir la señal del sensor, interpretarla, almacenar y transmitir los datos pertinentes. En la **Figura 19** se muestra el esquema básico de funcionamiento, siendo la pieza central el procesador, en este caso el Arduino Mega 2560 al cual se conectan los distintos sensores y módulo, el sensor de corriente que a su vez esta enlazado al sensor de distancia es el que proporciona la medida del tanque, el reloj externo facilita una señal externa para interrupciones la fecha y la hora exactas mediante comunicación i2C sin ser afectado por la temperatura y contando con una batería externa en caso de pérdida de alimentación. El almacenamiento se realiza en una memoria SD mediante el módulo para esta, en la que se guarda no solo las medidas sino la interacción con el Arduino

mediante mensajes o llamadas. La shield GSM permite el envío y recepción de información que será procesada por el Arduino y responderá a las distintas ordenes programadas o decidirá según sea el caso.



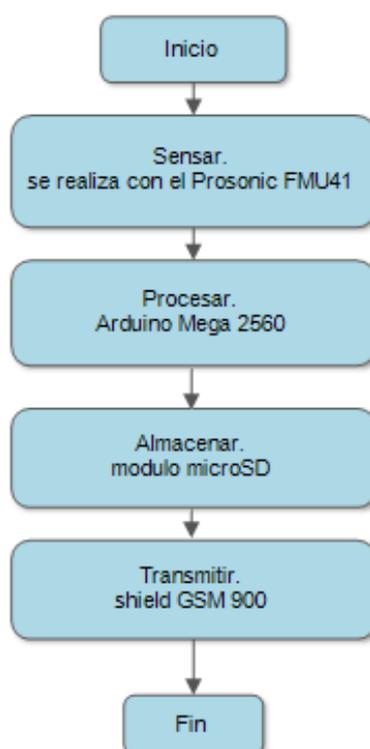
**Figura 19.** Arquitectura general del sistema  
Fuente: El Autor

### 3.9. Diseño electrónico

La capacidad de procesamiento del microcontrolador, así como el espacio de almacenamiento de la memoria flash permiten el manejo de gran cantidad de información en forma de texto y el número de puertos seriales, lo hacen ideal para la comunicación con varios módulos. La comunicación con el shield GSM se realiza por comunicación serial que puede ser directa a cualquiera de los tres puertos seriales o mediante software por pines distintos a esta. La comunicación con el módulo de la microSD se realiza mediante la interfaz SPI siendo en el Arduino mega los pines del 50 al 53 además del pin 7 para la habilitación del módulo, la **Figura 20** indica el diseño esquemático del sistema.



El programa debe cumplir con el esquema básico de la **Figura 20** en el cual se ha de realizar el sensado con el Prosonic FMU41 y sensor de corriente que envían la información al Arduino mismo que se encarga de procesar el dato y realizar el cálculo del volumen a través de una ecuación, además de agregar separadores. Se almacena la información en la microSD y se transforma a cadena para el envío por mensaje mediante GSM, en la recepción se debe dar de igual manera almacenamiento, y luego enviar a la base de datos.



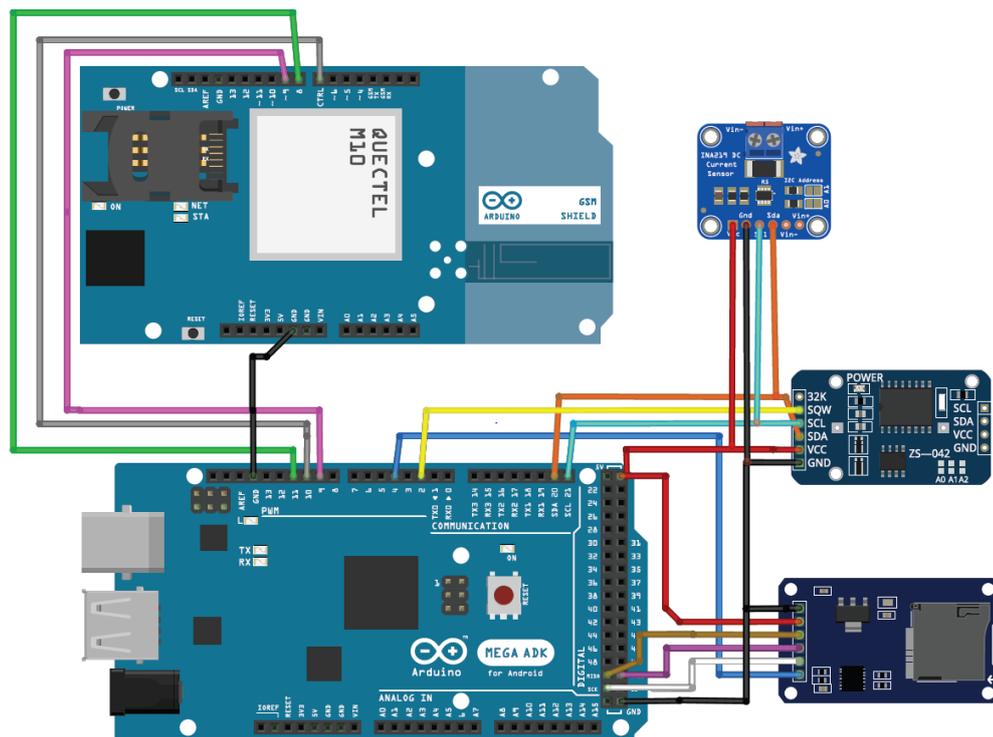
**Figura 21.** Diagrama de flujo del proceso del prototipo  
Fuente: El Autor

Con este esquema de funcionamiento se usan las librerías de Arduino para comunicar el sensor de corriente, el shield sim900, el módulo de la microSD y el reloj externo.

### 3.11. Diseño del hardware

La tarjeta impresa, sirve para conectar eléctricamente los diferentes componentes, electrónicos a través de las pistas conductoras y sostenerla mecánicamente, las bases por lo común son de resinas de vidrio, plásticas, cerámicas, teflón, o polímeros como la baquelita, la pista que se ha desarrollado para este proyecto es de baquelita con pistas de cobre.

Para el diseño de las placas se utiliza el programa Eagle, el cual es un software de diseño de alto nivel, en este se toma como base las medidas físicas del Arduino Mega 2560 y la shield GSM, además de tener en cuenta las dimensiones de diferentes componentes electrónicos, como el módulo GSM, la microSD, y el sensor de corriente.



**Figura 22.** Arquitectura general del sistema.  
Elaborado por: El Autor

Además de los módulos se colocan indicadores lumínicos y salidas extras para conexión general de otros módulos o ingreso de información, además de



### 3.12.1 La caja de los equipos base y receptor

El equipo de monitoreo y transmisión de datos está compuesto por una carcasa la misma que tiene por finalidad dar, protección al proyecto de tal manera que no sufra daños al entrar en contacto con la intemperie y cumpla con las normas de protección IP65 e IP54, para que la placas no sufran destrucción, se usan también para fijar la tarjeta electrónica y sus elementos dentro de esta, lo cual ayuda a mejorar la presentación y el manejo brindando una protección.

La carcasa es resistente a la corrosión, y productos químicos tales como el cloro, y sulfato de aluminio los cuales generan oxido y deterioran los equipos, se eligió esta carcasa por generar un buen aislamiento del polvo y chorros de agua, también se dispone un fácil acceso al área de control donde se encuentra ubicada la placa de control. A continuación, la **Figura 24**, detalla las dimensiones de las carcasas tanto de la base como de la recepción ya que son iguales.(IDE ELECTRIC, n.d.)



**Figura 24.** Caja protectora del equipo desarrollado  
Fuente: (IDE ELECTRIC, n.d.)

### 3.13. Cálculo de volumen del líquido

Gracias a la capacidad lineal del sensor de distancia se puede obtener una formula directa de una recta para encontrar la relación entre la corriente y la distancia. Ya que el rango del sensor se encuentra entre los 4 - 20 mA que

representan una distancia entre 35 cm y 5 m respectivamente, se deduce que la recta tendrá un desplazamiento y una pendiente negativa.

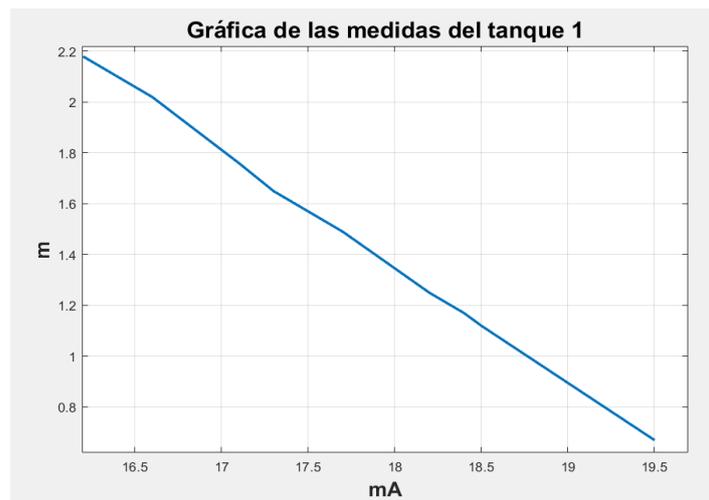
Para obtener la relación entre los parámetros, se midió la corriente del sensor Prosonic FMU41 y la distancia de este hasta la superficie del agua durante un ciclo de vaciado cuando el tanque se encontraba en un punto máximo de llenado según el estándar manejado dentro de la planta, hasta un punto donde se mantendría estable en cuanto a la cantidad de agua en el tanque. Los valores obtenidos se muestran en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Valores de medición en campo

<b>Longitud (m)</b>	0,67	0,76	1,1	1,17	1,25	1,49	1,7	1,76	2	2,18
<b>Corriente (mA)</b>	19,5	19,3	19	18,4	18,2	17,7	17	17,1	17	16,2

Fuente: El Autor.

En la **Figura 25** se observa la gráfica resultante de las mediciones, siendo que en el eje de las abscisas se representa los valores de corriente en miliamperios y en el eje de las ordenadas se representa la medida en metros.



**Figura 25.** Gráfica de medidas del tanque de reserva  
Fuente: El Autor.

Las variaciones mínimas que presenta la gráfica se deben a que las medidas de distancia dependen del ojo del observador y a las pequeñas perturbaciones en el agua producidas por el flujo de agua entrante y saliente. La grafica es más regular en la parte más alta del tanque ya que existe una menor perturbación al ingreso ya que la altura que recorre el agua al entrar en el tanque es menor.

Para el cálculo de la distancia se obtendrá una ecuación lineal a partir de los valores medidos y usando la fórmula de la recta y la pendiente, esta ecuación permitirá calcular la distancia que marca el sensor Prosonic FMU41.

### **3.13.1 Determinación de la ecuación de la distancia en función de la corriente**

#### **Formula de distancia:**

La distancia en metros es "y"

La corriente del sensor es "x"

Es el punto de corte con las ordenadas es "b"

La pendiente de la recta es "m"

$$y = mx + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

reemplazando:

$$m = \frac{2.18 - 0.67}{16.2 - 19.5}$$

$$m = \frac{1.21}{-3.3}$$

$$m = -0.457575$$

por lo tanto:

$$y = -0.457575x + b$$

Usando un valor intermedio ya conocido:

$$1.17 = (-0.457575)(18.4) + b$$

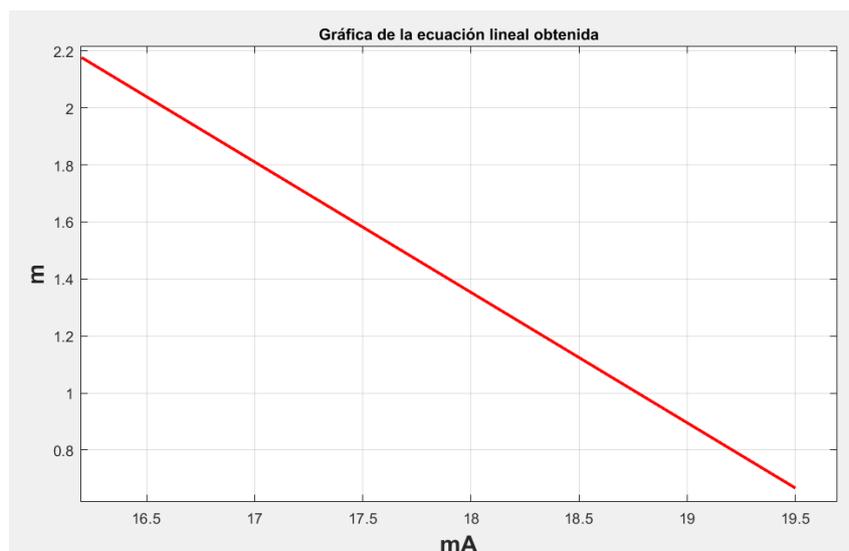
$$1.17 = (-8.4193) + b$$

$$9.5893 = b$$

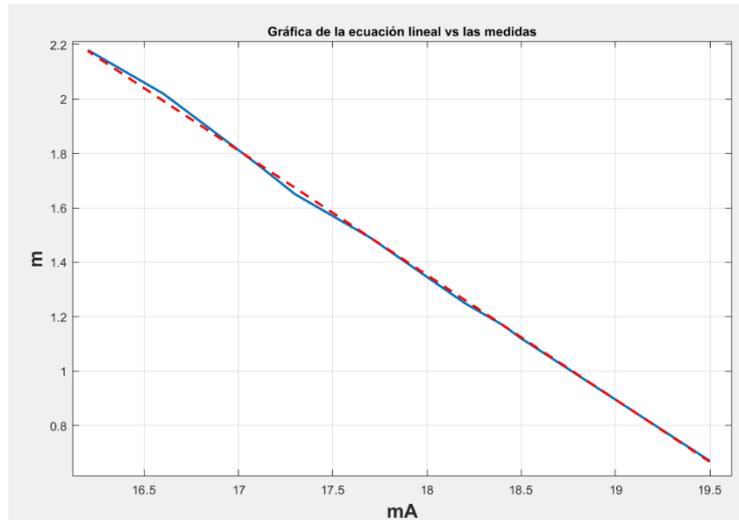
La ecuación resultante es:

$$y = -0.457575x + 9.5893$$

Con la fórmula de la distancia se obtiene el valor de la distancia en metros desde el sensor hasta la superficie del agua. La **Figura 26** es la representación gráfica de la ecuación lineal antes obtenida y con la cual se realiza los cálculos en el Arduino. De igual manera que la gráfica de los valores medidos en el eje de las abscisas se representa los valores de corriente en miliamperios y en el eje de las ordenadas se representa la medida en metros.



**Figura 26.** Grafica de la ecuación lineal obtenida del tanque.  
Fuente: El Autor.

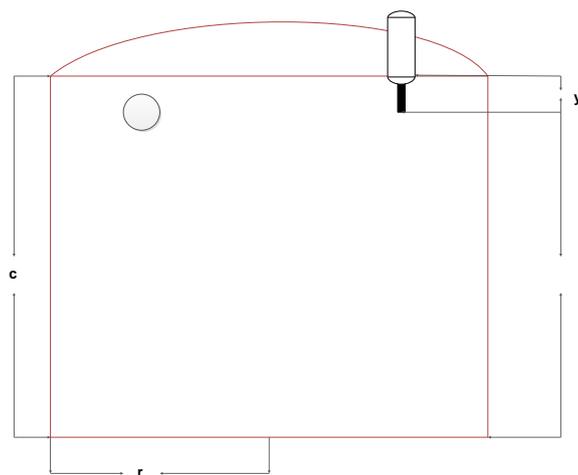


**Figura 27.** Análisis de ecuaciones  
Fuente: El Autor.

La **Figura 27** se presenta la gráfica de la ecuación lineal obtenida en contraste a la gráfica de los valores medidos, mostrando una variación mínima.

Determinación del volumen de agua en función de la distancia del sensor.

Para obtener el volumen en metros cúbicos se realiza la resta del valor obtenido del sensor Prosonic FMU41 (reemplazando en la fórmula de la distancia), menos la altura total del tanque de reserva, se obtendrá la distancia desde la base del tanque hasta la superficie del líquido vital.



