



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS DE GAS (GLP) PARA USO DOMÉSTICO

AUTOR: LUIS MAURICIO GUALLICHICO IZA

TUTOR: ING. FLAVIO DAVID MORALES ARÉVALO, MG.

QUITO- ECUADOR

AÑO: 2019

DECLARACIÓN

Yo, Luis Mauricio Guallichico Iza, declaro que el presente proyecto de titulación aquí descrito es de mi autoría, que no has sido presentado para ningún grado anterior y he tomado en cuenta los lineamientos dados en la fecha actual, dando información verídica, actualizada y debidamente comprobada, consultando referencias bibliográficas que se presentan en este documento. La Universidad Tecnológica Israel puede hacer uso de este trabajo según los reglamentos y normativas institucionales establecidas en vigencia.

Quito, 06 de Marzo de 2019



.....
Luis Mauricio Guallichico Iza

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

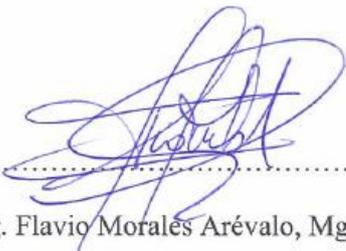
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS DE GAS (GLP) PARA USO DOMÉSTICO**”, presentado por el Sr. Luis Mauricio Guallichico Iza, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, 6 de Marzo de 2019

TUTOR



Ing. Flavio Morales Arévalo, Mg

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar mis pasos día con día y darme la fortaleza para seguir adelante superando cada obstáculo en el camino.

A mi madre que con su esfuerzo y dedicación me enseñó a luchar para alcanzar todas las metas, a mis hermanos quienes con su apoyo incondicional siempre han estado alentándome para poder seguir adelante.

A mí amada esposa que ha sabido comprenderme y apoyarme, que con su amor sincero ha estado dándome fuerzas para continuar, en cada una de mis victorias como en mis derrotas.

A mi amada hija quien es el pilar fundamental, la razón por la que cada día me esfuerzo por ser una mejor persona.

DEDICATORIA

Le dedico en primer lugar a Dios, por proveer todo lo necesario en el transcurso de esta etapa estudiantil, quien me ha ayudado a conseguir el cumplimiento de una meta más.

Este logro tan importante lo dedico a mi hija quien es mi motor de vida la motivación que me impulsa a mejorar día con día y sin duda el regalo más maravilloso que la vida me pudo dar, se lo dedico como emblema del esfuerzo y superación para así dar lo necesario y justo.

A mi esposa que a más de ser la mujer que amo con todo mi ser, es mi mejor amiga y compañera de batallas.

A mi madre quien siempre confió en mí, que con su ejemplo de lucha y perseverancia me ha enseñado a ser un hombre de bien.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
GLOSARIO.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	20
Antecedentes.....	20
Planteamiento del problema.....	20
Justificación.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos.....	21
Alcance.....	22
Descripción de los capítulos.....	23
CAPITULO 1.....	25
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	25
1.1. GLP.....	25
1.1.1 Definición.....	25
1.1.2 Propiedades del GLP.....	25
1.1.3 Niveles de exposición.....	26
1.2. Cilindro de gas GLP de 5 kg.....	27
1.2.1 Descripción técnica del cilindro.....	27
1.2.2 Características generales del cilindro:.....	28
1.3 Fugas de gas.....	29
1.3.1 Aspectos de prevención.....	29
1.3.2 Detector de fuga de gas.....	30

1.3.3 Detector fuga de gas ARIKON	30
1.4. Concepto de monitoreo.....	32
1.5. Concepto de detección.....	32
1.6. Concepto de control.....	32
1.7. Telefonía móvil	33
1.8. Tecnología GSM	34
1.8.1 Concepto	34
1.8.2 Características	34
1.8.3 Movilidad GSM.....	35
1.8.4 Seguridad	35
1.8.5 Especificaciones Técnicas.....	36
1.8.6 Bandas De Frecuencia GSM	37
1.9. Módulo GSM SIM 800.....	38
1.9.1 Características del módulo SIM 800	38
1.10. Sensor de fuga de gas	40
1.10.1. Tipos de sensores.....	40
1.10.2. Sensor MQ-6	41
1.11. Concepto de báscula	42
1.11.1. Tipos de básculas	42
1.12. Celda de carga (galga extensiométrica)	43
1.13. Acondicionador de señal TDT-SST01	44
1.14. Microcontrolador ATmega 324PA.....	45
1.15. Memoria EEPROM	46
1.16. Reloj de tiempo real (DS 1307)	46
1.17. Aplicaciones móviles Android.....	47
1.18. Actuador eléctrico (relé)	47
1.19. Elementos controlados por el sistema	47
1.19.1. Alarma auditiva	48
1.19.2. Alarma visual	48
1.19.3. Electroválvula para gas	49
1.19.4. Extractor.....	49
1.19.5. Cámara IP.....	50
1.19.6. Actuador para apertura de ventana	51

1.20. Software Proteus Professional versión 8.6	51
1.21. Software de programación “ATMEL STUDIO”	52
1.22. Lenguaje de programación “C”	53
1.23. Plataforma de diseño “APP INVENTOR”	53
CAPITULO 2	55
MARCO METODOLÓGICO	55
2.1 Métodos utilizados	55
2.1.1 Fundamentación teórica	56
2.1.2 Marco metodológico	56
2.1.3 Propuesta.....	56
2.1.4 Implementación	57
2.2 Fases del proyecto	57
2.2.1 Fase I. Definición de las especificaciones	57
2.2.2 Fase II. Adaptación entre hardware y software.....	57
2.2.3 Fase III. Implementación del hardware	57
2.2.6 Fase IV. Depuración del software	58
2.2.7 Fase V. Integración del hardware con el software	58
2.2.8 Fase VI. Construcción del modelo definitivo y pruebas finales	58
CAPITULO 3	59
PROPUESTA	59
3.1 Gráfico de funcionamiento del sistema	59
3.2 Módulos que conforman el funcionamiento del sistema	60
3.2.1 Unidad de control	60
3.2.2 Sensores	61
3.2.3 Dispositivos a controlar	61
3.3 Etapas que constituyen el funcionamiento del sistema	61
3.4 Comunicación entre el dispositivo móvil y la unidad de control.....	62
3.5 Descripción de las etapas del sistema.....	62
3.5.1 Monitoreo.....	62
3.5.2 Detección	63
3.5.3 Control	64
3.6 Diseño de los circuitos electrónicos que componen la unidad de control	65
3.6.1 Circuito de fuente de alimentación.....	65

3.6.2 Circuito para la conexión USB.....	67
3.6.3 Circuito para la conexión del módulo GSM	68
3.6.4 Circuito para la conexión del módulo LCD	69
3.6.5 Circuito de conexión para la memoria EEPROM	69
3.6.6 Circuito “RTC”	70
3.6.7 Circuito de activación de actuadores eléctricos	71
3.7 Programación del microcontrolador.....	71
3.7.1 Diagrama de Flujo de la programación	71
3.7.2 Librería campo de bit.....	73
3.7.3 Librería DS1307	74
3.7.4 Librería LCD.....	75
3.7.5 Librería USART0	75
3.7.6 Librería USART1	76
3.7.7 Librería I2C.....	77
3.8 Diseño de la placa de circuito impreso.....	77
3.8.1 PCB tridimensional	78
3.9 Ecuaciones para calibración de sensores	79
3.9.1 Ecuación para la calibración del sensor de peso	79
3.9.2 Ecuación de conversión a porcentaje.....	80
3.9.3 Ecuación para calibrar el sensor de gas	81
3.10 Diseño de la aplicación Android	83
3.10.1 Programación de la aplicación	85
3.10.2 Diseño estético de la aplicación	86
3.11 Diseño de la caja para el dispositivo electrónico	87
3.12 Análisis del costo	88
3.12.1 Proformas De Costos	88
3.12.2 Materiales electrónicos	90
3.12.3 Materiales mecánicos.....	92
3.12.4 Mano de obra.....	93
3.12.5 Costos totales.....	93
3.13. Análisis del tiempo	95
3.14. Ventajas del sistema	97
CAPITULO 4	98