**Figura 28.** Variables que implican cálculo del volumen

Fuente: EL Autor

La constante “**c**” se obtuvo de las medidas del tanque de reserva, así como también la medida de la altura donde se encuentra ubicado el sensor Prosonic FMU 41.

**c** es la altura del tanque de reserva

**y** es la distancia de bloque del sensor Prosonic FMU 41

$$c = 4.50 \text{ m}$$

$$y = 0.35 \text{ m}$$

$$L = c - y$$

reemplazando:

$$L = 4.50 - 0.35$$

$$L = 4.15 \text{ m}$$

**3.13.2 Se utiliza la fórmula del cálculo de volumen de un cilindro dado que el tanque de reserva tiene la forma cilíndrica.**

**r** es el radio del tanque de reserva

$$r = 8 \text{ m}$$

$$V = \pi * r^2 * L$$

reemplazando:

$$V = \pi * 8^2 * 4.15$$

$$V = 834.38 \text{ m}^3$$

De este resultado debemos hacer la depreciación de las columnas que internamente sostienen a la loza de 16 m, el tanque consta de nueve columnas

las cuales están distribuidas en el interior las cuales tienen un aproximado 3.80 metros cúbicos cada una, las cual hay que hacer la depreciación del volumen antes calculado. Teniendo como resultado que el volumen del tanque de reserva es:

$$V = 800\text{m}^3$$

### 3.14. Base de datos

Para el almacenamiento de la información recibida en el receptor se creó una base de datos hecha en MySQL<sup>20</sup>. El software usado para realizar la conexión a la base de datos es WAMP<sup>21</sup> en el que ya contiene MySQL, el servidor Apache. En este proyecto, se usó la versión 3.0.6 de WAMP a 64 bits, y mediante este se gestiona la comunicación con la base de datos y una interacción en el lenguaje PHP para separar los parámetros a enviar a la base de datos.

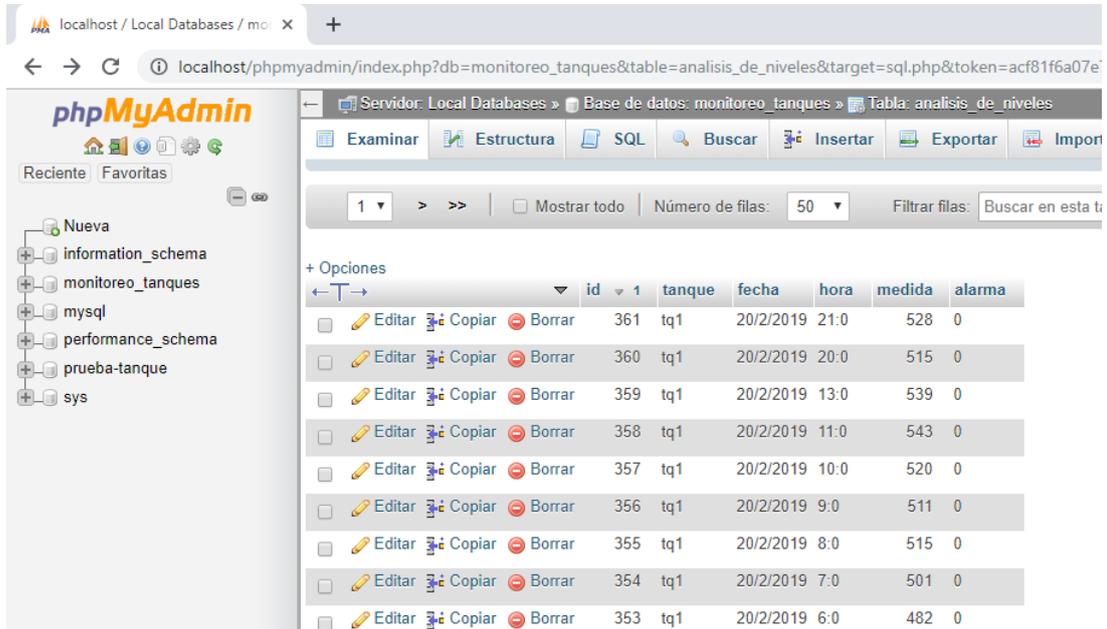
En la base de datos se crea una tabla con el id, tanque, hora, fecha, medida y alarma. La administración del servidor se realiza mediante apache el cual permite crear la lista inicial instaurando un usuario para evitar conexiones externas, está formado de seis columnas, la primera columna representa el id es de tipo entero autoincremento, la segunda selecciona el tanque a estudiar es de tipo texto, al igual que la tercera en la que se guarda la hora y la cuarta la fecha. Las de tipo texto con la codificación utf8\_spanish\_ci para el reconocimiento de todos los caracteres en español, la selección de este formato se realiza para evitar limitaciones presentes en el software, al dejar en su idioma original que es el inglés, en la base de datos solo se registra símbolos si no se usa el formato adecuadamente puede originar daños tales como limitando acceso o negando la entrada por completo. La quinta es de

---

<sup>20</sup> Base de Datos Relacional (RDBMS) de Código Abierto

<sup>21</sup> Entorno de Desarrollo Web para Windows

tipo `double` que almacena el valor en metros cúbicos y la sexta de tipo texto almacena si la alarma esta activa o no.



**Figura 29.** Base de datos desarrollada en php MyAdmin.  
Fuente: EL Autor

### 3.15. Construcción del prototipo

La construcción del prototipo se divide en dos partes, siendo la construcción del software y de la placa impresa en las que se describe las características y el método de desarrollo.

#### 3.15.1 Desarrollo del software

Para la comunicación se tiene en cuenta la velocidad de transmisión de todos los dispositivos que se tengan conexión serial que en este caso son los módulos GSM la conexión a la computadora y de ser necesario al módulo wifi para el envío de datos.

Como primer paso se tomó en cuenta la comunicación con la shield GSM, la cual responde a comandos AT, por lo cual se genera un método de envío y

recepción de comandos AT para lo cual se usa también las interrupciones de comunicación serial del Arduino

Una vez lograda la comunicación serial entre el Arduino, el GSM y la computadora se puede comprobar el envío y recepción de información mediante mensajería y generar las respuestas a los distintos estados y solicitudes.

Primero se realiza la llamada a las librerías de los componentes y la configuración de los de los mismos, se inicia y se comprueba la comunicación con la sim900 y se verifica la comunicación con la red. Se realiza la comprobación del reloj externo para obtener la fecha y hora.

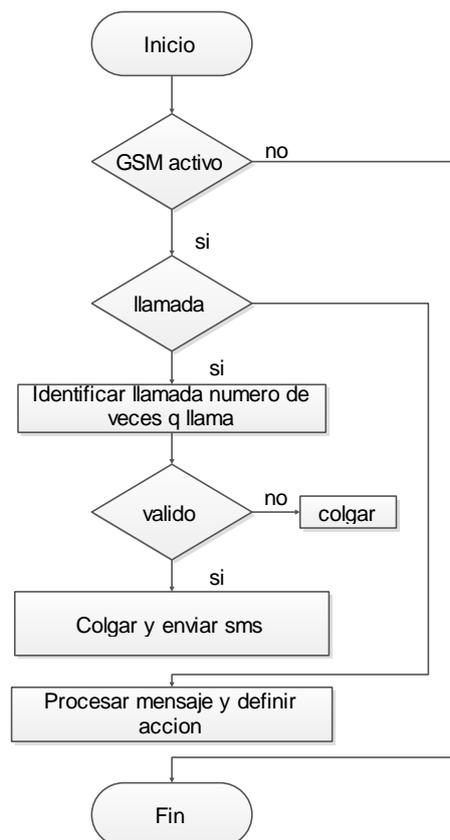
El siguiente diagrama de flujo de la base explica la funcionalidad básica del sistema de monitoreo de tanques, y almacenamiento de la información desde la recolección de datos análisis y transmisión y será desglosado más adelante.



**figura 30.** Diagrama de flujo de la base receptora  
Fuente: El Autor.

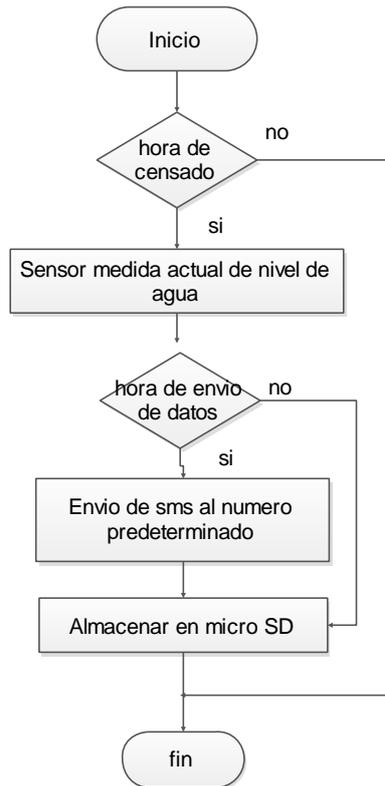
En el proceso del GSM lo primero es la comprobación de la disponibilidad de este y si existen datos de entrada en el sim 900, se verifica si existe una llamada activa o un mensaje pendiente sin leer. Al recibir información se determina si el número es válido para realizar las acciones predeterminadas o ignorar la información.

Si un número valido llama dos veces enviara en respuesta el valor actual de la medida en metros cúbicos del tanque mediante un mensaje. Si recibe un mensaje lo procesara y buscara si la acción solicitada para realizarla o indicar un error. Entre las acciones se encuentran el encendido o apagado de un led, el encendido intermitente del mismo led, el envío de la medida actual del tanque, el envío de toda la información diaria o de los números de teléfonos que han interactuado con la base.



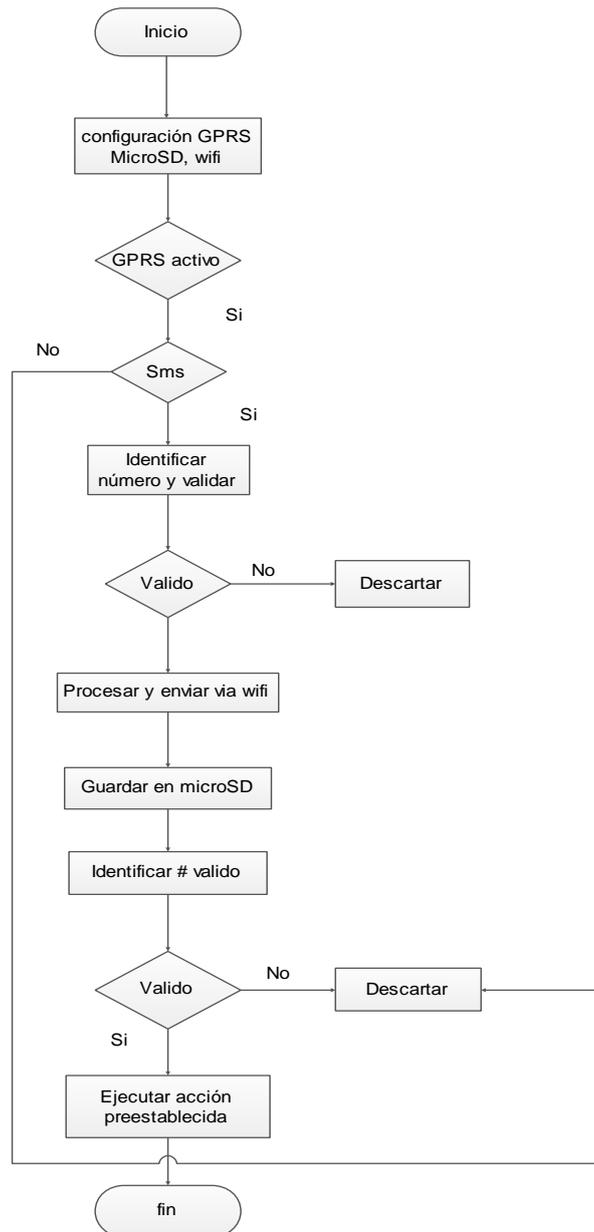
**Figura 31.** Diagrama del proceso del GSM.  
Fuente: El Autor.

El bucle del reloj es el que determina la hora de sensado y de la transmisión de datos, al realizar la muestra se guarda la información en la microSD. El envío de información puede hacerse directamente cuando se realiza la muestra o en una determinada hora del día en la que se lee la información de la microSD y es enviada mediante un mensaje.



**Figura 32.** Diagrama del proceso de muestreo y envío.  
Fuente: El Autor.

El esquema funcional del receptor trabaja de manera similar al de la base a excepción de que no tiene medidor de distancia. El receptor también funciona identificando los números válidos y verificando si es una llamada o un mensaje. El receptor al recibir una cadena de texto correspondiente a la información de los tanques la envía al módulo esp8266 que al conectarse a una red wifi envía los datos a la ip que corresponde a la base de datos, la que está ubicada en un computador portátil.



**Figura 33.** Diagrama de flujo del receptor  
Fuente: El Autor

### 3.15.2 Construcción de hardware

Las palcas fueron fabricadas bajo pedido con el diseño hecho en Eagle<sup>22</sup>, para un mejor acabado. Una vez obtenida la placa hecha y aplicada el anti-solder se soldaron las peinetas hembra y macho correspondiente a los pines del

<sup>22</sup> Easily Applicable Graphical Layout Editor (Programa de Diseño de Diagramas y PCBs con Autoenrutador)

Arduino y de los módulos. Se soldaron los elementos fijos como son los leds indicadores, las resistencias, los porta fusibles, diodos para evitar el incorrecto flujo de la alimentación y el plug de alimentación.



**Figura 34.** Construcción de placas con antisolder  
Fuente: El Autor

La placa fue colocada en la carcasa protectora con sus respectivos separadores, también se instalaron los PGS<sup>23</sup> que permitirán el acceso de los cables de alimentación y de los sensores, pero al mismo tiempo haciendo hermético su ingreso. También se instala el interruptor de encendido y la expansión de antena para no interrumpir la cobertura de la sim900.

### **3.16. Implementación del equipo**

En base a los requerimientos por parte de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental del cantón Azogues (EMAPAL E.P), se ajustó el equipo para monitorear uno de los tanques principales mismo que se encuentra ubicado en Mahuarcay.

La información recolectada proviene directamente del sensor de nivel de la empresa, Emapal E.P este es el Prosonic-m FMU41 el cual se encuentra

---

<sup>23</sup> Entradas Aislantes de Conductores Eléctricos

ubicado en la parte superior del tanque de reserva, consta de un cableado subterráneo hacia el tablero general de control de 35 metros, al cual se lo alimenta en corriente continua a 36 voltios, la **Figura 35** indica la ubicación exacta de este elemento electrónico en el tanque que se realiza el estudio.



**Figura 35.** Ubicación del sensor Prosonic-M FMU41  
Fuente: El Autor.

El equipo de monitoreo y transmisión de datos se ubicó dentro del tablero general de control de la planta, opera conectado a una fuente de voltaje de 120V AC, como se indica en la siguiente **Figura 36**, el estudio se realiza determinando el nivel y transmitiendo la información a través de la red GSM hacia una base de datos.



**Figura 36.** Implementación del equipo  
Fuente: El Autor

### 3.17. Análisis de costos de la elaboración del prototipo de monitoreo

En la siguiente **Tabla 3** se muestra el valor unitario y valor total de los elementos que constituyen el equipo de monitoreo tanto de la base como el receptor. Estos valores corresponden únicamente al prototipo armado sin contar valores como transporte, costo de envío de elementos o el cableado del prototipo hasta el sensor.

**Tabla 3.** Valores de lista de materiales de prototipo.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Arduino Mega	2	30	60
Tarjeta Sim 900	2	37	74
Reloj Externo	2	8	16
Modulo Micro SD	2	9	18
Módulo ESP 8266	1	15	15
MicroSD	2	12	24
Ventilador	2	2	4
Interruptor	2	1	2
Porta Fusible	2	0,5	1
Resistencias	10	0,03	0,3
Peinetas	8	1,5	12
Leds	4	0,25	1
Capacitores	2	0,15	0,3
Sensor de Corriente	2	20	40
Jacks de Alimentación	6	0,6	3,6
Extensor de Antena GSM	2	8	16
PGS	5	1,5	7,5
Carcasa Protectora	2	14	28
Separador de Placas	8	0,8	6,4
Impresión de Placas	2	40	80
Fuente de Alimentación	2	7	14
Baterías	2	20	40
Chip GSM	2	3	6
Cable micro USB a USB	2	5	10
Otros Elementos		15	15
		<b>Total</b>	<b>494,1</b>

Fuente: El Autor.