IMPLEMENTACIÓN.....	98
4.1. Desarrollo.....	98
4.1.1 Construcción de la unidad de control	98
4.1.2 Construcción del medidor de contenido gas	102
4.1.3 Construcción del detector de fuga de gas	104
4.1.4 Instalación de la aplicación en el dispositivo móvil.....	107
4.2. Implementación.....	108
4.3 Pruebas de funcionamiento.....	109
4.3.1 Encendido de la unidad de control	109
4.3.2 Medición del contenido de gas en el cilindro.....	110
4.3.3 Detección de fuga de gas	110
4.3.4 Activación de alarmas y envío de notificaciones	110
4.3.5 Aplicación Android y módulo de actuadores.....	111
4.3.6 Lectura de los datos	111
4.4 Análisis de resultados	112
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS.....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1.1. Propiedades generales del GLP	26
Figura. 1.2. Verificación de válvulas, mangueras y cilindros	29
Figura. 1.3. Detector de fuga ARIKON	31
Figura. 1.4. Red de telefonía	33
Figura. 1.5. Tecnología GSM y Frecuencias	38
Figura. 1.6. Módulo GSM SIM 800.....	39
Figura. 1.7. Sensores MQ.....	40
Figura. 1.8. Celda de carga.....	43
Figura. 1.9. Acondicionador de señal TDT-SST 01	44
Figura. 1.10. ATmega324PA.....	45
Figura. 1.11. Alarma auditiva.....	48
Figura. 1.12. Alarma visual.....	49
Figura. 1.13. Electroválvula para gas.....	49
Figura. 1.14. Extractor	50
Figura. 1.15. Cámara IP	50
Figura. 1.16. Actuador de cadena	51
Figura. 1.17. Programa Proteus Professional versión 8.6	52
Figura. 1.18. Plataforma “ATMEL ESTUDIO”	52
Figura. 1.19. Plataforma “APP INVENTOR”	54
Figura. 3.1. Diagrama de bloques del funcionamiento	60
Figura. 3.2. Circuito de la fuente de alimentación.....	66
Figura. 3.3. Circuito de conexión USB	68
Figura. 3.4. Circuito para conexión del modem GSM.....	68
Figura. 3.5. Circuito de conexión del módulo LCD	69
Figura. 3.6. Circuito de conexión para la memoria EEPROM.....	70
Figura. 3.7. Circuito del reloj de tiempo real	70
Figura. 3.8. Circuito de activación de actuadores eléctricos	71
Figura. 3.9. Flujograma de la programación del microcontrolador	73
Figura. 3.10. Librería campo de bit	74
Figura. 3.11. Librería módulo DS1307	74
Figura. 3.12. Librería LCD.....	75

Figura. 3.13. Librería USART0.....	76
Figura. 3.14. Librería USART1.....	76
Figura. 3.15. Librería I2C.....	77
Figura. 3.16. Diseño en Ares de la PCB	78
Figura. 3.17. Vista frontal de la PCB en 3D.....	78
Figura. 3.18. Vista posterior de la PCB en 3D	79
Figura. 3.19. Pendiente de la ecuación de calibración de peso.	80
Figura. 3.20. Pendiente de la ecuación para la conversión a valor de porcentaje.	81
Figura. 3.21. Pendiente de la ecuación para calibración del sensor de gas.....	82
Figura. 3.22. Diagrama de bloque de la aplicación	83
Figura. 3.23. Diagrama de flujo de la programación de la aplicación.....	85
Figura. 3.24. Estructura de bloques de la aplicación	86
Figura. 3.25. Diseño estético de la aplicación	87
Figura. 3.26. Diseño en 3D de la caja que contiene la unidad de control.....	87
Figura. 3.27. Vista superior e inferior de la caja	88
Figura. 3.28. Cronograma en Project.....	96
Figura. 4.1. PCB de la unidad de control	99
Figura. 4.2. Placa electrónica de la unidad de control	100
Figura. 4.3. Módulo de actuadores eléctricos.....	100
Figura. 4.4. Conexiones de la unidad de control	101
Figura. 4.5. Medidor de contenido de gas	102
Figura. 4.6. Conexiones del módulo acondicionador	103
Figura. 4.7. Conexiones del sensor de gas	105
Figura. 4.8. Archivo APK de la aplicación	107
Figura. 4.9. Maqueta demostrativa del sistema.	109

LISTA DE TABLAS

Tabla. 1.1. Niveles de exposición perjudiciales para la salud	27
Tabla. 1.2. Tipos de sensores.....	41
Tabla. 1.3. Características del microcontrolador ATmega 324PA	46
Tabla. 3.1. Consumo de corriente de elementos electrónicos	67
Tabla. 3.2. Comparación de proveedores.....	89
Tabla. 3.3. Capacitores.....	90
Tabla. 3.4. Resistencias	90
Tabla. 3.5. Circuitos integrados.....	91
Tabla. 3.6. Diodos, especificaciones.....	91
Tabla. 3.7. Varios, especificaciones.....	92
Tabla. 3.8. Materiales.....	93
Tabla. 3.9. Costo mano de obra	93
Tabla. 3.10. Presupuesto del proyecto	94
Tabla. 4.1. Datos de calibración del medidor de contenido de gas	104
Tabla. 4.2. Datos de calibración del detector de gas.....	106
Tabla. 4.3. Análisis de resultados	113

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 3. 1. Calibración del sensor de peso	80
Ecuación 3. 2. Conversión de peso a valor de porcentaje	81
Ecuación 3. 3. Calibración del sensor de gas	82

GLOSARIO

A-GPS:	Sistema de Posición Global Asistido.
ANSI-C:	American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares para lenguaje C).
ASCII:	American Standard Code for Information Interchange (Código Americano Normalizado para el Intercambio de Información).
AVR:	Familia de Microcontroladores.
CMOS:	Semiconductor Complementario de Óxido Metálico.
FDMA:	División de Frecuencia de Acceso Múltiple.
GPRS:	Servicio General de Paquetes vía radio.
IMSI:	International Mobile Subscriber Identity (Identidad Internacional del Abonado Móvil) IP: Protocolo de Internet.
ITU:	Committed to connecting the world (Unión Internacional de Telecomunicaciones).
LCD:	Liquid Cristal Display (Pantalla de Cristal líquido).
LCP:	Coefficiente de Predicción Lineal.
MHz:	Megahercio.
MSISDN:	Mobile Station Integrated Services Digital Network (Estación Móvil de la Red.Digital de Servicios Integrados).
MSK:	Minimum-shift keying (Modulación por Desplazamiento Mínimo).
ONU:	Organización de las Naciones Unidas.
PCB:	Bifenilos policlorados.
PEL:	Límite de Exposición Permitido.
PPM:	Partículas por millón.
REL:	Límite de Exposición Recomendada.
RISC:	Reduced instruction set computing (Arquitectura del Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas).
RTS:	Relojes en tiempo real.
SMA:	SubMiniature version A.
SMD:	Surface-Mount Technology (Tecnología de Montaje Superficial).
STEL:	Límite de Exposición de Corta Duración.
TCP:	Protocolo de Control de Transmisión.
TDMA:	Time Division Multiple Access (Acceso múltiple por división de tiempo).

- TLV:** Valor Límite Umbral.
- TWA:** Media Ponderada en el tiempo.
- UART:** Transmisor-Receptor Asíncrono Universal.
- UMTS:** Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
- USART:** Transmisor-Receptor Asíncrono Universal.
- WCDMA:** 'Wideband Code Division Multiple Access' (en español Acceso múltiple por división de código de banda ancha).