### 3.18. Análisis de costos de operación y mantenimiento

En la implementación del prototipo de monitoreo de los niveles de agua en el tanque de reserva de Mahuarcay se ha tomado en consideración el costo de funcionamiento del prototipo, así como el mantenimiento, no se toma en cuenta el cambio por desgaste de los equipos con el uso a lo largo del tiempo, pero si el costo de visita.

La vida útil de los elementos está estimada entre 2 a 5 años en lo que respecta a los módulos y el Arduino según la calidad de los elementos por lo que en caso de necesitar ser reemplazados el costo individual sería sumado al mantenimiento. Los costos son descritos en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Análisis de costos de operación y mantenimiento

	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Valor</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo anual</b>
Consumo eléctrico del prototipo	0,054 W/h	diario	\$0,08	\$0,13	\$1,61
Consumo eléctrico del sensor Prosonic FMU41	0,01152 W/h	diario	\$0,08	\$0,03	\$0,34
Plan de mensajes	2	mensual	\$14	\$28	\$336,00
Mantenimiento.	1	semestral	\$40	SN	\$80
				<b>Costo anual total</b>	<b>\$417,96</b>

Fuente: El Autor

El cálculo del consumo eléctrico de la base se hace con el consumo máximo de 250mA y la alimentación de 9 voltios, de igual manera para el cálculo del consumo del sensor Prosonic FMU 41 se tiene en cuenta que el consumo máximo de corriente es de 20mA y esta alimentado a 24V. El valor del kilovatio hora está fijado para el sector comercial en \$ 0.083.

El costo del plan de mensajes está calculado en base al uso de mensajes para la transmisión de datos, siendo el escenario en el que más se consume al ser enviado cada hora por lo que serán necesarios 720 mensajes durante el mes.

Según el número de mensajes se constató los planes que ofrezcan un número igual o superior al necesario, en las distintas operadoras dando como

resultado los planes con un costo alrededor de los \$14 dólares. El valor del plan puede reducirse al contratar planes corporativos que no son mencionados debido que no están disponible a todos los usuarios.

El costo de mantenimiento se cotizó del valor cobrado en el mantenimiento preventivo realizado por técnicos de nuestro medio, al equipo de terceros.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO Y TRANSMICION DE INFORMACION DE TANQUES DE AGUA DE LA EMPRESA EMAPAL EP

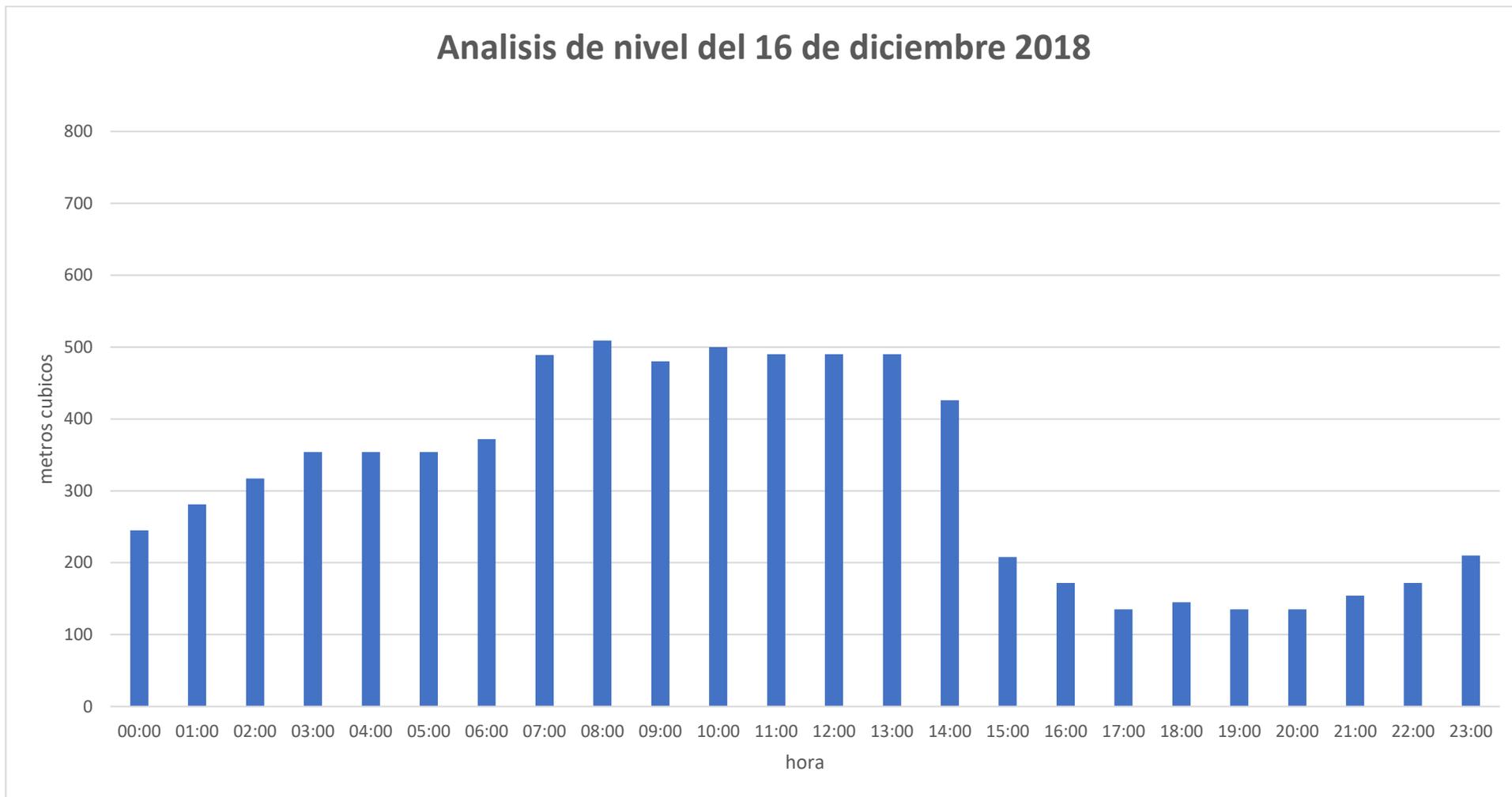
En este capítulo da a conocer los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema, además se muestra el procedimiento para efectuar la validación del proyecto desarrollado, para lo cual se efectuó un estudio en uno de los tanques de reserva de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental del cantón Azogues (Emapal E.P).

#### 4.1. Análisis de resultados del nivel de agua en el tanque de reserva

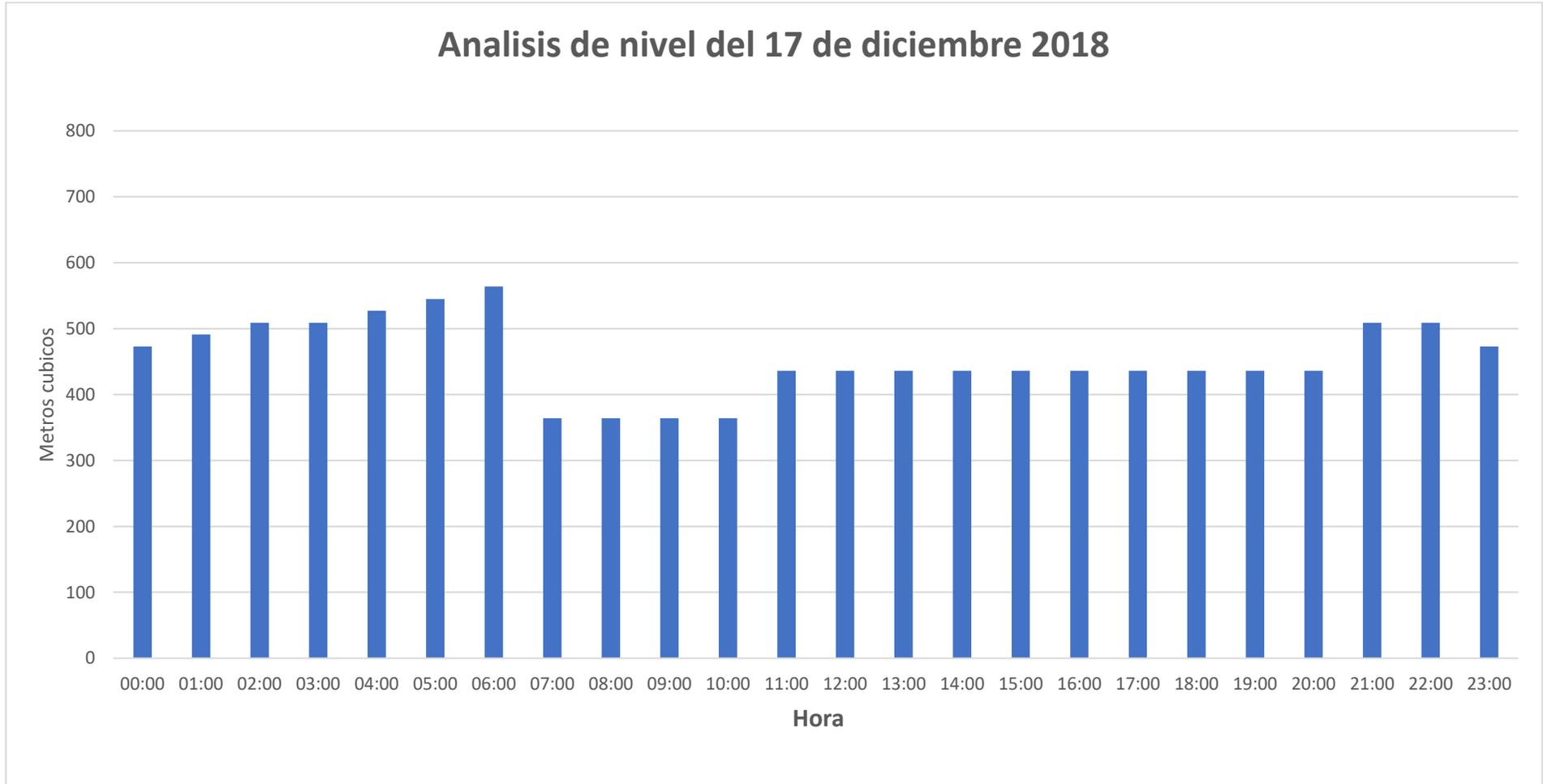
Con el fin de determinar el nivel de líquido vital que contiene, el tanque de reserva de la planta de agua de Mahuarcay (**Figura 37**) y facilitar el monitoreo y análisis de datos, se desarrolló este proyecto. Para lo cual se implementó el equipo, obteniendo los siguientes resultados, mostrados a continuación.



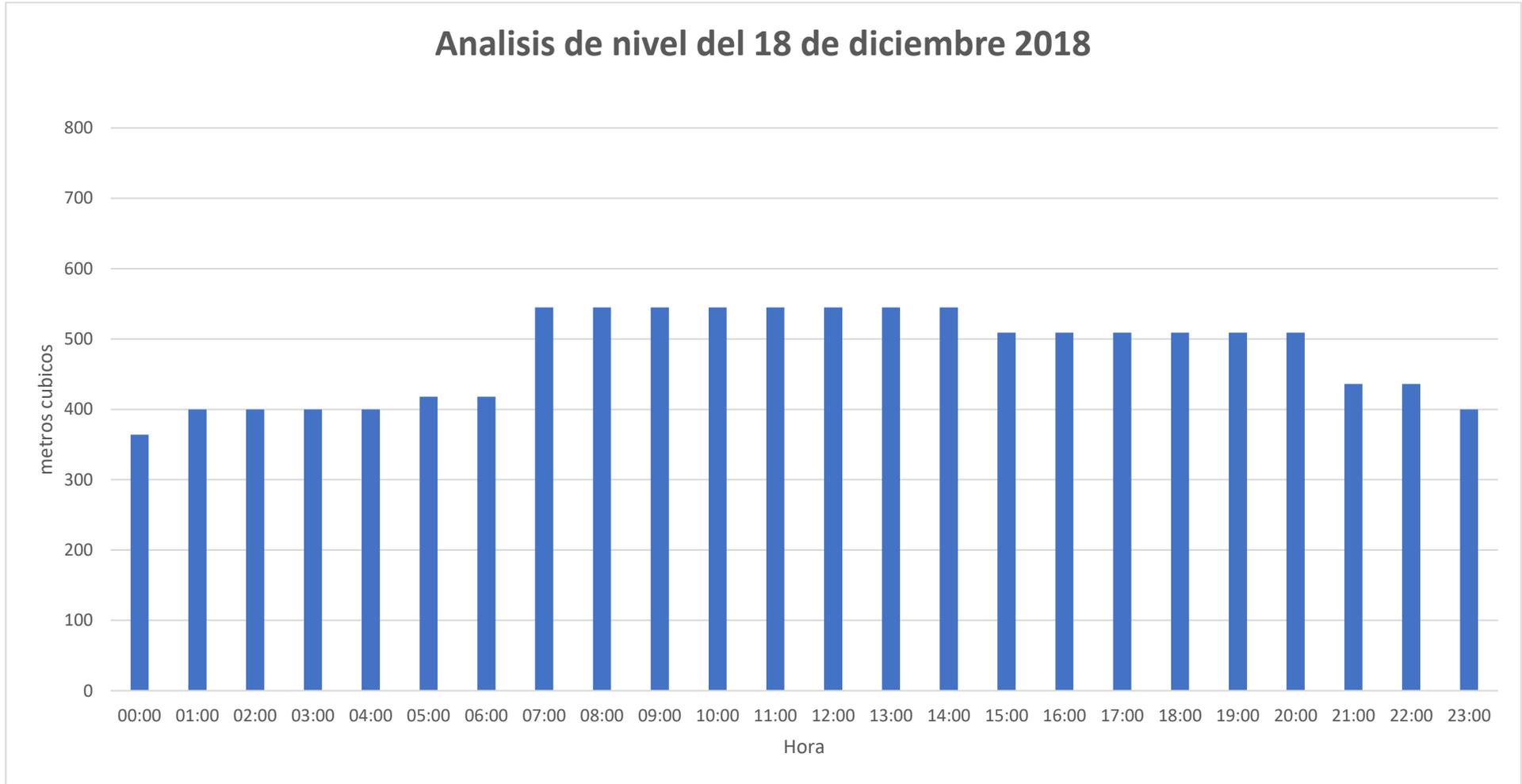
**Figura 37.** Tanque de reserva sometido al estudio  
Fuente: El Autor



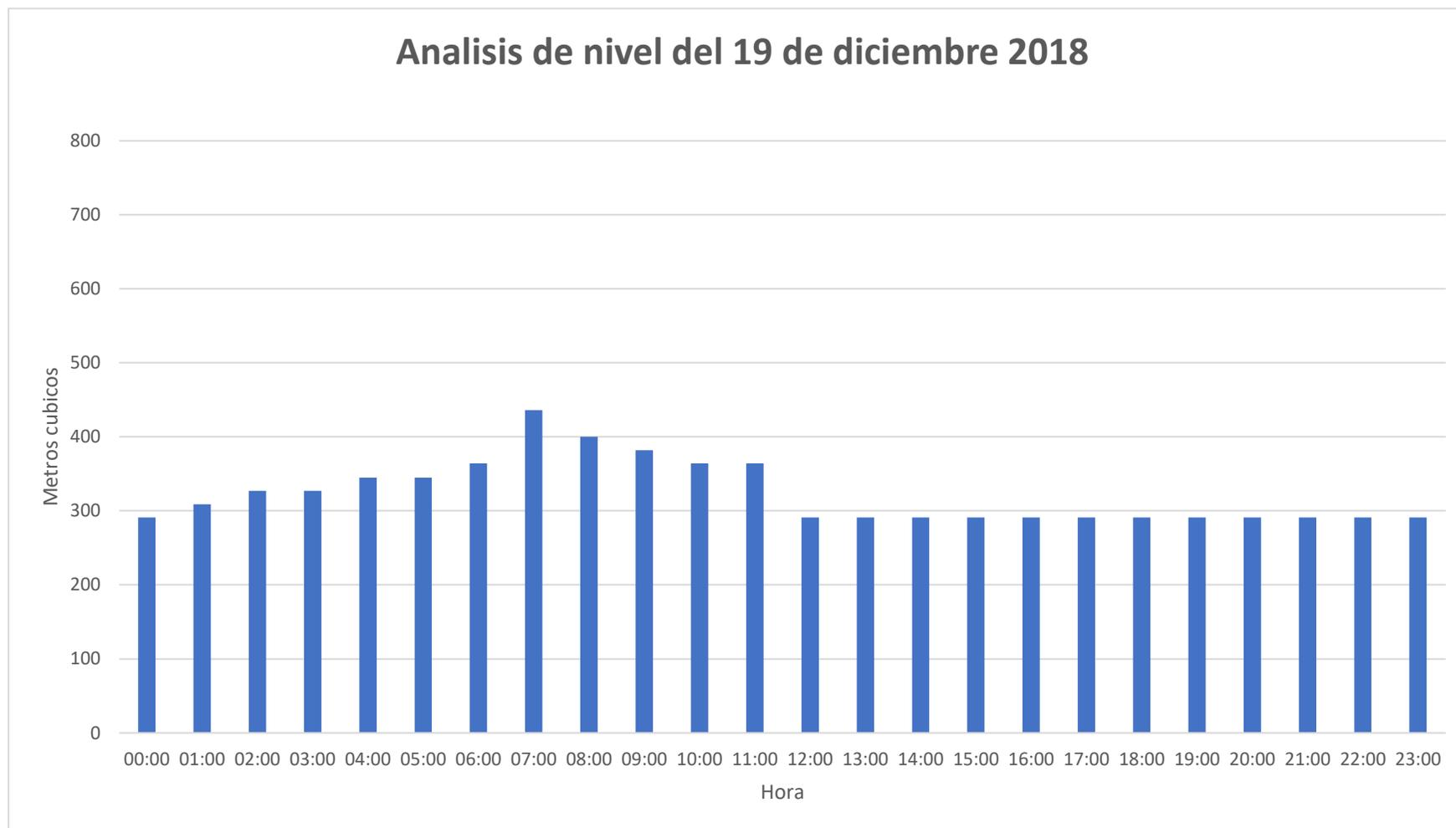
**Figura 38.** Análisis de nivel del 16 de diciembre  
Fuente: El autor.



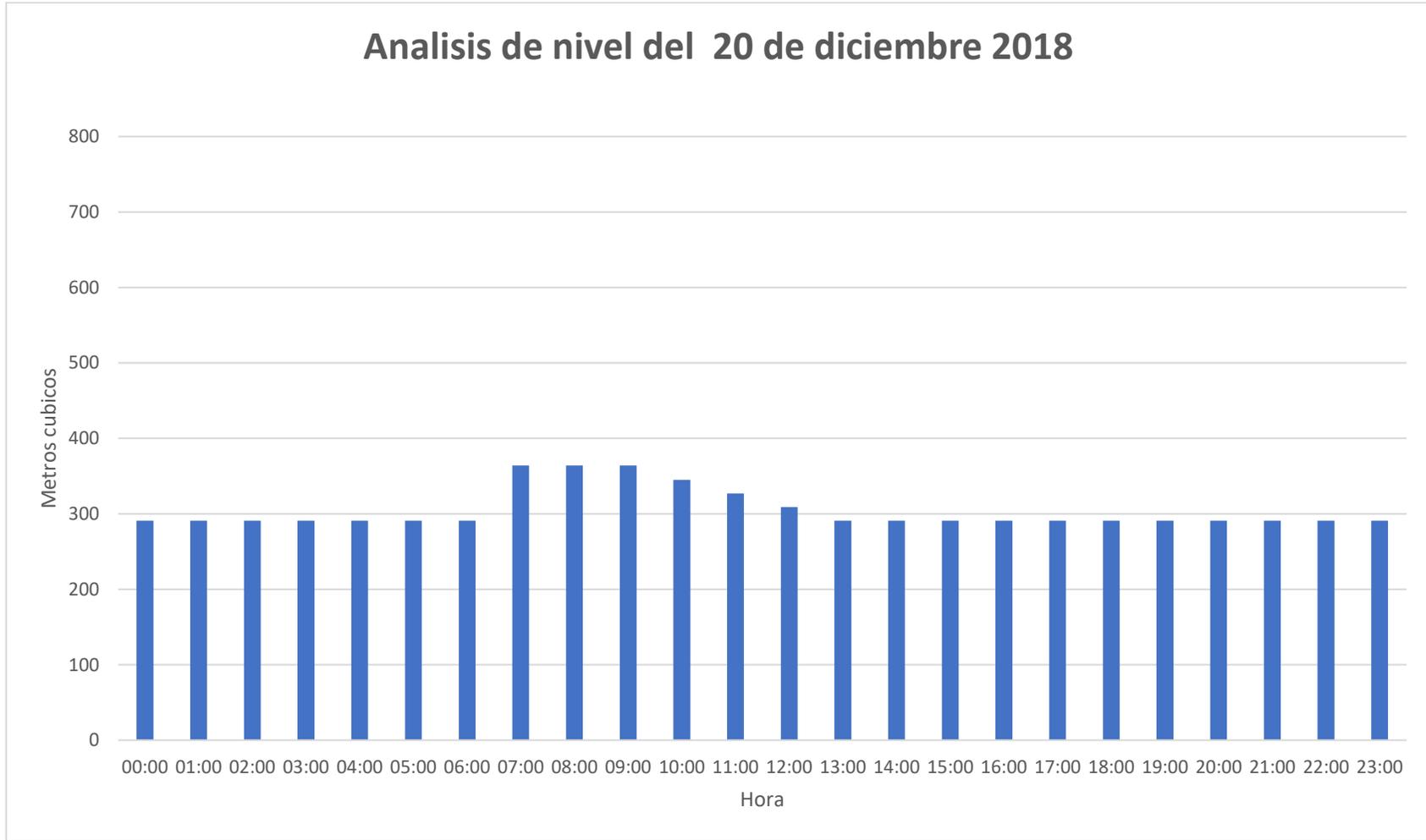
**Figura 39.** Análisis de nivel del 17 de diciembre  
Fuente: El autor.



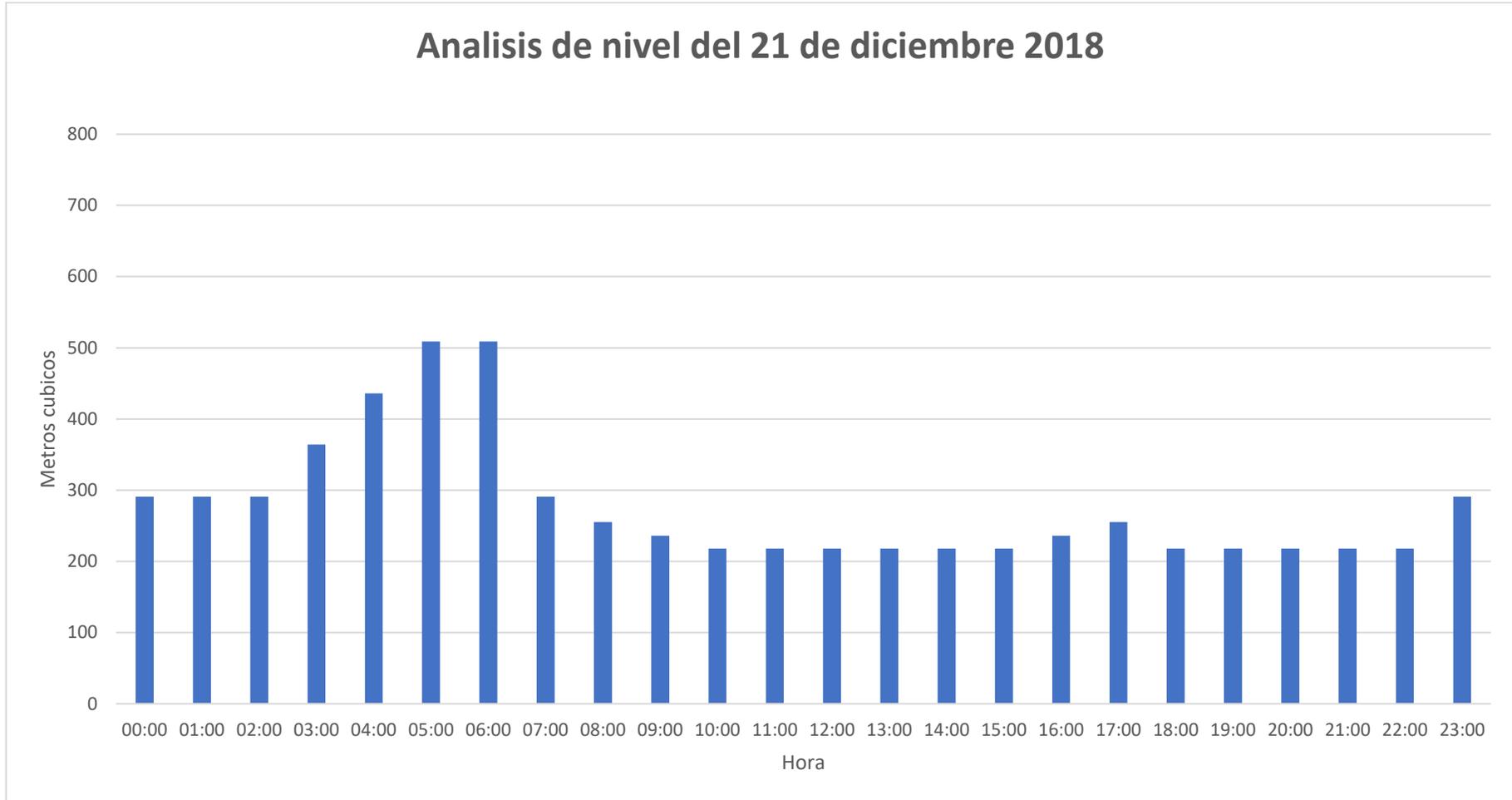
**Figura 40.**Análisis de nivel del 18 de diciembre  
Fuente: El autor.



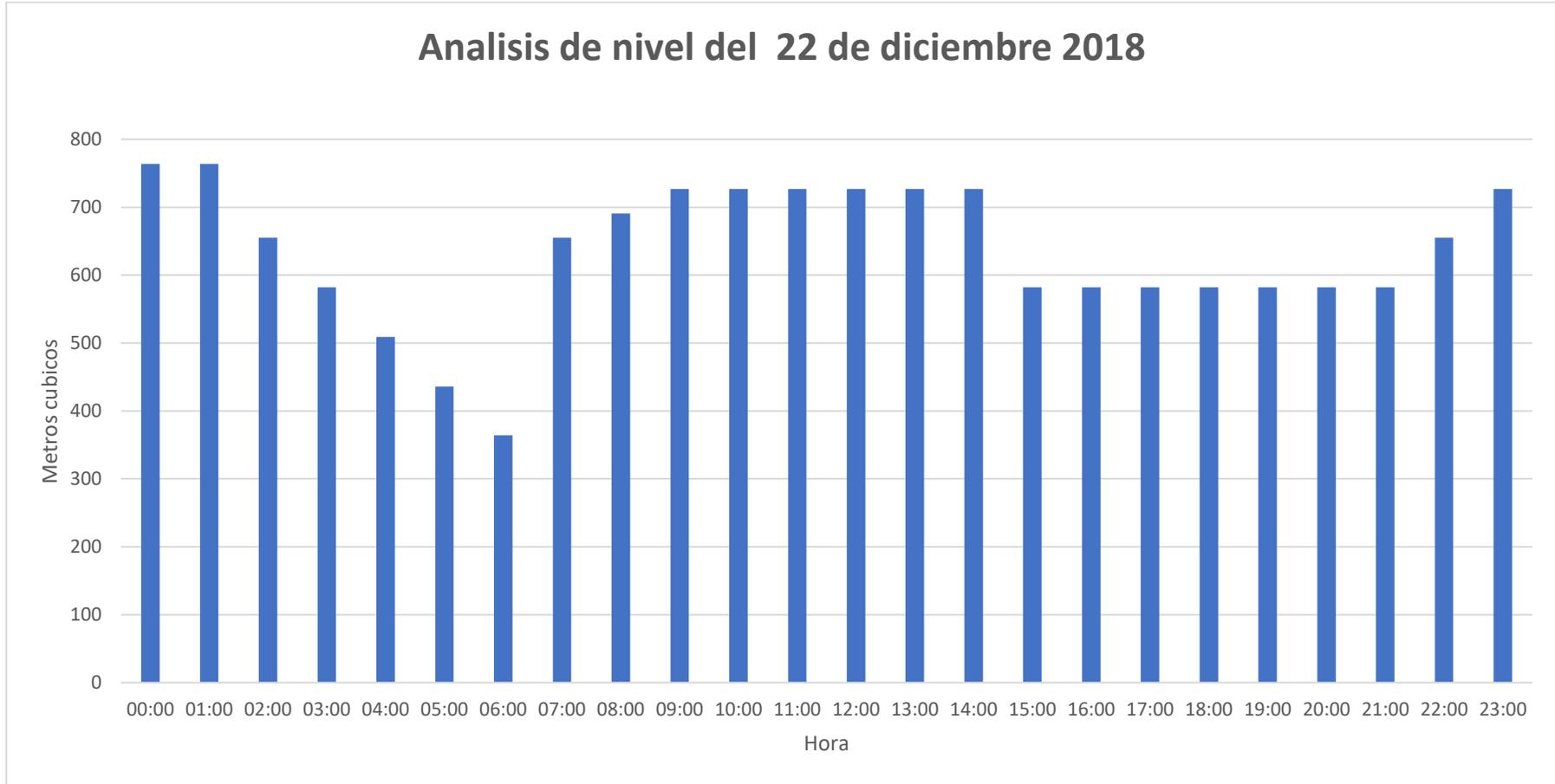
**Figura 41.** Análisis de nivel del 19 de diciembre.  
Fuente: El autor.