RESUMEN

El actual proyecto presenta el desarrollo de un sistema de monitoreo, detección y control de fuga de gas (GLP) para uso doméstico, el que reconocerá como valor crítico concentraciones de gas en el ambiente superiores a 4000 ppm. El sistema está equipado con un sensor de gas catalítico modelo MQ-6, cuya función es tomar lecturas constantes de concentración de gas para de esta forma realizar un monitoreo continuo en el ambiente; un medidor de contenido con capacidad para un cilindro de gas de 5 kilogramos, censará constantemente el peso de dicho cilindro para dar a conocer al usuario el porcentaje de gas disponible, poseerá una unidad de control equipada con una placa electrónica la cual gobernará todos los elementos que conforman el sistema. El cerebro de la placa electrónica es un microcontrolador ATmega 324PA, el cual contiene la programación de las tres funciones principales del sistema, la primera que consiste en enviar notificaciones a través de mensajes de texto y llamadas al número telefónico registrado, cuando la lectura del sensor de gas supere el valor fijado como crítico y cuando la lectura de porcentaje del cilindro sea inferior al 20%, la segunda función consiste en activar los dispositivos conectados al módulo de actuadores para controlar la fuga de gas, por último está la función de almacenar la fecha, hora y los datos de lectura de las alarmas activadas dentro de una memoria EEPROM con la finalidad de determinar cuando existe la necesidad de efectuar una revisión del entorno en el que se encuentra el sistema y tener una referencia del tiempo en que se ha consumido el gas para poder recargarlo.

El sistema también cuenta con una aplicación Android para controlar el módulo de actuadores compuesto de 6 relés que se encuentra dentro de la unidad de control. En la interfaz de la aplicación existen 8 teclas táctiles, de las cuales 6 están dedicadas para activar y desactivar los dispositivos conectados al módulo, las mismas que cambian de color al momento de activar algún dispositivo; una tecla que permite actualizar los datos de la concentración y contenido de gas en porcentaje, el estado de los relés y una tecla para configurar el número telefónico que va a interactuar con el sistema.

La comunicación entre el Smartphone y la unidad de control, se realiza a través de un módulo SIM 800 que utiliza tecnología GSM.

Para realizar el monitoreo aun durante los cortes de energía el dispositivo cuenta con una batería recargable de 12 voltios - 5 Ah, que permite que la unidad de control se mantenga operativa para contribuir a evitar accidentes ocasionados por fugas de gas.

Palabras claves: Sensor, Control, Fugas, Dispositivos, Android, Microcontrolador, Actuadores.

ABSTRACT

The current project presents the development of a monitoring, detection and control system for gas leakage (LPG) for domestic use, which will recognize as a critical value gas concentrations in the environment above 4000 ppm. The system is equipped with a catalytic gas sensor model MQ-6, whose function is to take constant gas concentration readings in order to perform continuous monitoring in the environment; a content meter with capacity for a gas cylinder of 5 kilograms, will constantly record the weight of said cylinder to let the user know the percentage of available gas, will possess a control unit equipped with an electronic plate which will govern all the elements that make up the system.

The brain of the electronic board is an ATmega 324PA microcontroller, which contains the programming of the three main functions of the system, the first consisting of sending notifications through text messages and calls to the registered telephone number when reading the sensors of gas exceeds the value set as critical and when the percentage reading of the cylinder is less than 20%, the second function is to activate the devices connected to the actuator module to control the gas leak, finally there is the function of storing the gas date, time and reading data of the alarms activated within an EEPROM memory in order to determine when there is a need to review the environment in which the system is located and to have a reference of the time in which it has been consumed the gas to be able to recharge it.

The system also has an Android application to control the actuator module composed of 6 relays that is inside the control unit. In the interface of the application there are 8 touch keys, of which 6 are dedicated to activate and deactivate the devices connected to the module, the same ones that change color when activating a device; a key that allows updating the concentration and gas content data in percent, the status of the relays and a key to configure the telephone number that will interact with the system.

The communication between the Smartphone and the control unit is done through a SIM 800 module that uses GSM technology.

To perform monitoring even during power outages the device has a rechargeable battery of 12 volts - 5 Ah, which allows the control unit to remain operational to help prevent accidents caused by gas leaks.

Keywords: Sensor, Control, Leakage, Devices, Android, Microcontroller, Actuators.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El Gas GLP en la actualidad es utilizado para diferentes propósitos, como el calentamiento de agua en procesos industriales, como combustible para generación eléctrica, entre otros. En las viviendas y restaurantes se lo utiliza como fuente de calor para realizar la cocción de los alimentos.

Para la medición de concentración de gas existen diferentes sensores, el de mayor acceso al público de acuerdo a proveedores y fuentes Web (330ohms), es el sensor catalítico o también llamado pellistor (en inglés: pellet y resistor); este sensor emite una diferencia de potencial que varía dependiendo de la cantidad del gas. Para determinar la concentración de un gas en el aire se recurre al término de partes por millón (ppm), que básicamente consiste en determinar cuántas unidades de algo hay por cada un millón de otras unidades. Este tipo de medición es relativa por lo que se puede adaptar a la unidad que se desee, (330ohms, 2016)

El no tener un control del consumo y detección de fugas ha ocasionado que se produzcan accidentes dentro de las viviendas llegando a ocasionar pérdidas materiales y en otros casos pérdidas humanas, (El Comercio, 2017).

Planteamiento del problema

En la actualidad son más frecuentes las publicaciones en los medios de comunicación sobre accidentes en viviendas ocasionados por fugas de gas tales como: incendios, daños materiales y hasta muertes por asfixia.

Tomando como referencia un acontecimiento anterior publicado en periódicos y transmitido por prensa, en donde fue dado a conocer que una persona de avanzada edad se

encontraba descansando dentro de su vivienda mientras se presentó una fuga de gas a la que se añadió un corto circuito, que produjo un incendio y al no existir otra persona que se percató de la fuga, no se pudo tomar medidas a tiempo y el hecho concluyó con el lamentable fallecimiento de la persona. (Beltran, 2017)

Este tipo de casos es cada vez más frecuente según información emitida por Cuerpo de Bomberos a medios de comunicación, esto es debido a que se desconoce de la existencia de dispositivos electrónicos y que la mayoría de las viviendas no cuentan con estos dispositivos que ayuden a prevenir este tipo de accidentes, (García, 2017)

Otra problemática es el desabastecimiento del gas que ocurre a diario en momentos menos esperados en hogares y negocios en los cuales el consumo es variante, al no contar con información exacta del contenido de los cilindros de gas en ocasiones se afectan las actividades cotidianas que dependen de este recurso.

Justificación

Mediante la implementación del sistema se conocerá con mayor precisión el contenido del cilindro de gas durante el proceso de descarga efectuado por el consumo.

Con la información almacenada por el sistema se podrá determinar con qué frecuencia se debe realizar inspecciones del entorno monitoreado y contabilizar el número de veces que se ha recargado el cilindro de gas para ayudar a presupuestar gastos.

Objetivo General

Desarrollar un sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas (GLP) para uso doméstico.

Objetivos Específicos

Diseñar un dispositivo electrónico capaz de medir y mostrar mediante una pantalla LCD, datos como fecha, hora, porcentaje de contenido de gas GLP, que además detecte fugas y almacene información. Utilizando un microcontrolador y sensores.

Incorporar un módulo GSM para que el dispositivo electrónico envíe notificaciones mediante mensajes de texto y llamadas en caso de presentarse una fuga o tener porcentaje bajo de reserva de contenido de gas.

Desarrollar una aplicación Android para Smartphone que efectúe el monitoreo y control del módulo de actuadores de forma inalámbrica haciendo uso de la tecnología GSM.

Implementar en el sistema un módulo de 6 actuadores (relés), en el cual se tenga la opción de conectar una alarma auditiva, alarma visual, una cámara, una electroválvula, un actuador para apertura de una ventana y un extractor.

Evaluar mediante pruebas, la funcionalidad del sistema.

Alcance

El sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas GLP estará compuesto de las siguientes partes: una unidad de control, un detector de fuga de gas, un medidor de contenido de gas, un módulo de actuadores y una aplicación Android con comunicación GSM.

La unidad de control contará con una pantalla LCD la cual mostrará información de la fecha, hora y los datos proporcionados por los sensores; esta poseerá un puerto USB por medio del cual se realizará la extracción de los registros de alarmas activadas almacenados en la memoria interna.

El detector será capaz de medir una concentración de gas en un rango de 200 a 5000 ppm, que en caso de sobrepasar el valor de 4000 ppm activará una alarma.

Como prototipo se elabora el medidor de contenido para trabajar con un cilindro de gas de 5 kg, cuyo peso total es de 13 kg y la información emitida por este medidor será mostrada en porcentaje.

El módulo de actuadores estará compuesto de 6 relés en los cuales se podrá conectar: una alarma auditiva, una alarma visual, una electroválvula, un extractor, una cámara y un actuador para apertura de una ventana; con la finalidad de controlar la fuga de gas.