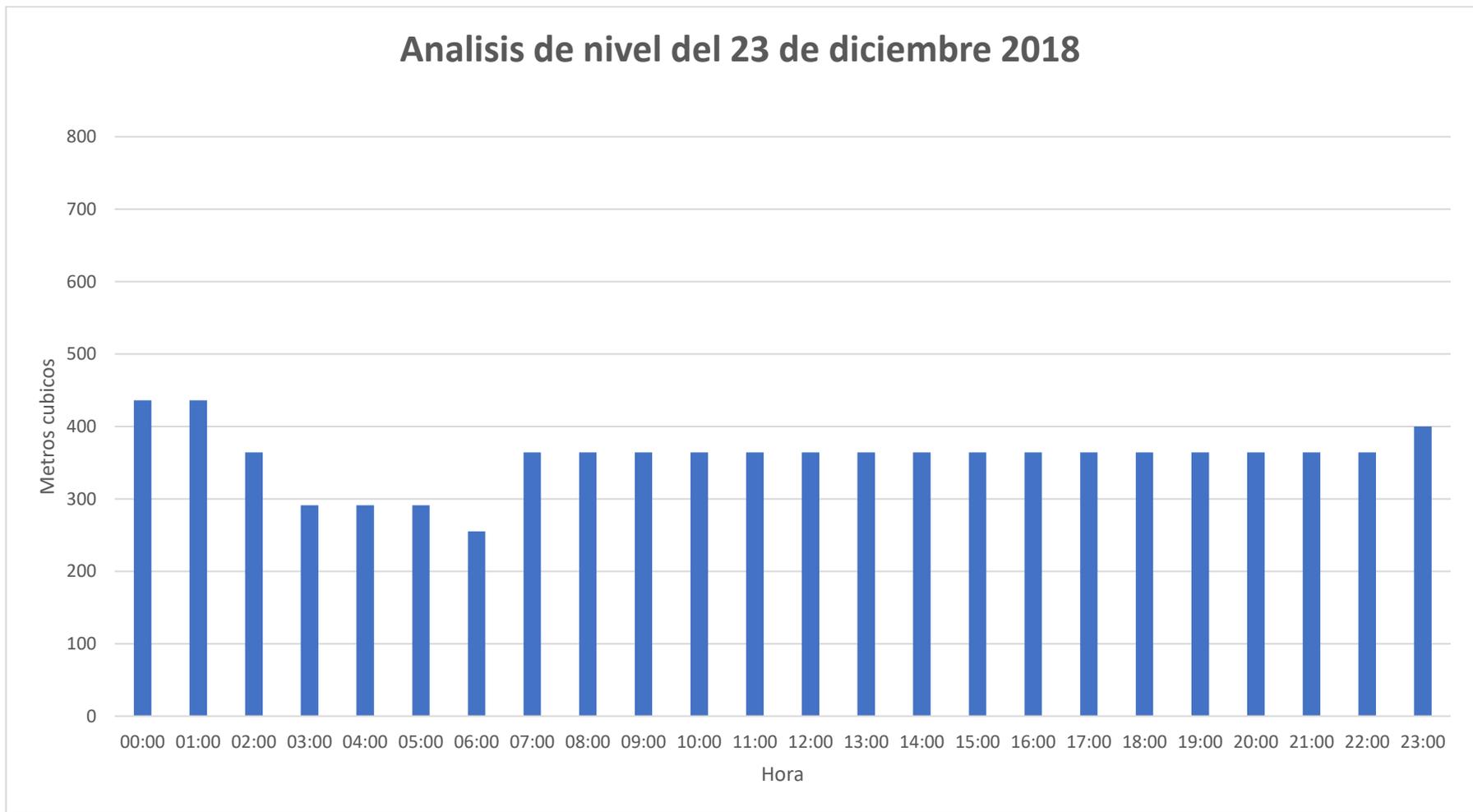
**Figura 42.** Análisis de nivel del 20 de diciembre  
Fuente: El autor.



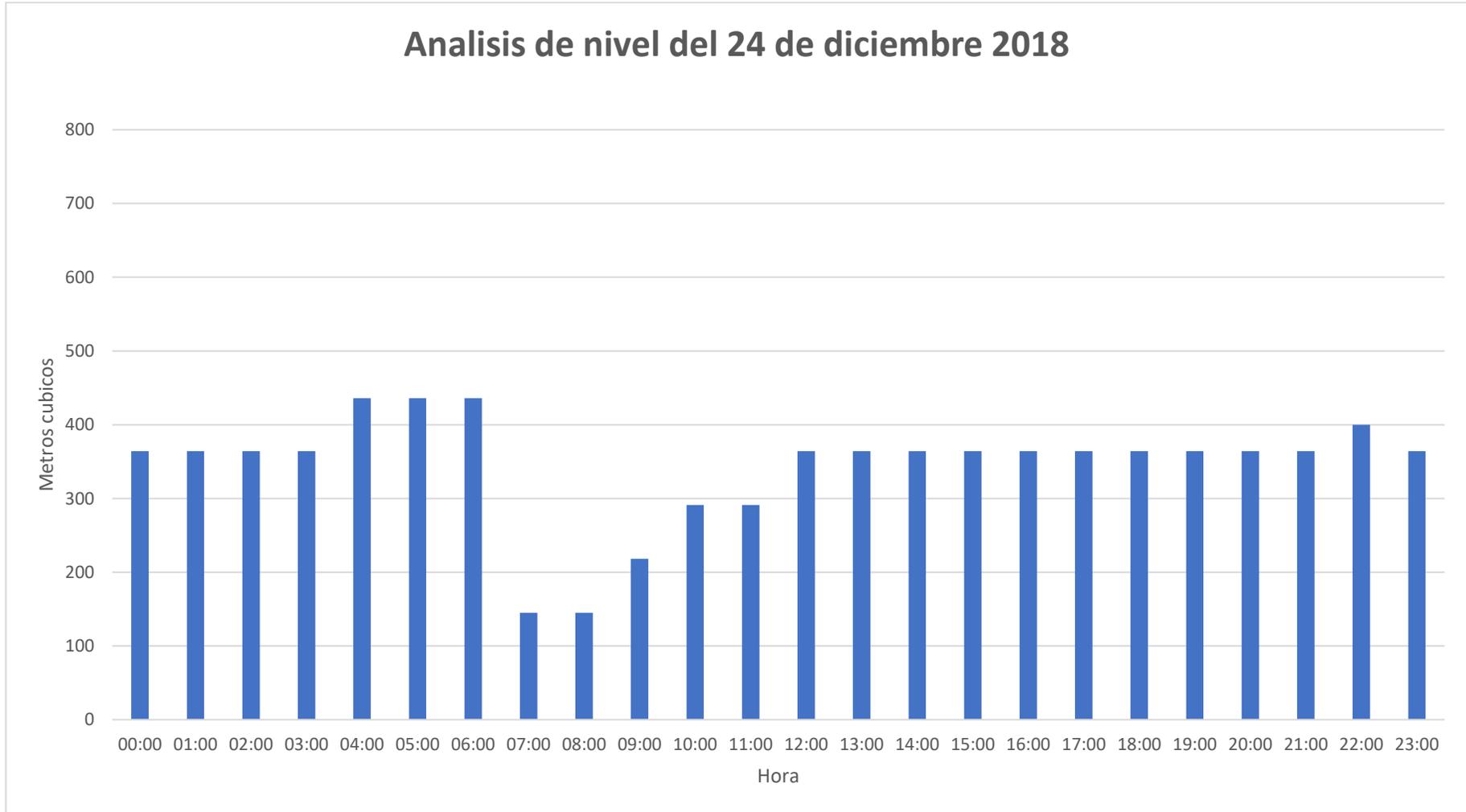
**Figura 43.** Análisis de nivel del 21 de diciembre  
Fuente: El autor.



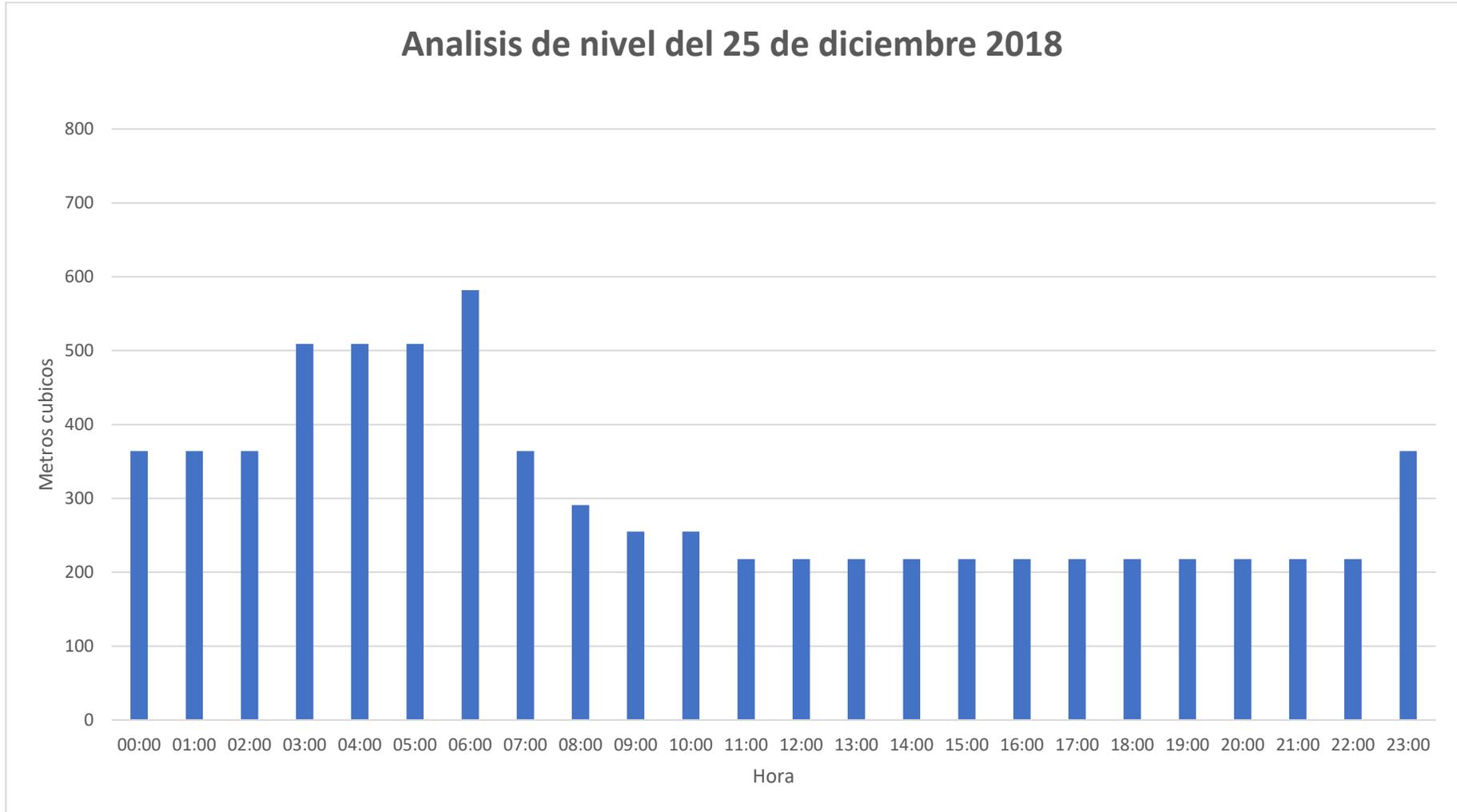
**Figura 44.** Análisis de nivel del 22 de diciembre.  
Fuente: El autor.



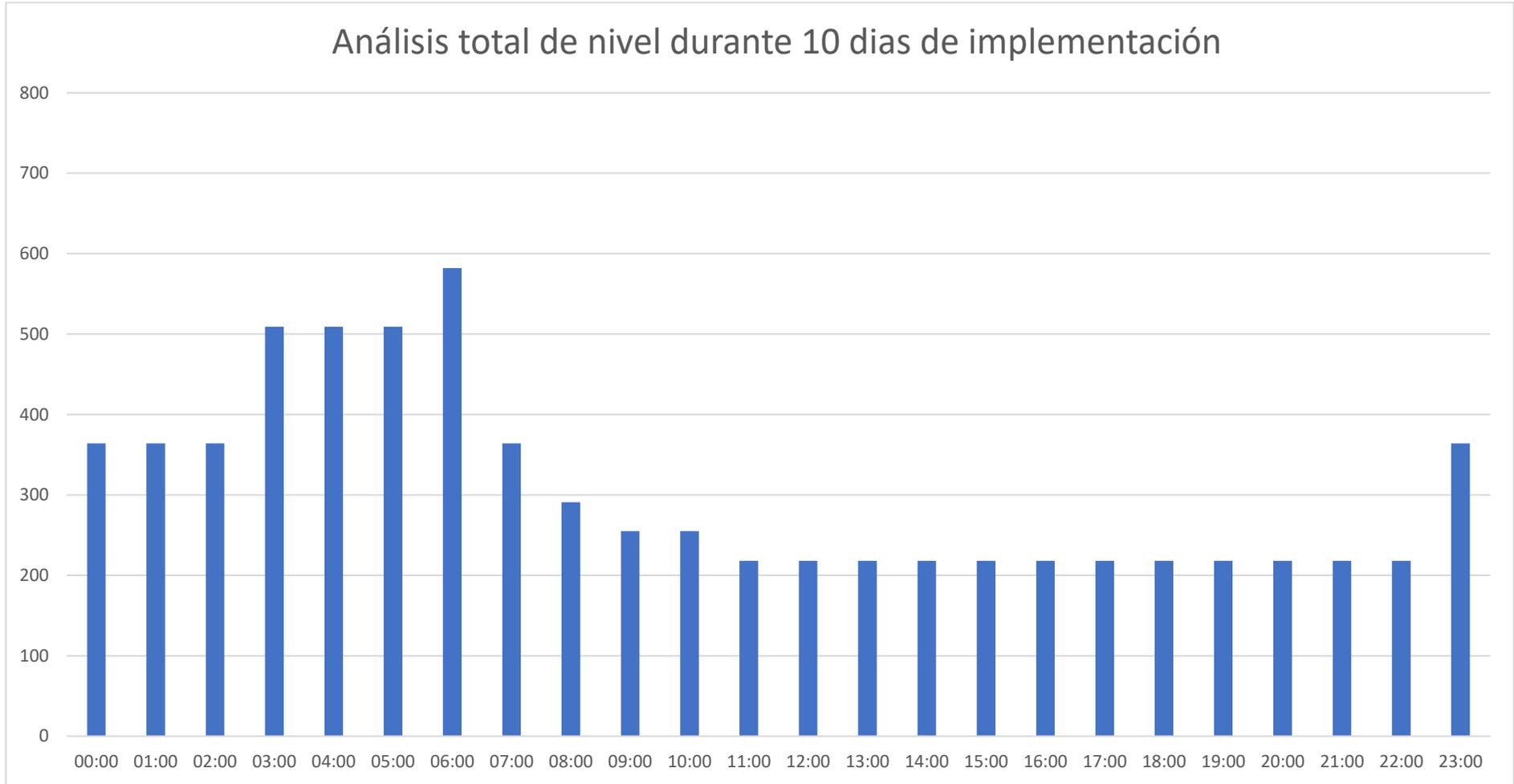
**Figura 45.** Análisis de nivel del 23 de diciembre  
Fuente: El autor.



**Figura 46.** Análisis de nivel del 24 de diciembre  
Fuente: El autor.

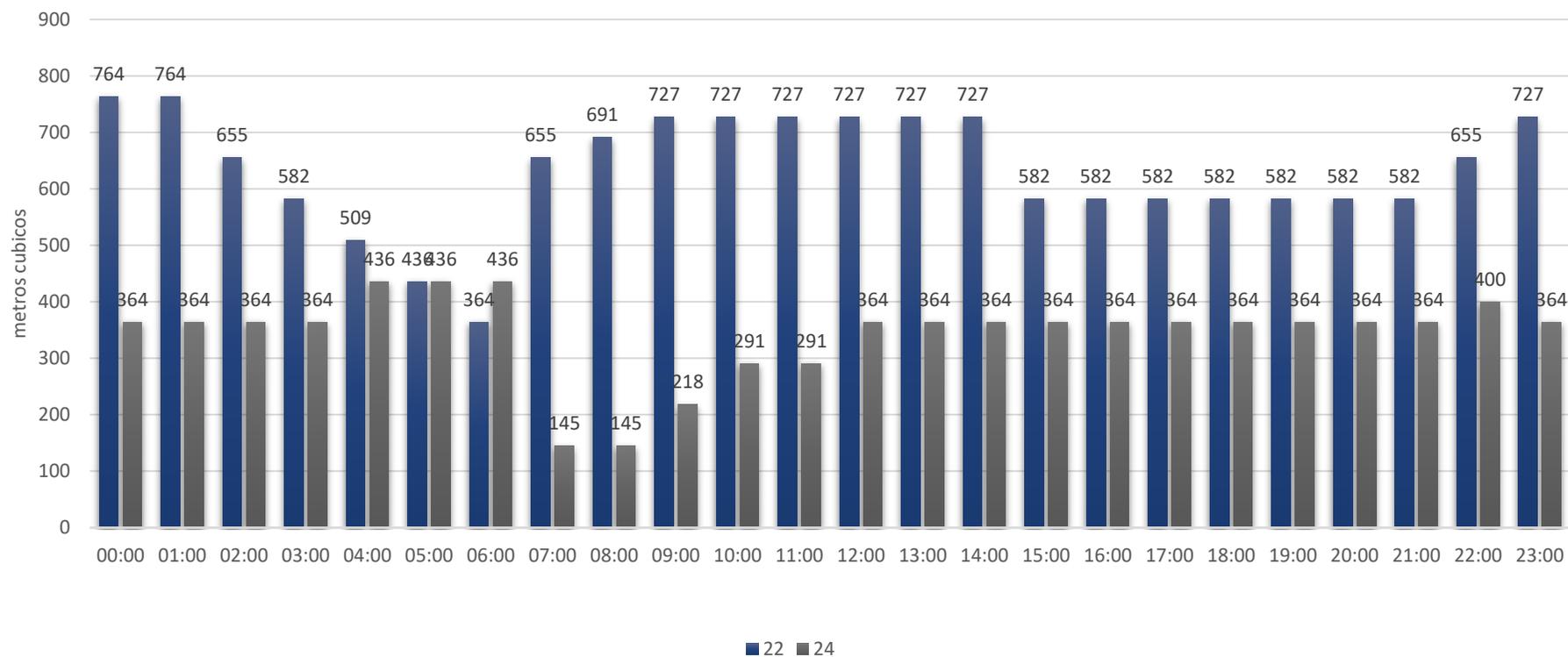


**Figura 47.** Análisis de nivel del 25 de diciembre  
Fuente: El autor.



**Figura 48.** Análisis total durante los días de implementación  
Fuente: El autor.

### Análisis de nivel máximo y mínimo durante los días de implementación



**Figura 49.** Análisis de nivel máximo y mínimo durante los días de implementación  
**Fuente:** El Autor

En la **Figura 49** se observa los valores máximos y mínimos del llenado del tanque de reserva durante el periodo de monitoreo. En el cual se han tomado muestras cada hora por 10 días, entre el 16 de diciembre de 2018 al 25 de diciembre del 2018, se ha tomado este procedimiento como parte de las sugerencias de los técnicos de la EMAPAL EP. Dejando notar los puntos más relevantes de llenado del tanque durante este estudio, además se aprecia el consumo de líquido vital. Dejando notar las horas de mayor consumo las cuales van entre las 7:00 y 8:00 am, de 12:00 a 2:00pm y 6:00 a 8:00 pm

#### **4.2. Validación del prototipo**

La validación del prototipo se ha realizado a través de pruebas experimentales con un equipo de técnicos de la EMPAL EP, mismos que por medio del informe expuesto en el (Anexo 4) certifican que, el sistema cumple con los requerimientos mínimos de operabilidad para el correcto monitoreo del nivel de agua en el tanque de reserva de la Planta de Tratamiento de Mahuarca.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El sistema de comunicación móvil GSM se puede usar en procesos industriales, mejorando la obtención de datos con una gran eficiencia y confiabilidad, además de ahorrar la infraestructura de comunicación para la EMAPAL EP.

El sistema de monitoreo y transmisión de datos desarrollado fue bien recibido por parte de los técnicos de la Emapal E.P, quienes consideran que es una herramienta útil, ya que ayuda en la determinación del nivel, cumpliendo con las exigencias mínimas para su construcción.

En base a lo desarrollado, se brinda una alternativa tecnológica de sensado, control, transmisión y almacenamiento de datos, tanto en el mismo dispositivo en la tarjeta microSD como en una base de datos externa. Considerando que la tarjeta Arduino Mega 2560 tiene la capacidad de manejar aún más información y procesos, existe la posibilidad de ampliar tanto el software como el hardware, para tener una mayor área de cobertura en los procesos de sensado y control. Se puede desarrollar la parte de potencia y sincronizarlas con actuadores, ya que posee una comunicación bidireccional se lograría un control con acceso remoto sobre estos elementos electrónicos.

El sistema de comunicación móvil GSM permite obtener un control del sistema de monitoreo de nivel de agua en un tanque de reserva e interactuar con el usuario desde cualquier lugar, teniendo un correcto control y accesibilidad, de una manera eficiente y confiable, ya que el uso de esta información es en tiempo real, reduciendo errores de lecturas y traslado de personal hasta cada uno de los tanques de reserva.

## **5.2. Recomendaciones**

Llevar un seguimiento al equipo implementado para ver cómo responde a la corrosión, para de esta manera pueda ser implementada en la planta de manera indefinida.

Según las pruebas de funcionamiento que se realizó para la validación, es necesario usar equipos industriales, que posean normas de protección contra polvo, agua, y químicos al menos IP66.

Al momento de seleccionar los elementos electrónicos se recomienda verificar las hojas técnicas ya que estos indican la funcionalidad de estos elementos.

Cambiar el sistema cableado tanto de datos como de alimentación, ya que presenta daños, debido que no tiene una correcta protección en sus conductos.

## **5.3. Trabajos futuros**

El proyecto desarrollado se puede mejorar o añadir varias funciones tales como desarrollar la parte de potencia y así poder intervenir en la actuación de motores, electroválvulas, etc. accediendo de esta manera la activación remota de estos componentes eléctricos, ya que el proyecto lo permite por que posee una comunicación bidireccional es decir se tendría un acceso remoto sobre estos componentes mencionados.

# BIBLIOGRAFÍA

- Andres, J. (2014). Sistema de Instrumentación y Control para Tanques de Almacenamiento de Agua Potable Instrumentation and Control System for Storage Tanks of potable Water.
- Banzi, M. (2003). Arduino - Home.
- Boquera, M. E. (2003). *Servicios Avanzados de telecomunicaciones*.
- Burbano, P. (1994). *Diseño y contruccion de un sistema de control de nivel de liquidos*. Quito.
- ELECTRIC, I. (2008). *IDE - Armarios metálicos, tomas de corriente*.  
Obtenido de <http://ide.es/>: <http://ide.es/>
- Emapal ep, f. (2016). *sistemas de control y monitoreo de tanques*.
- Endress+Hauser. (2016). Medición de nivel por radar guiado | Endress+Hauser.
- Eugenio, R. (1998). *Telecomunicaciones moviles*.
- Gaona Garcia, E. E. (2013). Red GSM de emergencia usando USRP y Asterisk Grupo de Investigación GITUD (UDFJC).
- García, V. (2015). SENSOR DE CORRIENTE ACS712. – Electrónica Práctica Aplicada.
- Guti, M. (2010). *Manual de programacion Arduino*.
- Herrador, R. E. (2009). Guía de Usuario de Arduino.

Loja, U. n. (2015). *comandos AT mas frecuentes.*

M. Lizarraga, S. G. (2008). *Servicios en internet para monitoreo y control a distancia utilizando EDGE/GPRS-GSM.*

Meloni, J. C. (2009). *php Mysql y Apache.*

Oliva Ramos, R. (2017). *Monitoreo control y adquisicion de datos con arduino y visual basic. net.*

Oliva Ramos, R. (2017). Monitoreo, control y adquisición de datos con Arduino y Visual Basic .Net.

orrente Artero, O. (s.f.). Arduino : curso práctico de formación. 2013.

Ruiz, H. M. (2010). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA CONTROL.

Serna Ruiz, A. (2010). Guía práctica de sensores.

# **ANEXOS**

## **Anexo 1.**

Informe final de tutoría de tesis



Azogues, 05 de septiembre de 2019

**Asunto:** Informe final de Tutoría de Tesis

Señora Economista

Nancy Peralta Idrovo

**SECRETARIA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES.**

Ciudad. –

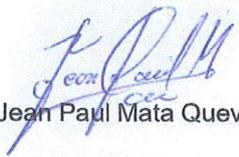
Por medio del presente me permito saludarle y a la vez indicarle que una vez culminada la revisión del trabajo de titulación del alumno Wilson Daniel Arévalo Yauri, con C.I. 0302636378, es mi deber conferir la nota de 45/50 al trabajo de titulación en mención, cumpliendo de esta manera con los parámetros establecidos por parte de nuestra Alma Mater como Tutor de la misma, dentro de la Unidad de Titulación.

Dicho proyecto lleva por nombre **“PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA POTABLE EN UN TANQUE DE RESERVA MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM”**, Previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónica, de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción.

Es menester informar que el presente trabajo de titulación tiene coincidencia del 8% de similitud de contenidos con otras fuentes, según reporte del sistema anti plagio (Turnitin) de nuestra Universidad, reporte que se adjunta.

Por la atención que dé a la presente suscribo de Ud. Agradecido.

Atentamente.

  
Ing. Jean Paul Mata Quevedo

**TUTOR**

## **Anexo 2.**

Certificado de antiplagio Turnitin.

# Tesis Wilson Arévalo V2

por Wilson Arevalo

Fecha de entrega: 04-sep-2019 02:58p.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1167268485  
Nombre del archivo: WILSON AREVALO V2.docx (7.14M)  
Total de palabras: 13657  
Total de caracteres: 72118

## Tesis Wilson Arévalo V2

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>8%</b>	<b>7%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://edwingarcia.info">edwingarcia.info</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://blog.tec-innovation.org">blog.tec-innovation.org</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="http://ganymedeham.blogspot.nl">ganymedeham.blogspot.nl</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://www.emapal.gob.ec">www.emapal.gob.ec</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.utp.edu.co">repositorio.utp.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://donwilsonco.com">donwilsonco.com</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://fncaritahu.blogspot.com">fncaritahu.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%

*[Handwritten signature]*  
UNIDAD DE TIPOGRAFÍA

### **Anexo 3.**

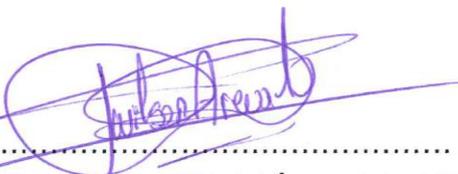
Permiso del autor de tesis para subir al Repositorio  
Institucional (Dspace).



## PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, WILSON DANIEL ARÉVALO YAURI, portador (a) de la cédula de ciudadanía Nro.,0302636378. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA POTABLE EN UN TANQUE DE RESERVA MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de Los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, 24 de septiembre de 2019

  
F: .....  
WILSON DANIEL ARÉVALO YAURI  
0302636378

## **Anexo 4.**

Certificado de no adeudar libros en biblioteca.



## El Bibliotecario de la Sede Azogues

### CERTIFICA:

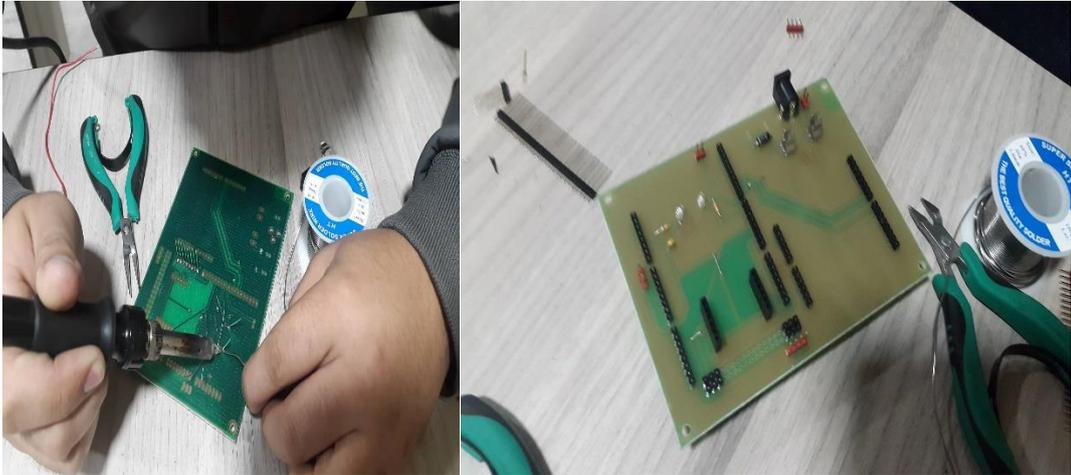
Que: **AREVALO YAURI WILSON DANIEL**, con cédula de ciudadanía Nro. **0302636378**,  
de la Carrera de **INGENIERIA ELECTRÓNICA**.

No adeuda libros, a esta fecha: **24 de septiembre del 2019**.

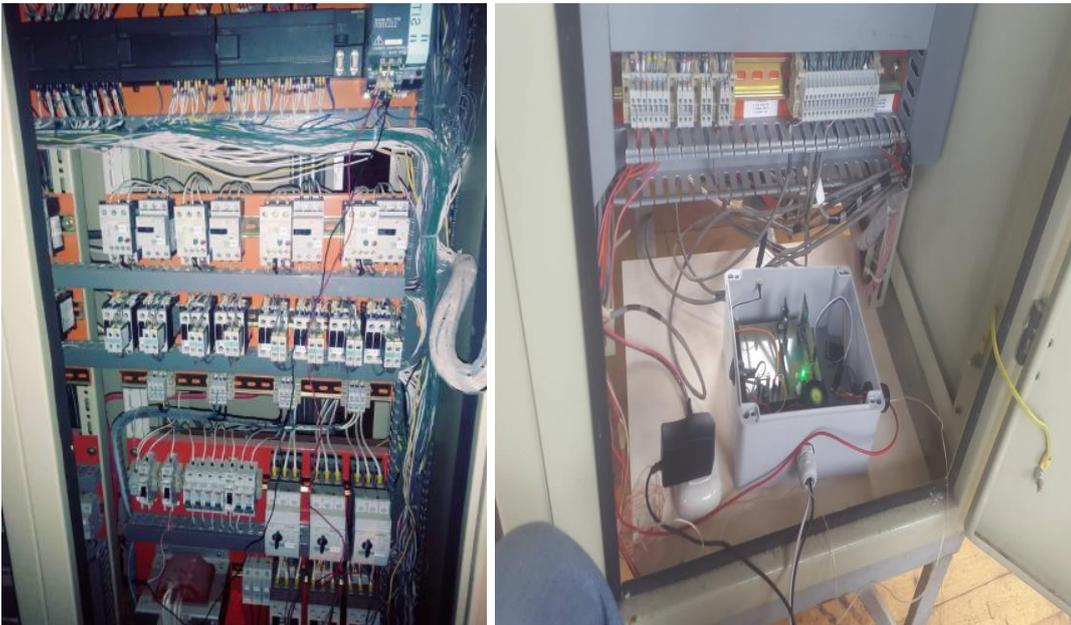
Byron Alonso Torres Romo  
Bibliotecario

Biblioteca Universitaria  
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"

**Anexo 5.** Construcción de la placa base.



**Anexo 6.** Implementación del proyecto en la planta de agua de Mahuarcay.





## **Anexo 7.**

Oficio dirigido al Gerente de la empresa EMAPAL EP.

Azogues 05 de diciembre del 2018

Ing. Xavier Ramírez Rojas,

**Gerente Empresa Municipal De Agua Potable Y Alcantarillado (EMPAL.EP)**

De mis consideraciones:

Yo Wilson Daniel Arevalo Yauri estudiante de la universidad católica de cuenca de la facultad de ingeniería electrónica , solicito a usted muy comedidamente se me autorice poder realizar mi trabajo de titulación para la obtención de mi título de ingeniero electrónico, en la planta de tratamiento de agua potable pertenecientes a la empresa EMPAL.EP ubicada en el sector de Mahuarcay, referente a la implementación de un prototipo de monitoreo de niveles de tanques de reserva de la planta de tratamiento.

Por la atención brindada a la presente quedo a usted muy agradecido y deseándole éxitos en su cargo.

Atentamente,



Wilson Daniel Arevalo Yauri

CI. 0302636378



**RECIBIDO**

05 DIC 2018

Hora: 9:00 *RB*

Gestión de Trámites y Reclamos

## **Anexo 8.**

Certificación del funcionamiento del equipo.

Azogues 27 de febrero del 2019

Ing. Diego Idrovo Coronel

Encargado de Mantenimiento Eléctrico de (EMAPAL EP).

**CERTIFICA:**

Que, una vez probado el equipo de monitoreo de nivel de tanque reserva en la planta de tratamiento de Mahurcay el equipo propiedad del señor: **WILSON DANIEL AREVALO YAURI** con C.I **0302636378**, hasta la presente fecha funciona dentro de los parámetros establecidos y necesarios para los cuales ha sido diseñado.

Atentamente,



Ing. Diego Idrovo Coronel

Encargado de Mantenimiento Eléctrico de (EMAPAL E.P)

## **Anexo 9.**

Certificación del abstract por parte del centro de idiomas  
de la universidad.