La aplicación Android tendrá un interfaz amigable para el usuario, dedicada principalmente al monitoreo y control del módulo de actuadores, además permitirá visualizar la lectura de los sensores en dato de porcentaje.

El sistema contará con una comunicación inalámbrica utilizando la tecnología GSM, que servirá para envío de notificaciones dado el caso en que sea activada alguna de las alarmas por medio de envío de mensajes y llamadas sin datos de voz para enfatizar la notificación.

Descripción de los capítulos

En el capítulo 1 se presentan los conceptos, fundamentos teóricos, menciones técnicas, especificaciones y características de los componentes que serán utilizados para realizar el diseño y construcción del sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas (GLP), así mismo las fichas técnicas de ciertos elementos implementados para lograr el funcionamiento de los diferentes circuitos electrónicos que forman parte del prototipo; también se muestra información sobre el software que sirve para desarrollar el diseño y simulación de estos. De la misma manera se conocerá acerca de la plataforma de diseño a ser utilizada para el desarrollo de la aplicación Android que interactuará con el sistema.

En el capítulo II se presenta el marco metodológico, aquí se da a conocer los diferentes métodos de investigación, aplicación e implementación a ser utilizados para el desarrollo del diseño y construcción del sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas (GLP).

En el capítulo III se desarrolla el proceso de diseño del hardware y software del sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas (GLP).

El capítulo IV describe la implementación del sistema, donde se realiza el ensamblaje físico de los diseños electrónico, eléctrico y mecánico para la fabricación de la unidad de

control, detector de fuga y el medidor de contenido de gas al igual que el proceso de desarrollo de la aplicación Android.

CAPITULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. GLP

1.1.1 Definición

“El Gas licuado de petróleo (GLP) es la mezcla de hidrocarburos gaseosos en estado natural, en cuya composición predominan los hidrocarburos propano y butano, que se almacenan y distribuyen en estado líquido, en recipientes herméticos a presión”. (Alcocer, 2014).

Además, el GLP posee las características de incoloro e inodoro; en condiciones normales de temperatura el GLP es un gas. Cuando se somete a presiones moderadas o se enfría se convierte en líquido, en este estado se transporta y almacena con facilidad en contenedores de acero o aluminio. (WLPGA, 2016)

1.1.2 Propiedades del GLP

Los requisitos de calidad para el gas licuado de petróleo deben cumplir con Normas técnicas del Ecuador vigentes como: “NTE INEN 2 260:2010“. Las principales propiedades del GLP servirán de base para comprender la operación y cuidados que se deben tener al momento de manipularlo, (INEN, 2010).

En la Figura 1.1 se detalla las propiedades físicas y químicas del GLP,

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Aspecto: Gas licuado	pH: NP
Color: Incoloro	Olor: Característico, reforzado por derivados sulfurados.
Punto de ebullición: (-42.1 °C) - (3.7 °C)	Punto de fusión/congelación: NP
Punto de inflamación/Inflamabilidad: (-107.5 °C) - (-101.6 °C)	Autoinflamabilidad: >400 °C
Propiedades explosivas: Lim. inferior explosivo: 1.87 - 2.02% Lim. superior explosivo: 9.38 - 10.05%	Propiedades comburentes: NP
Presión de vapor: 10 - 14 Kg/cm ² a 37.8 °C	Densidad: 0.535 g/cm ³ mín. a 15 °C (ASTM D1657)
Tensión superficial: 16 dinas/cm a -47 °C	Viscosidad:
Densidad de vapor: 1.5 (aire: 1) a 0 °C	Coef. reparto (n-octanol/agua): log Kow: 2.36
Hidrosolubilidad: 0.0047% vol/vol	Solubilidad: (a 100°C) 10,5 - 11,5 cSt (ASTM D-445)
Otros datos: Azufre total: 150 ppm máx. Poder calorífico Neto: -10830 Kcal/Kg Olefinas totales: 58% (ASTM D2163) Residuo volátil (Tª evaporación 95% vol.): 2.2 °C máx.	

Figura. 1.1. Propiedades generales del GLP

Fuente: (Repsol, 2016)

1.1.3 Niveles de exposición

Los seres humanos no deben exponerse a ciertos niveles del GLP debido a que puede ser perjudicial para la salud, por lo cual se debe evitar el contacto directo con el producto licuado y la inhalación del gas.

En la Tabla. 1.1, se muestra la medición en ppm que establece el grado de concentración del propano y butano perjudicial para la salud de los seres humanos, según los últimos datos actualizados del “Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente” en diferentes estados, que dan referencia al Ecuador (Repsol, 2016).

Tabla. 1.1. Niveles de exposición perjudiciales para la salud

Propano		
País	TLV/TWA	STEL
INSHT (España)	1000 ppm	
GKV_MAK (Austria)	1000 ppm (1800 mg/m ³)	2000 ppm (3600 mg/m ³)
Valeurs Limites.(Bélgica)	1000 ppm (1800 mg/m ³)	2000 ppm (3600 mg/m ³)
TRGS900 AGW (Alemania)	1000 ppm (1800 mg/m ³)	4000 ppm (7200 mg/m ³)
OSHA (USA)	1000 ppm (1800 mg/m ³).	
Butano		
País	TLV/TWA	STEL
INSHT (España)	1000 ppm	
ACGIH (USA)	1000 ppm	
GKV_MAK (Austria)	800 ppm (1600 mg/m ³)	1600 ppm (3800 mg/m ³)
Valeurs Limites.(Bélgica)	800 ppm (1928 mg/m ³)	

Fuente: (Repsol, 2016)

1.2. Cilindro de gas GLP de 5 kg

La presentación de este cilindro en una solución efectiva a varias necesidades como el uso en calefones para el calentamiento de agua y otras actividades domésticas. El producto final distribuido al público es de alta calidad que pasa por un proceso de selección cumpliendo con los más altos estándares de seguridad, puede ser utilizado con total confianza para el funcionamiento de diversos artefactos como cocinas, hornos, estufas, calefactores y otros. (Industria, 2013)

1.2.1 Descripción técnica del cilindro

El cilindro está conformado por diversas piezas que permiten que sea un elemento de gran seguridad para el consumidor, las cuales están determinadas por los distintos proveedores a nivel nacional e internacional, estas son: (Lipigas, 2017)

Regulador.

Dispositivo que permite reducir o mantener la presión del gas a niveles requeridos por los artefactos que lo utilizan como fuente de energía (cocina, estufa, entre otras).

Goma.

Es un sello de seguridad, colocado con el propósito de evitar fugas de gas, el cual debe ser retirado sólo al momento de la instalación.

Válvula del cilindro.

Permite introducir y extraer el gas. Tiene incorporado en su interior una válvula de seguridad.

Válvula de seguridad.

Es el dispositivo de protección que libera el gas cuando aumenta la presión interna.

Asas.

Abertura que permite tomar y transportar el cilindro.

1.2.2 Características generales del cilindro:

- Peso Tara: 8 Kg.
- Material: Cilindros metálicos de acero
- Pintura: Prueba de adherencia.
- Peso del gas de llenado: 5 Kg
- Capacidad de agua: 12 Litros.
- Altura Total: 430 mm
- Diámetro interior del cuerpo: 249 mm

- Altura del cuerpo: 303mm
- Espesor de pared Nominal: 2,3 mm
- Min. Espesor de la pared: 2,0 mm
- Diámetro exterior de la base: 200 mm

1.3 Fugas de gas

La mayoría de los accidentes ocasionados por fugas de gas se producen en su lugar de confinamiento (depósitos, tuberías, reactores, válvulas, bombas, entre otras.), por lo que hay que prestar una especial atención a este fenómeno, (Rubio, 2014).

1.3.1 Aspectos de prevención

Conocer el producto. El GLP consiste en una mezcla de varios gases en forma líquida que se almacenan en tanques de diversos tamaños.

Verificar válvulas, mangueras y cilindros. Es importante revisar la calidad de los insumos que se pueden observar en la Figura. 1.2, las válvulas, mangueras y cilindros tienen un tiempo de vida útil por lo que se recomienda reemplazarlos cada cierto tiempo.



Figura. 1.2. Verificación de válvulas, mangueras y cilindros

Fuente: (Comercio, 2015)

Verificar la seguridad de las conexiones.- Es necesario cerciórese de que en el interior de la válvula del cilindro de gas esté un anillo plástico, este sirve de protección antes de conectarlo a la manguera.

Precaución durante la instalación.- Si se detecta gas, el Cuerpo de Bomberos de Quito recomienda “no encender fósforos ni la luz debido a que al combinarse el GLP con el aire vuelven el ambiente peligroso y el fuego de un fósforo o una vela, pueden generar que el aire se caliente y se expanda llegando incluso a producir una explosión”. (Taco, 2015).

1.3.2 Detector de fuga de gas

Este tipo de dispositivos están diseñados con el propósito de detectar la presencia o emanación de gases tóxicos y explosivos, tales como butano, propano, metano, gas natural y otros gases de combustión. También detectan la presencia de humos procedentes de un incendio a través de los gases que desprende la propia combustión. (DomoDesk, 2014)

1.3.3 Detector fuga de gas ARIKON

El dispositivo que se muestra en la Figura. 1.3, es un dispositivo detector inteligente de gas GLP con indicador de voz, control por un microcontrolador, pantalla para visualización de concentración de gas en valor ppm y una sirena que se activa cuando es detectada la fuga. (ARIKON, 2017).



Figura. 1.3. Detector de fuga ARIKON

Fuente: El autor

La información de las especificaciones técnicas y características que se detallan a continuación es extraída del manual del fabricante.

Especificaciones técnicas del detector ARIKON.

Alimentación: 120V 50-60Hz

Batería recargable: 9V

Temperatura de trabajo: 0-50 °C

Humedad ambiental: 10%-95%

Rango de detección: (1000 – 9999) ppm

Valor de activación de la alarma: 4000ppm (\pm 1000ppm)

Características del detector ARIKON.

- Emite un mensaje de voz (fuga de gas detectada), en cuanto la concentración de gas supera los 4000 ppm

- Está diseñado para trabajar eficientemente dentro de un área de 3 metros cuadrados
- Puede ser instalado a un metro de distancia del techo o un metro de distancia del piso del entorno a ser monitoreado.
- Permite la visualización de la concentración de gas a partir de los 1000 ppm

1.4. Concepto de monitoreo

Su origen proviene del término monitor, que es un aparato que toma imágenes de instalaciones o sensores con el fin de visualizar algo en una pantalla. El monitoreo ayuda a controlar o supervisar una situación, (Gardey, 2016)

Monitoreo es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para dar seguimiento al progreso de un programa, (ONU, 2011)

1.5. Concepto de detección

Puede definirse como la acción de detectar concentraciones de gas que puedan generar una situación peligrosa para las personas, instalaciones y medioambiente, (Rojas M. , 2013).

1.6. Concepto de control

Se define como la comprobación, inspección, fiscalización o intervención mediante la selección de las entradas de un sistema, de tal forma que los estados de las salidas cambien de acuerdo con lo planificado. También se hace referencia al dominio, mando y preponderancia, o a la regulación sobre un sistema, (Alicante, 2015).

1.7. Telefonía móvil

Consiste en un sistema de radiocomunicación móvil que permite el intercambio de información entre estaciones fijas o móviles utilizando como medio de transmisión el espectro radioeléctrico. Permiten conectar centros de control públicos o privados y redes telefónicas con personas o vehículos equipados con sistemas de radio. (Hernandes, 2015)

1.7.1 Red de telefonía móvil analógica (TMA)

El sistema TMA, está conformado por una red o servicio de comunicaciones móviles con una infraestructura común para prestar servicio a flotas, usuarios individuales o a todo el que lo requiera. Las bandas de frecuencias empleadas son varias: 450 (en desuso), 900, 1800, 1900 y 2000MHz. Este servicio puede ser considerado como una extensión del servicio básico telefónico. (Hernandes, 2015)

1.7.2 Red de telefonía móvil digital

En esta red, la comunicación se realiza mediante señales digitales como se muestra en la Figura. 1.4, lo que permite optimizar tanto el aprovechamiento de las bandas de radiofrecuencia como la calidad de transmisión. Su exponente más significado es el estándar GSM. Funciona en las bandas de 900 y 1800/1900 MHz



Figura. 1.4. Red de telefonía

Fuente: (Sites, 2015)

La estación base toma los datos que son emitidos desde el teléfono móvil y los procesa para establecer la comunicación con el teléfono al que se desea llamar. Esta información es introducida en la red telefónica conmutada o red convencional de telefonía, que procede a la conexión con las centrales asociadas al teléfono que recibe la llamada. (Commons, 2015)

1.8. Tecnología GSM

1.8.1 Concepto

El Sistema Global para las comunicaciones Móviles “Global System for Mobile communications”, es un sistema estándar digital inalámbrico abierto (sin propietario) de comunicaciones de segunda generación (2G) para telefonía celular, que presta servicios de voz de alta calidad y servicios de datos conmutados por circuitos en una amplia gama de bandas o rangos de frecuencia espectral, (Porras, 2016).

Esta tecnología tan conocida nació bajo principios de:

- Buena calidad de voz (gracias la señal digital).
- Habilitar el servicio de Itinerancia o roaming
- Deseo de implantación internacional.
- Terminales “teléfonos celulares” realmente portátiles a un precio accesible.
- Compatibilidad con la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
- Restauración de un mercado competitivo con multitud de operadores y fabricantes.

1.8.2 Características

La tecnología GSM es usada por más de 4 billones de usuarios en varios países alrededor del mundo, lo que representa el 85% del mercado mundial de telefonía móvil, en aproximadamente 234 países. Es considerada como una tecnología de segunda generación

por su velocidad de transmisión de 9.6 kbit/s y otras características importantes, (Porrás, 2017).

- Trabaja en una amplia gama de bandas de espectro con frecuencias de 850, 900, 1800 y 1900 MHz,
- Permite el servicio de mensajería texto (SMS).
- Utiliza una técnica llamada “frequency hopping o salto de frecuencias” que minimiza la interferencia de las fuentes externas y hace que las escuchas no autorizadas sean imposibles.
- Capacidad de servicio internacional roaming.

1.8.3 Movilidad GSM

Una de las características principales en todas las redes GSM es la capacidad que tiene un usuario para realizar o recibir llamadas telefónicas, enviar y recibir información o acceder a otros servicios mientras viaja fuera de área geográfica cubierta por el operador local, usando las redes de otros operadores.

1.8.4 Seguridad

La seguridad en GSM consta de los siguientes aspectos:

- Autenticación de la identidad del abonado
- Confidencialidad de la identidad del abonado
- Confidencialidad de los datos de señalización
- Confidencialidad de los datos del usuario

Los mecanismos de seguridad de GSM se implementan en tres elementos diferentes del sistema, los cuales siempre deben estar para que funcionen los mecanismos de autenticación y de confidencialidad requeridos:

- El módulo de identidad del abonado (SIM)
- El aparato portátil GSM o estación móvil (MS)
- La red GSM

Una tarjeta SIM contiene la siguiente información:

- El número telefónico del abonado (MSISDN).
- El número internacional de abonado (IMSI,).
- El estado de la tarjeta SIM.
- El código de servicio (operador).
- La clave de autenticación.
- El PIN (Código de identificación personal).
- El PUK (Código personal de desbloqueo).

La estación móvil contiene el algoritmo de cifrado, para asegurar la privacidad de conversaciones telefónicas y la prevención de fraude en la comunicación.

1.8.5 Especificaciones Técnicas

Entre las especificaciones técnicas más importante de GSM están:

Método de modulación

GSM utiliza el método de modulación GMSK, es una técnica de filtrado de modulación Gausiana usada en las comunicaciones de radio basada en la modulación MSK, su gran ventaja es la capacidad de llevar modulación digital mientras se sigue usando eficientemente el espectro electromagnético. El método GMSK consiste en un proceso de cambio que modifica la información entrante en un formato adecuado para su transmisión y demodulación, una vez que ha llegado a su destino, (Codena, 2017)

Métodos de acceso

Utiliza el método combinado de TDMA / FDMA, dado que el espectro radioeléctrico es un recurso escaso y compartido por todos los usuarios.