## CENTRO DE IDIOMAS

### ABSTRACT

The present academic work includes the use of open source electronic equipment and systems such as Arduino and GSM mobile communication technology. The system aims to monitor the water level of a reserve tank which collects the information and transmits it through the GSM network.

The project itself was developed with the ultrasonic level sensor Prosonic FMU41 as the basis of the sensing. For the management of data control, it was made with the Arduino Mega 2560 electronic card and finally the packaging and data transmission was done with the GSM 900 shield.

The data obtained is stored in the computers in a microSD memory and in a database in MySQL. The validation of this project was carried out by monitoring the water level of one of the Mahuarcay water tanks and the measure was obtained every hour during 10 days.

The information obtained from the water tank is the volume in cubic meters. This gathered information was contrasted with the empirical measurement techniques of the technicians in charge at EMAPAL E.P.

This system was developed with the aim of preventing leaks or emptying the reserve tank, in the latter case, it can cause problems of air entering the pipes, generating costly maintenance or damage to its measuring equipment and losses for the company.

**KEY WORDS: ARDUINO MEGA 2560, GSM, MONITORING, EMPIRICAL.**

Cuenca, 08 de marzo del 2019

**EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA,  
CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR  
PERSONAL DEL CENTRO, PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.**

  
DR. JOHN CARVAJAL GONZALEZ

SECRETARIO



## Anexo 10.

### Código de programación de Arduino

```
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <DS3231.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include
"GPRS_Shield_Arduino.h"
#include <Wire.h>
#include <SD.h>
#define longitud_mensaje 160
const int PIN_TX = 10;
const int PIN_RX = 11;
const int BAUDRATE = 9600;
const int pinecho = 22;
const int pintrigger = 23;
unsigned int tiempo;
unsigned int nmedidas = 10;
double distancia;
double distanciaprom = 0;
double diferencia =0;
double minimoml = 36.71;//32.98;
double medidaL;
double corrienteM;
int LED = 7; // led de prueba de
sms
int cont = 0;
int contR = 0;
int alarma = 0;
int indice =0;

GPRS
gprs(PIN_TX,PIN_RX,BAUDRATE
);
DS3231 Clock;
File myFile;
Adafruit_INA219 ina219;
char numero[16] = {0};
char hora[20] = {0};
char in_number[16] = {0};
String numeroac="";
String num1[3] = {"0999254768",
"0987401517","0987611204"};
String nom[3] = {"Cristian",
"Hector","Wilson"};
String fecha ="";
String horas ="";
byte Year;
byte Month;
byte Date;
byte DoW;
byte Hour;
byte Minute;
byte Second;
bool llamada = false;
bool is_active;
bool obtenido;
char mensajer[longitud_mensaje];
char telefonoc[16];
```

```

char fechahoram[24];
void setup(){
  gprs.checkPowerUp();
  Serial.begin(9600);
  GetDateStuff(Year, Month, Date,
DoW, Hour, Minute, Second);
  Clock.setClockMode(false);
  ajustarReloj();
  pinMode(pinecho, INPUT);
  pinMode(pintrigger, OUTPUT);
  delay(100);
  medidas();
  mostMedidas();
  distanciaprom = 0;

while(!gprs.isNetworkRegistered())
{
  delay(1000);
  Serial.println("Red no
conectada");
}
  delay(100);
  fechayhora();
  Serial.print("Iniciando SD ...");
  if (!SD.begin(4)) {
    Serial.println("No se pudo
inicializar");
    return;
  }
  Serial.println("inicialización
exitosa");
}
void loop(){
  is_active =
gprs.isCallActive(in_number);
  if(is_active) {
    Serial.print("Llamada... ");
    cont++;
    llamada=true;
    Serial.println(in_number);
  } else {
    if(contR>=10){
      medidas();
      mostMedidas();
      distanciaprom = 0;
      contR=0;
    } }
  indice = gprs.isSMSUnread();
  if (indice > 0) {
    gprs.readSMS(indice,
mensajer, longitud_mensaje,
telefonoc, fechahoram);
    gprs.deleteSMS(indice);
    Serial.print("numero: ");
    Serial.println(telefonoc);
    Serial.print("fecha: ");
    Serial.println(fechahoram);
    Serial.print("mesanje: ");
    Serial.println(mensajer);
    if(mensajer=="encender"){
      digitalWrite( LED, HIGH);
      Serial.println("encendido");
    }
    if(mensajer=="apagar"){
      digitalWrite( LED, LOW);

```

```

        Serial.println("apagado");
    }
    if(mensajer=="titilar"){
    for(int q=0;q<=4;q++){
        digitalWrite( LED, HIGH);
        delay(400);
        digitalWrite( LED, LOW);
        delay(400);}
    } }
    if(llamada and cont>=5){
        Serial.println(in_number);
        delay(200);

    sim900_send_cmd(F("ATH\r\n"));
        delay(200);
        for(int l=0;l<=2;l++){
            if(String(in_number) ==
num1[l]){
                Serial.println(nom[l]);
                Serial.println(num1[l]);
                if(numeroac == num1[l]){
                    Serial.println("Segunda
llamada, enviar SMS");
                    medidas();
                    mostMedidas();
                    delay(10);
                    char nm[11];
                    char lts[55];

                    String mnsj="El valor actual
en litros el tanque Prueba es de ";
                    Serial.println(distanciaprom);
                    mnsj= mnsj+distanciaprom;

                    distanciaprom = 0;
                    mnsj.toCharArray(lts,55);

                    num1[0].toCharArray(nm,11);
                    Serial.println(nm);
                    gprs.callUp(nm);
                    delay(10000);

                    sim900_send_cmd(F("ATH\r\n"));
                    delay(1000);
                    Serial.println(lts);
                    if(gprs.sendSMS(nm,lts)) //
                    {
                        Serial.print("enviado");
                    }
                    else {
                        Serial.print("fallido");
                    }
                    delay(5000);
                } else{
                    numeroac = num1[l];
                }
                break;
            }
        }
        llamada = false;
        cont=0;
    }
    delay(300);
    contR++;
}
void medidas(){

```

```

    delay(30);
    for (int i = 0; i < nmedidas; i++){
        digitalWrite(pintrigger, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(pintrigger, LOW);
        tiempo = pulseIn(pinecho, HIGH);
        distancia = tiempo / 58.0;
        distanciaprom= distanciaprom +
        distancia;
        //Serial.println(distanciaprom);
        delay(300);
    }
    distanciaprom=distanciaprom/nme
    didas;
    }
    void medida(){
        digitalWrite(pintrigger, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(pintrigger, LOW);
        tiempo = pulseIn(pinecho, HIGH);
        distanciaprom = tiempo / 58.0;
    }
    void mostMedidas(){
        Serial.print("La distancia actual
        es de: ");
        Serial.println(distanciaprom);
        diferencia = minimoml-
        distanciaprom;
        if(diferencia < 0){ diferencia = 0;}
        Serial.print("En mililitros es de:
        ");
        medidaL=diferencia*625;
        Serial.println(medidaL);
    }
    void reloj(){
        obtenido =
        gprs.getDateTime(hora);
        if(obtenido) {
            Serial.print("La hora es ");
            Serial.println(hora);
            delay(100);
        } }
        void fechan(){
            obtenido =
            gprs.getDateTime(hora);
            if(obtenido) {
                Serial.print("La hora es ");
                Serial.println(hora);
                delay(100);
            } }
            void fechayhora(){
                obtenido =
                gprs.getDateTime(hora);
                if(obtenido) {
                    Serial.print("La fecha es ");
                    horas=String(hora);
                    int val = horas.indexOf(",");
                    fecha = horas.substring(0,val);
                    Serial.println(fecha);
                    Serial.print("La hora es ");
                    horas =
                    horas.substring(val+1,val+6);
                    Serial.println(horas);
                    delay(100);
                } }

```

```

void verarchivo(){
    if(!SD.exists("datalog2.csv"))
    {
        myFile =
SD.open("datalog2.txt",
FILE_WRITE);
        if (myFile) {
            Serial.println("Archivo nuevo,
Escribiendo encabezado(fila 1)");

myFile.println("fecha,hora,medidaL
");
            myFile.close();
        } else {
            Serial.println("Error creando el
archivo datalog.txt");
        } } }

void guardar(){
    myFile = SD.open("datalog2.txt",
FILE_WRITE);//abrimos el archivo
    if (myFile) {
        Serial.print("Escribiendo SD:
");
        myFile.print("tq1,");
        myFile.print(fecha);
        myFile.print(",");
        myFile.print(horas);
        myFile.print(",");
        myFile.print(medidaL);
        myFile.print(",");
        myFile.print(alarma);
        myFile.print("-");
        myFile.close(); //cerramos el
archivo
        Serial.print("fecha=");
        Serial.print(fecha);
        Serial.print(",hora=");
        Serial.print(horas);
        Serial.print(",medida=");
        Serial.println(medidaL);
    } else {
        Serial.println("Error al abrir el
archivo");
    } }

void GetDateStuff(byte& Year,
byte& Month, byte& Day, byte&
DoW,byte& Hour, byte& Minute,
byte& Second) {
    boolean GotString = false;
    char InChar;
    byte Temp1, Temp2;
    char InString[20];
    byte j=0;
    while (!GotString) {
        if (Serial.available()) {
            InChar = Serial.read();
            InString[j] = InChar;
            j += 1;
            if (InChar == 'x') {
                GotString = true;
            } }
        Serial.println(InString);
        Temp1 = (byte)InString[0] -48;
        Temp2 = (byte)InString[1] -48;
        Year = Temp1*10 + Temp2;
        Temp1 = (byte)InString[2] -48;

```

```

Temp2 = (byte)InString[3] -48;
Month = Temp1*10 + Temp2;
Temp1 = (byte)InString[4] -48;
Temp2 = (byte)InString[5] -48;
Day = Temp1*10 + Temp2;
DoW = (byte)InString[6] - 48;
Temp1 = (byte)InString[7] -48;
Temp2 = (byte)InString[8] -48;
Hour = Temp1*10 + Temp2;
Temp1 = (byte)InString[9] -48;
Temp2 = (byte)InString[10] -48;
Minute = Temp1*10 + Temp2;
Temp1 = (byte)InString[11] -48;
Temp2 = (byte)InString[12] -48;
Second = Temp1*10 + Temp2;
} void ajustarReloj(){
    Clock.setYear(Year);
    Clock.setMonth(Month);
    Clock.setDate(Date);
    Clock.setDoW(DoW);
    Clock.setHour(Hour);
    Clock.setMinute(Minute);
    Clock.setSecond(Second);
    Clock.setA1Time(DoW, Hour+1,
Minute, Second, 0x0, true,false,
false);
    Clock.turnOnAlarm(1);
} void sensorCorriente(){
    corrienteM =
ina219.getCurrent_mA();
    medidaL=(-
0.457575*corrienteM)+9.5893;
    Serial.print("La medida en metros
cubicos es");
    Serial.println(medidaL)

```

## Anexo 11. Datasheet de prosonic FMU41



### Información técnica

## Prosonic M FMU40/41/42/43/44

### Medición de nivel ultrasónica

Transmisores compactos para la medición de nivel no invasiva en fluidos, pastas y sólidos áridos pulverulentos o granulados



#### Aplicación

- Medición de nivel continua y no invasiva en fluidos, pastas, lechadas y sólidos áridos pulverulentos o granulados
- Medición de caudal en canales abiertos y vertederos
- Integración del sistema mediante:
  - HART (estándar), 4...20mA
  - PROFIBUS PA
  - Fieldbus FOUNDATION
- Rango de medida máximo
  - FMU 40: 5 m para fluidos / 2 m para materiales áridos
  - FMU 41: 8 m para fluidos/ 3,5 m para materiales áridos
  - FMU 42: 10 m para fluidos / 5 m para materiales áridos
  - FMU 43: 15 m para fluidos / 7 m para materiales áridos
  - FMU44: 20 m para fluidos / 10 m para materiales áridos

#### Características y ventajas

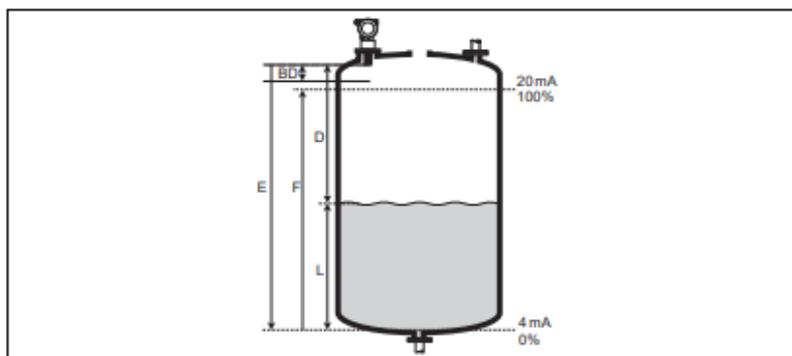
- Puesta en marcha fácil y rápida mediante ajuste en campo guiado por menús en la pantalla indicadora con cuatro líneas de texto
- Curvas envolventes en el indicador de campo para diagnósticos sencillos
- Acceso a distancia fácil para la configuración, diagnóstico y documentación sobre el punto de medida mediante el software de configuración ToF Tool suministrado.
- Apto para zonas con peligro de deflagración por materiales gaseosos o pulverulentos
- Función de linealización (hasta 32 puntos) para la conversión de los valores de medida en cualquier unidad de longitud, volumen o caudal
- Método de medición no invasiva que minimiza los requisitos de servicio
- Funcionamiento e indicación a distancia opcionales (hasta 20 m desde el transmisor)
- Posibilidad de instalación con roscas a partir de G 1½" o 1½ NPT y superiores
- Sensor de temperatura integrado para la corrección automática del valor de la velocidad del sonido según la temperatura

T1365F/23/es

**Endress+Hauser**   
People for Process Automation

## Diseño funcional y del sistema

### Principio de medición



E: distancia de vacío; F: span (distancia de llenado); D: distancia entre membrana del sensor y superficie del producto; L: nivel; BD: distancia de bloqueo

Sensor	BD	Rango máx. con líquidos	Rango máx. con áridos
FMIJ40	0,25 m	5 m	2 m
FMIJ41	0,35 m	8 m	3,5 m
FMIJ42	0,4 m	10 m	5 m
FMIJ43	0,6 m	15 m	7 m
FMIJ44	0,5 m	20 m	10 m

### Procedimiento basado en el tiempo de retorno de la señal

El sensor del Prosonic M emite impulsos ultrasónicos hacia la superficie del producto. Al incidir los impulsos sobre la superficie, éstos se reflejan y vuelven al sensor. El Prosonic M determina el tiempo  $t$  que transcurre entre la emisión y la recepción de un impulso. El instrumento utiliza este tiempo  $t$  (y la velocidad del sonido  $c$ ) para calcular la distancia  $D$  entre la membrana del sensor y la superficie del producto, siendo:

$$D = c \cdot t/2$$

Dado que el instrumento conoce la distancia de vacío  $E$  indicada por el usuario, puede determinar el nivel a partir de:

$$L = E - D$$

Por medio de un sensor de temperatura integrado, el equipo tiene asimismo en cuenta los cambios que sufre la velocidad de sonido debido a las variaciones de temperatura.

### Supresión de las señales de eco de interferencia

La supresión de las señales de eco de interferencia es una particularidad del Prosonic M con la que se impide que los ecos interferentes (precedentes, p. ej., de rebordes salientes, juntas soldadas, elementos de instalación) se interpreten como ecos de nivel.

### Calibración

Hay que introducir la distancia de vacío  $E$  y el span  $F$  para calibrar el equipo.

### Distancia de bloqueo

El span  $F$  no debe solaparse con la distancia de bloqueo  $BD$ . Debido a las características transitorias del sensor, no puede evaluarse ningún eco que se encuentre dentro de la distancia de bloqueo.

## Entradas

### Variable medida

El equipo mide la distancia D entre la membrana del sensor y la superficie del producto.