Distancia a doble cara (dúplex)

Esta distancia es de 80 MHz de separación entre el enlace ascendente y descendente de frecuencias. (Guerra, 2016)

Velocidad de transmisión.

GSM también conocida como la tecnología de segunda generación (2G), se desarrolló originalmente para transmisión de voz, pero también es capaz de transmitir datos con una carga máxima de 9,6 kbit/s en el enlace descendente y en el enlace ascendente. Con la solución técnica provisional HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) se consiguió aumentar la velocidad de transmisión máxima hasta 43,2 kbit/s en el enlace descendente y hasta 14,4 kbit/s en el enlace ascendente. (ROHDE & SCHWARZ, 2019)

Separación entre canales.

En GSM la separación entre frecuencias portadoras adyacentes es de 200 kHz, (Nokia, 2000)

1.8.6 Bandas De Frecuencia GSM

Son las bandas sobre las cuales el sistema GSM funciona en cada región del planeta como se muestra en la Figura. 1.5, estos rangos fueron diseñados por la ITU (Unión internacional de telecomunicaciones) que es el organismo especializado con sede en Ginebra-Suisa, encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional, entre las distintas operadoras telefónicas de todo el mundo para el funcionamiento del estándar GSM en teléfonos móviles. (ITU, 2018)

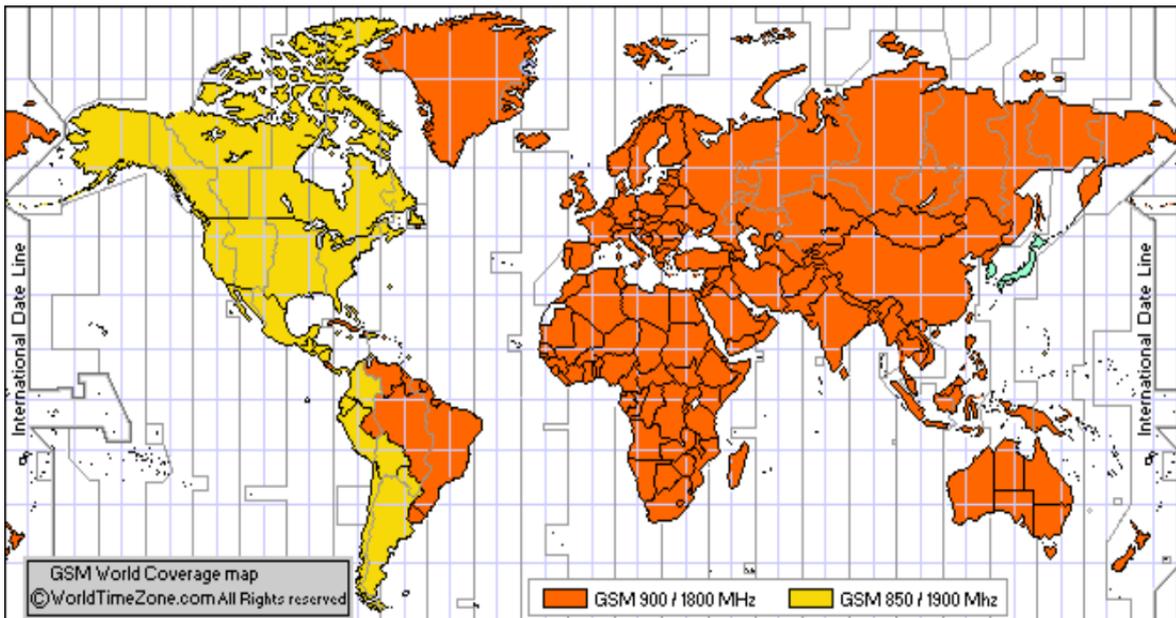


Figura. 1.5. Tecnología GSM y Frecuencias

Fuente: (WorldTimeZone, 2018)

1.9. Módulo GSM SIM 800

Es un módulo de telefonía celular que permite efectuar el envío de mensajes de texto (SMS), para controlarlo se requiere de un microcontrolador con un voltaje de trabajo de 3-5 voltios de corriente continua con un transmisor-receptor asíncrono universal (UART) para enviar y recibir comandos a través de los pines (RX-TX). (Eneka, 2014).

1.9.1 Características del módulo SIM 800

El módulo presenta varias características electrónicas, por lo cual es utilizado muy frecuentemente en proyectos. Entre estas características se detallan las siguientes, (AV-Electronics, 2018)

- Voltaje de operación: 3.4V – 4.4V DC
- Nivel Lógico de 3V a 5V
- Consumo de corriente (Max): 500mA

- Consumo de corriente (modo de reposo): 0.7mA
- Interfaz: serial UART
- Quad-band 850/900/1800/1900MHz - se conecta a cualquier red mundial GSM con cualquier SIM 2G
- Trabaja solo con tecnología 2G
- Permite hacer o recibir llamadas
- Enviar y recibir mensajes SMS
- Escanear y recibir emisiones de radio FM
- Controlado por comandos AT
- Interfaz de comandos AT con detección “automática” de velocidad de transmisión
- Soporta A-GPS
- Datos GPRS:
 - Velocidad máxima de transmisión 85.6 Kbps
 - Protocolo TCP/IP en chip
 - Codificación: CS-1, CS-2, CS-3, Y CS-4
 - Soporta USSD
- Soporta reloj en tiempo real (RTC)
- Velocidad de transmisión serial desde 1200bps hasta 115200bps
- Tamaño de la SIM: Micro SIM

En la Figura. 1.6 se muestra el módulo GSM SIM 800 utilizado en el proyecto.



Figura. 1.6. Módulo GSM SIM 800

Fuente: (SimCom, 2013)

1.10. Sensor de fuga de gas

Los sensores de gases MQ son una familia de dispositivos diseñados para detectar la presencia de distintos componentes químicos en el aire. Es posible conectarlos a dispositivos de control como los microcontroladores. (NAYLAMP MECATRONICS, 2016)

Existe una gran variedad de sensores MQ como se puede observar en la Figura. 1.7, Cada uno de estos modelos está diseñado para detectar una o más sustancias. Son utilizados comúnmente para la detección de gases inflamables, calidad del aire o detección de alcohol en aire respirado.

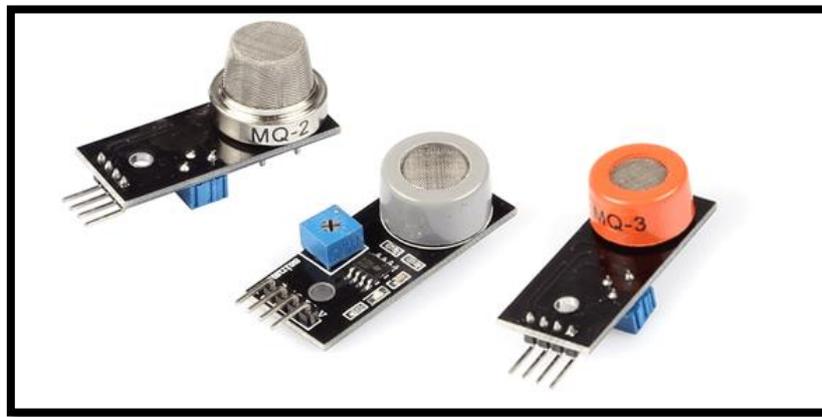


Figura. 1.7. Sensores MQ

Fuente: (HetPro, 2017)

Los sensores de gases MQ suelen proporcionarse con una placa de medición estándar que incluye el comparador LMC662 o similar, el cual permite obtener la lectura en valor analógico o digital cuando se supera un cierto umbral regulado a través de un potenciómetro ubicado en la placa. Estos sensores deben ser calibrados para obtener una lectura correcta.

1.10.1. Tipos de sensores

Entre los más comunes y los más utilizados es posible encontrar los que se especifican en la Tabla. 1.2.

Tabla. 1.2. Tipos de sensores

Modelo	Sustancias detectadas	Calentador
MQ-2	Metano, butano, GLP, humo	5V
MQ-3	Alcohol, Etanol, humo	5V
MQ-303 ^a	Alcohol, etanol, humo	0.9V
MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
MQ-5	Gas natural, GLP	5V
MQ-6	Butano, GLP	5V
MQ-306 ^a	Butano, GLP	0.9V
MQ-7	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V
Modelo	Sustancias detectadas	Calentador
MQ-2	Metano, butano, GLP, humo	5V
MQ-3	Alcohol, Etanol, humo	5V
MQ-303 ^a	Alcohol, etanol, humo	0.9V
MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
MQ-5	Gas natural, GLP	5V
MQ-6	Butano, GLP	5V
MQ-306 ^a	Butano, GLP	0.9V
MQ-7	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V

Fuente: El autor

1.10.2. Sensor MQ-6

Está diseñado para trabajar en un rango de 200 a 10.000.ppm, es adecuado para la detección de GLP, butano, propano y metano. Tiene una alta sensibilidad, un tiempo de respuesta rápido y dicha sensibilidad puede ser ajustada por medio de un potenciómetro. (Angonel, 2016)

Características:

- Alimentación: 5V
- Tipo de interfaz: Analógico.
- Amplio alcance de detección.
- Respuesta rápida y alta sensibilidad.
- Baja sensibilidad al alcohol y al humo
- Circuito de accionamiento sencillo.

1.11. Concepto de báscula

Es un instrumento de medición que se utiliza para determinar el valor de la masa de un objeto, siendo esta masa la cantidad de materia de dicho objeto. Comúnmente a esta determinación se le conoce como "Pesar", por lo que una Báscula se utiliza para pesar masas. (REVUELTA S.A., 2019)

1.11.1. Tipos de básculas

Entre los tipos más conocidos se encuentran:

Basculas mecánicas.

En el caso de las básculas mecánicas, las mismas pueden ser por contrapeso o con muelle elástico.

Básculas electrónicas.

Son aquellas que funcionan empleando métodos y sistemas electrónicos, mostrando en una pantalla de fácil lectura la masa del objeto que se pesa, permitiendo obtener una indicación o lectura digital con cifras exactas.

Calibración para las básculas en general.

Estas básculas que pesan la masa de un elemento mediante la deformación de un elemento elástico, donde la masa indicada es una medida indirecta que resulta de evaluar el esfuerzo correspondiente al peso del objeto. Tienen que calibrarse periódicamente cuando son trasladadas de unos lugares a otros, debido a que se expone a mucho movimiento al igual que a choques mecánicos que afectan la precisión de los pesajes. La calibración se hace por comparación con pesas patrones que a su vez estén calibradas con mayor precisión que la correspondiente a la balanza a calibrar según un sistema internacional de trazabilidad y certificación.

1.12. Celda de carga (galga extensiométrica)

Es un sensor que mide la deformación, presión, carga, par, posición y se basa en el efecto piezorresistivo, que es la propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar el valor nominal de su resistencia cuando se les somete a ciertos esfuerzos y se deforman en dirección de los ejes mecánicos. Un esfuerzo que deforma la galga extensiométrica dentro de la celda de carga, producirá una variación en su resistencia eléctrica. Esta variación se produce por el cambio de longitud, el cambio originado en la sección o el cambio generado en la resistividad. En la Figura. 1.8, se muestra la celda de carga utilizada en el proyecto.

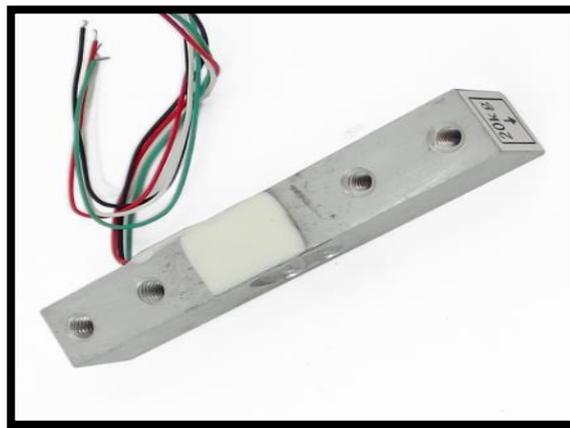


Figura. 1.8. Celda de carga

Fuente: (IMD, 2018)

1.13. Acondicionador de señal TDT-SST01

En la Figura. 1.9, se observa este acondicionador de señal, el cual es un módulo que trabaja con una alimentación de 18 a 26 VDC y su función es la de obtener mediante instrumentación basada en una configuración de puente de Winston, la variación de resistencia proporcionada por una celda de carga en función de voltaje, ideal para la construcción de basculas.



Figura. 1.9. Acondicionador de señal TDT-SST 01

Fuente: (COETTC, 2014)

Características:

Entre las principales características se especifican las siguientes:

- Fuente de alimentación: (18 ~ 26VDC)
- Potencia máxima: 4W
- Peso: 100 g
- Dimensiones: 115 × 58 × 33 mm (largo × ancho × alto)
- Rango de temperatura de funcionamiento: -10C ~ 50C
- Humedad: <85% HR sin condensación
- Rango de ajuste de sensibilidad del sensor: 2.0mV / V ± 10%
- Precisión: mejor que 0.3% F.S.
- Voltaje de excitación del sensor 5VDC (el voltaje de excitación nominal se aplica al sensor 5 ~ 12V)

- Sensor de corriente de excitación $<60\text{mA}$
- Salida de señal $0 \sim 5\text{V}$ o $0 \sim 10\text{V}$ y $4 \sim 20\text{mA}$ (la salida de señal no estándar se puede personalizar)
- Impedancia de salida de voltaje $> 5\text{k}\Omega$
- Impedancia de salida de corriente $<500\Omega$

1.14. Microcontrolador ATmega 324PA

El ATmega 324PA que se observa en la Figura. 1.10, es un microcontrolador CMOS de 8 bits de baja potencia basado en AVR con arquitectura RISC mejorada. Al ejecutar instrucciones complejas en un solo ciclo de reloj, logra un rendimiento de aproximadamente 1 MIPS por MHz que permite optimizar el consumo de energía en comparación con la velocidad de procesamiento. (Atmel, 2016)

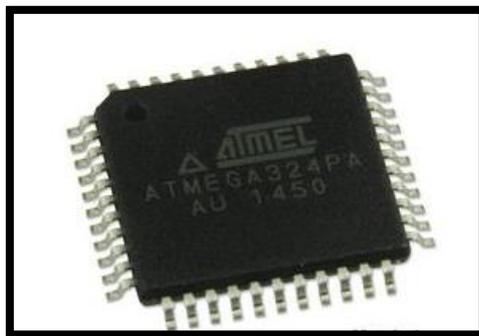


Figura. 1.10. ATmega324PA

Fuente: (Atmel, 2016)

Cada tipo de microcontrolador ATmega tiene sus especificaciones y características como se muestra en la Tabla. 1.3, su utilización es definida por su tamaño, número de entradas y salidas.

Tabla. 1.3. Características del microcontrolador ATmega 324PA

Fabricante	Característica
Capacidad de memoria EEPROM	512B
Capacidad de memoria SRAM	1Kb
Capacidad de memoria Flash	16kB
Carcasa	TQFP44
Cantidad de canales PWM	6
Cantidad de timers 8bit	2
Cantidad de timers 16bit	1
Montaje	SMD
Temperatura de trabajo	-40...85°C
Frecuencia de servicio	20MHz
Tensión de alimentación	1.8...5.5V
Número de cortes externos	32
Número de canales output compare	6
Cantidad de comparadores	1
Número de canales input capture	1
Cantidad de transductores A/D 10bit	8

Fuente: (Atmel, 2016)

1.15. Memoria EEPROM

La EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente, a diferencia de la EPROM que es borrada mediante un aparato que emite rayos ultravioletas.

1.16. Reloj de tiempo real (DS 1307)

El DS1307 (Real-Time-Clock), es un dispositivo de bajo consumo de energía, completo con código binario decimal (BCD), reloj/calendario que provee información de, segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. El final de fecha de mes se ajusta automáticamente durante meses menores de 31 días, incluyendo correcciones para el año

bisiesto. El reloj funciona en cualquiera formato de 24 horas o en 12 horas con indicador AM/PM. El DS1307 tiene incorporado un circuito sensor de tensión que detecta fallas de energía y cambia la alimentación al suministro de la batería de respaldo. (Garcia, 2009)

1.17. Aplicaciones móviles Android

Están diseñadas para ser ejecutadas en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles. Las aplicaciones le permiten al usuario efectuar un conjunto de tareas de tipo profesional, de ocio, educativas y de acceso a servicios; facilitando las gestiones o actividades a desarrollar.