Aplicando la función de linealización, el equipo utiliza también la distancia D para determinar:

- el nivel L, expresado en cualquier unidad
- el volumen V, expresado en cualquier unidad
- el caudal Q en vertederos de medida o canales abiertos, expresado en cualquier unidad

### Rango de medida

El rango de medida se halla limitado por el rango de medida del sensor. El rango de medida del sensor depende, a su vez, de las condiciones de trabajo. Para obtener una estimación del rango de medida, procédase del modo siguiente (véase también el ejemplo de cálculo en el diagrama):

1. Determinar cuáles de las condiciones operativas de la tabla siguiente se dan en el proceso.
2. Añadir los valores de atenuación correspondientes.
3. Utilícese el diagrama para calcular el rango de medida a partir del total de atenuado.

Superficie del fluido	Atenuación
en calma	0 dB
olas	5...10 dB
fuerte turbulencia (por ejemplo, agitadores)	10...20 dB
espuma	pregúntese a Endress+Hauser

Superficie de áridos	Atenuación
dura, rugosa (por ejemplo, piedras)	40 dB
suave (por ejemplo, turba, caliza triturada cocida)	40...60 dB

Polvo	Atenuación
no hay formación de polvo	0 dB
poca formación de polvo	5 dB
intensa formación de polvo	5...20 dB

Cortina de producto en el rango de medida	Atenuación
ninguna	0 dB
pequeñas cantidades	5...10 dB
grandes cantidades	10...40 dB

Diferencia de temperaturas entre el sensor y la superficie del producto	Atenuación
hasta 20°C	0 dB
hasta 40°C	5...10 dB
hasta 80°C	10...20 dB

## Salidas

---

<b>Señal de salida</b>	Según la versión de instrumento del pedido: <ul style="list-style-type: none"><li>■ 4...20 mA con protocolo HART</li><li>■ PROFIBUS PA</li><li>■ Fieldbus FOUNDATION (FF)</li></ul>
<b>Señal en caso de alarma</b>	Las siguientes interfaces permiten acceder a información sobre los errores ocurridos: <ul style="list-style-type: none"><li>■ Indicador de campo (símbolo de error, código de error y descripción textual)</li><li>■ Salida de corriente (corriente de error configurable)</li><li>■ Interfaz digital</li></ul>
<b>Carga HART</b>	Carga mínima para comunicación HART: 250 $\Omega$
<b>Amortiguación de la señal de salida</b>	Seleccionable en el rango 0 ... 255 s
<b>Linealización</b>	<p>La función de linealización del Prosonic M permite convertir el valor medido en cualquier unidad de longitud o volumen deseada. En canales abiertos o vertederos de medición, también es posible una linealización del caudal (cálculo del caudal a partir del nivel medido). La tabla de linealización para el cálculo del volumen en un depósito cilíndrico horizontal está preprogramada. También es posible introducir cualquier número de otras tablas que contengan hasta 32 pares de valores, ya sea manualmente o de un modo semiautomático (llenando el recipiente en condiciones controladas).</p> <p>El programa de configuración ToF Tool puede calcular automáticamente la tabla para cualquier depósito, vertedero o canal abierto y cargarla en el equipo.</p> <p>El programa ToF Tool también permite calcular e introducir en el equipo las líneas de flujo del caudal para canales abiertos.</p>

---

### HART, a 2 hilos

Los siguientes valores son las tensiones que se aplican directamente entre los terminales del instrumento:

#### Tensión de alimentación

Versión		Consumo de corriente	Tensión terminal mínima	Tensión terminal máxima
HART a dos hilos	Estándar	4 mA	14 V	36 V
		20 mA	8 V	36 V
	EEx ia	4 mA	14 V	30 V
		20 mA	8 V	30 V
	EEx d	4 mA	14 V	30 V
		20 mA	11 V	30 V
Corriente fija, regulable, p. ej., para alimentación por energía solar (valor medido transmitido por comunicación HART)	Estándar	11 mA	10 V	36 V
	EEx ia	11 mA	10 V	30 V
Corriente fija en modo de multiconexión HART	Estándar	4 mA <sup>1)</sup>	14 V	36 V
	EEx ia	4 mA <sup>1</sup>	14 V	30 V

1) Corriente de arranque 11 mA

### HART, a 4 hilos, activo

Versión	Tensión	Carga máx.
CC	10,5...32 V	600 $\Omega$
CA 50/60 Hz	90...253 V	600 $\Omega$

#### Terminales

Sección transversal de cable: 0,5 a 2,5 mm (20 a 14 AWG)

#### Entrada de cable

- Prensaestopas: M20x1,5 (diámetro recomendado para el cable: 6 ... 10 mm)
- Entrada de cable G ½ o ½ NPT
- Conector M12 PROFIBUS-PA
- Conector 7/8" Fieldbus Foundation

#### Consumo de energía

Versión	Consumo de energía
a 2 hilos	51 mW...800 mW
CA a 4 hilos	máx. 4 VA
CC a 4 hilos; FMU 40/41	330 mW...830 mW
CC a 4 hilos; FMU 42/43	600 mW...1W

#### Consumo de corriente (instrumento a 2 hilos)

Comunicación	Consumo de corriente
HART	3,6...22 mA
PROFIBUS PA	máx. 13 mA
Fieldbus FOUNDATION	máx. 15 mA

## Características de funcionamiento

### Tiempo de reacción

El tiempo de reacción depende de la configuración de los diversos parámetros. Los valores mínimos son:

- Equipos a 2 hilos (FMU40/41/42): mín. 2 s
- Equipos a 2 hilos (FMU43 - PROFIBUS PA o Fieldbus FOUNDATION): mín. 2 s
- Equipos a 2 hilos (FMU44): mín. 3 s
- Equipos a 4 hilos (FMU40/41/42/43/44): 0,5 s

### Condiciones de trabajo de referencia

- Temperatura = +20°C
- Presión = 1.013 mbar abs.
- Humedad = 50 %
- Superficie idealmente reflejante (p. ej., superficie lisa y en calma)
- Haz de señal libre de ecos de señal de interferencia
- Ajuste de fábrica de los parámetros de aplicación:
  - Forma del depósito = techo plano
  - Propiedad del medio = líquido
  - Condiciones del proceso = superficie en calma

### Resolución en el valor medido

Sensor	Resolución en el valor medido
FMU40	1 mm
FMU41	1 mm
FMU42	2 mm
FMU43	2 mm
FMU44	2 mm

### Frecuencia de impulso

- Equipos a 2 hilos (FMU40/41/42): máx. 0,5 Hz
- Equipos a 2 hilos (FMU43 - PROFIBUS PA o Fieldbus FOUNDATION): máx. 0,5 Hz
- Equipos a 2 hilos (FMU44): máx. 0,3 Hz
- Equipos a 4 hilos (FMU40/41/42/43/44): máx. 2 Hz

Los valores exactos dependen del tipo de equipo y de los valores de configuración de los diversos parámetros.

### Error de medición

Especificaciones típicas en condiciones de trabajo de referencia (incluyen linealidad, repetibilidad e histéresis):

Sensor	Error de medición
FMU40	±2 mm o 0,2% de la distancia fijada para la medición (calibración de vacío) <sup>1</sup>
FMU41	± 2 mm o 0,2% de la distancia fijada para la medición (calibración de vacío) <sup>1</sup>
FMU42	± 4 mm o 0,2% de la distancia fijada para la medición (calibración de vacío) <sup>1</sup>
FMU43	± 4 mm o 0,2% de la distancia fijada para la medición (calibración de vacío) <sup>1</sup>
FMU44	± 4 mm o 0,2% de la distancia fijada para la medición (calibración de vacío) <sup>1</sup>

<sup>1</sup>el valor mayor

## Anexo 12. Configuración de bade datos phpmyadmin

Instalación de phpmyadmin

Para instalar phpmyadmin hay que ejecutar la siguiente instrucción:

```
sudo apt-get install phpmyadmin apache2-utils
```

Indicamos la opción por defecto a cada pregunta que nos hace y luego ingresamos la clave de mysql cuando nos lo pida. Posteriormente ingresamos una clave para phpmyadmin y la confirmamos (se recomienda que sea una clave distinta a la de mysql).



The image shows the phpMyAdmin web interface. At the top, there is a logo for phpMyAdmin and the text 'Bienvenido a phpMyAdmin'. Below this, there is a language selection dropdown menu labeled 'Idioma - Language' with 'Español - Spanish' selected. Underneath is a login section with a button labeled 'Iniciar sesión'. The login form has two input fields: 'Usuario:' with the text 'root' and 'Contraseña:'. A 'Continuar' button is located at the bottom right of the login form.

Configuramos el servidor apache:

```
sudo nano /etc/apache2/apache2.conf
```

Añadimos la siguiente instrucción al final del archivo

```
Include /etc/phpmyadmin/apache.conf
```

Reiniciamos el servidor:

```
sudo service apache2 restart
```

Configuración de seguridad para phpmyadmin

El siguiente paso consiste en ajustar la configuración de phpmyadmin, modificando el archivo apache.conf

**sudo nano /etc/phpmyadmin/apache.conf**

Le añadimos la instrucción AllowOverride All debajo de DirectoryIndex, para que quede de la siguiente forma:

**<Directory /usr/share/phpmyadmin>**

**Options FollowSymLinks**

**DirectoryIndex index.php**

**AllowOverride All**

**[...]**

Ahora creamos un archivo .htaccess

**sudo nano /usr/share/phpmyadmin/.htaccess**

Y le colocamos el siguiente código, el cual permite añadir una capa de seguridad solicitando usuario y contraseña de forma segura.

**AuthType Basic**

**AuthName "Restricted Files"**

**AuthUserFile /etc/apache2/phpmyadmin.htpasswd**

**Require valid-user**

El último paso es crear los usuarios que puedan acceder a phpmyadmin.

Para esto utilizamos la aplicación htpasswd:

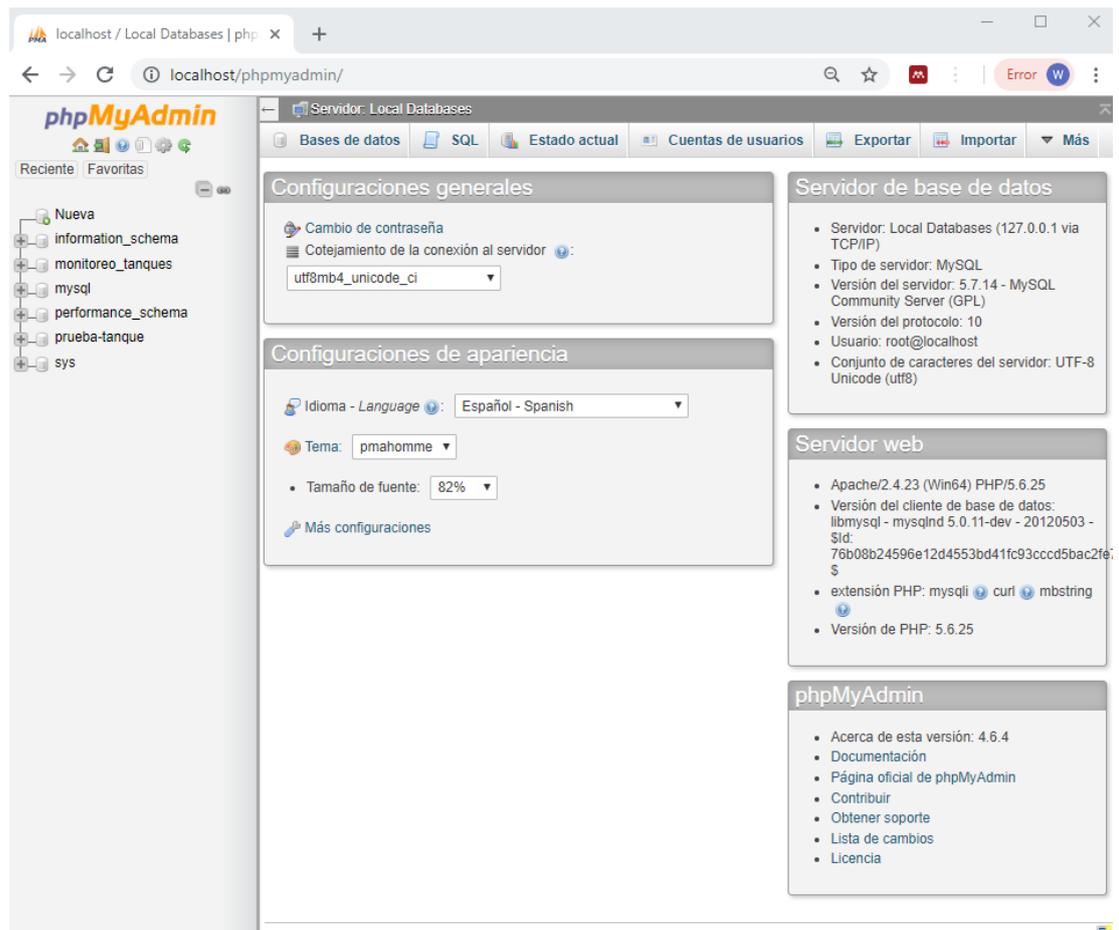
**sudo htpasswd -c /etc/apache2/ phpmyadmin.htpasswd username**

Donde en lugar de username debemos colocar el nombre del usuario que queremos crear. Al ejecutar la instrucción nos pedirá ingresar una contraseña para dicho usuario y confirmarla.

Para visualizar los cambios debemos reiniciar el servidor apache:

## sudo service apache2 restart

Finalmente hemos completado la configuración de phpmyadmin seguro. Al ingresar a nuestro dominio/phpmyadmin obtendremos una pantalla parecida a la siguiente:



Página principal de phpmyadmin

localhost / Local Databases / mo x +

localhost/phpmyadmin/index.php?db=monitoreo\_tanques&table= analisis\_de\_niveles...

phpMyAdmin

Reciente Favoritas

Base de datos: monitoreo\_tanques » Tabla: analisis\_de\_niveles

Examinar Estructura SQL Buscar Insertar Exportar

Mostrando filas 25 - 49 (total de 468, La consulta tardó 0.0936 segundos.) [id: 460... - 436...]

SELECT \* FROM `analisis\_de\_niveles` ORDER BY `id` DESC

Perfilando [ Editar en línea ] [ Editar ] [ Explicar SQL ] [ Crear ]

<< < 2 > >> |  Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: E

+ Opciones

	id	tanque	fecha	hora	medida	alarma
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	460	tq1	25/2/2019	17:0	492	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	459	tq1	25/2/2019	16:0	539	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	458	tq1	25/2/2019	15:0	567	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	457	tq1	25/2/2019	14:0	598	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	456	tq1	25/2/2019	13:0	645	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	455	tq1	25/2/2019	12:0	702	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	454	tq1	25/2/2019	11:0	783	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	453	tq1	25/2/2019	10:0	781	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	452	tq1	25/2/2019	9:0	754	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	451	tq1	25/2/2019	8:0	756	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	450	tq1	25/2/2019	7:0	719	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	449	tq1	25/2/2019	6:0	688	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	448	tq1	25/2/2019	5:0	730	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	447	tq1	25/2/2019	4:0	715	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	446	tq1	25/2/2019	3:0	705	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	445	tq1	25/2/2019	2:0	688	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	444	tq1	25/2/2019	1:0	673	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	443	tq1	24/2/2019	21:0	751	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	442	tq1	24/2/2019	20:0	773	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	441	tq1	24/2/2019	19:0	751	0
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	440	tq1	24/2/2019	18:0	743	0

mysql

Type to filter these, Enter to search X

- Nueva
- information\_schema
- monitoreo\_tanques
  - Nueva
  - analisis\_de\_niveles
- mysql
  - Type to filter these, Enter to search X
  - Nueva
  - columns\_priv
  - db
  - engine\_cost
  - event
  - func
  - general\_log
  - gtid\_executed
  - help\_category
  - help\_keyword
  - help\_relation
  - help\_topic
  - innodb\_index\_stats
  - innodb\_table\_stats
  - ndb\_binlog\_index
  - plugin
  - proc
  - procs\_priv
  - proxies\_priv
  - servers
  - server\_cost
  - slave\_master\_info
  - slave\_relay\_log\_info
  - slave\_worker\_info
  - slow\_log
  - tables\_priv
  - time\_zone
  - time\_zone\_leap\_second

Script final del monitoreo del nivel del tanque.