Por lo general se encuentran disponibles a través de plataformas de distribución, operadas por las compañías propietarias de los sistemas operativos móviles como Android, IOS, BlackBerry OS, Windows Phone, entre otros. Existen aplicaciones móviles gratuitas y otras pagadas, (Yepez, 2016).

1.18. Actuador eléctrico (relé)

Es un dispositivo electromecánico que permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico, está compuesto por una bobina, una armadura metálica y un grupo de contactos que pueden ser conmutados a través de un campo magnético generado por la bobina. La línea eléctrica está completamente aislada de la parte electrónica que controla el relé. (Rapetti, 2017)

1.19. Elementos controlados por el sistema

Son 6 los elementos que serán controlados por el sistema, estos se detallan a continuación.

1.19.1. Alarma auditiva

Es un dispositivo de seguridad utilizado para alertar la presencia de cualquier situación de riesgo o peligro que se produzca en una vivienda o negocio a través de un sonido, en ocasiones sirve para alertar a la policía, bomberos o asistencia médica, según sea la emergencia ocasionada, (Hit, 2011).

En la Figura. 1.11, se muestra el ejemplo de una alarma comercial.



Figura. 1.11. Alarma auditiva

Fuente: El autor

1.19.2. Alarma visual

Son dispositivos que emiten luz, en ocasiones son luces que parpadean para indicar información a través del sentido visual, (Montero, 2014).

En la Figura. 1.12, se muestra una alarma utilizada regularmente para señalización de transporte o avisos de hechos inesperados.



Figura. 1.12. Alarma visual

Fuente: (Ovifel, 2014)

1.19.3. Electroválvula para gas

Está diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula que se muestra en la Figura. 1.13, se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: normalmente abierto o normalmente cerrado.



Figura. 1.13. Electroválvula para gas

Fuente: (Floconx, 2018)

1.19.4. Extractor

El aparato que se puede observar en la Figura. 1.14, está compuesto por un ventilador conectado a un motor que le transfiere el movimiento con el propósito de dispersar o extraer

el aire de un lugar en particular para ello debe ser instalado en función del espacio y conectado a un ducto que direcciona el flujo de aire hacia el exterior.



Figura. 1.14. Extrator

Fuente: (Ogrados, 2014)

1.19.5. Cámara IP

La cámara IP que se puede observar en la Figura. 1.15, es una videocámara diseñada para enviar señales (video y en algunos casos audio) a través de Internet, puede ser utilizada como dispositivo de seguridad para visualizar un entorno.



Figura. 1.15. Cámara IP

Fuente: (AltaGama, 2017)

1.19.6. Actuador para apertura de ventana

EL actuador de la Figura. 1.16, es un dispositivo electrónico que contiene en su interior una cadena articulada, para ejecutar el movimiento de una pieza automáticamente en forma de sustracción y extracción, produciendo así la apertura o el cierre de una ventana, (Comunello, 2017)



Figura. 1.16. Actuador de cadena

Fuente: (Comunello, 2017)

1.20. Software Proteus Professional versión 8.6

Es un programa efectivo y extenso, diseñado básicamente para permitir desarrollar y probar placas de circuitos electrónicos con facilidad, también tiene la capacidad de simular la interacción entre el software y cualquier electrónica analógica o digital, como se muestra en la Figura. 1.17, (Soft, 2017).

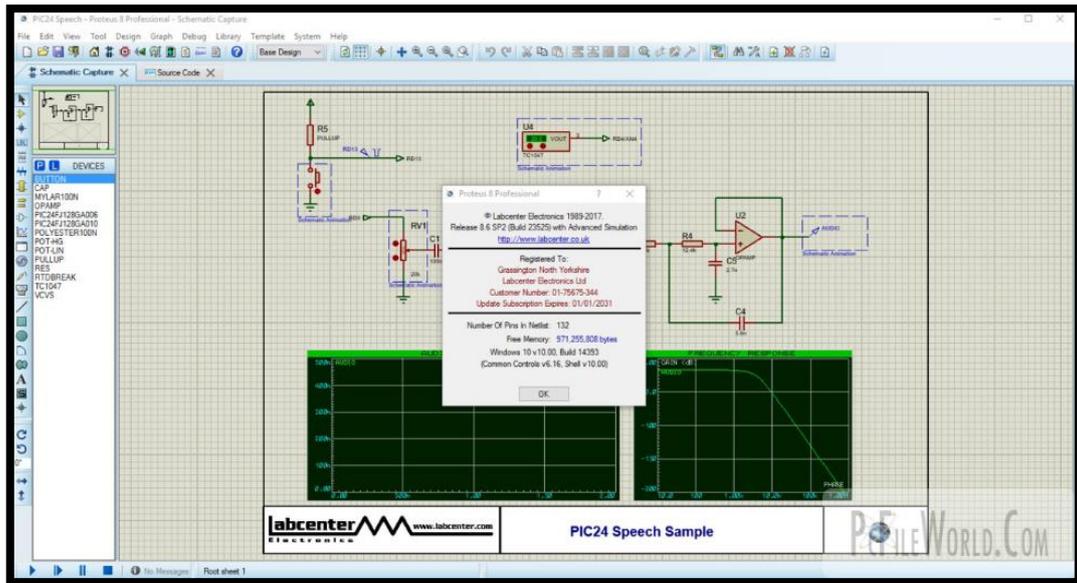


Figura. 1.17. Programa Proteus Professional versión 8.6

Fuente: (LabCenter, 2018)

1.21. Software de programación “ATMEL STUDIO”

Es una plataforma de desarrollo integrado (IDP) que sirve para desarrollar y depurar todas las aplicaciones de los microcontroladores AVR y SAM. En la Figura. 1.18, se observa la pantalla de inicio del software, (Electronics, 2018).

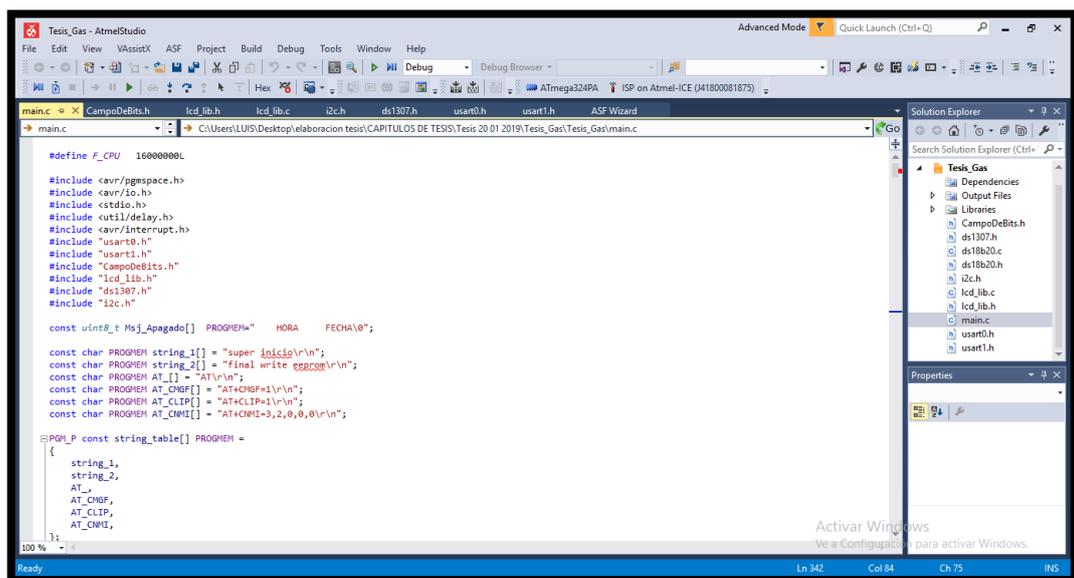


Figura. 1.18. Plataforma “ATMEL ESTUDIO”

Fuente: El autor

La IDP de Atmel Studio brinda un entorno transparente y fácil de usar para escribir, compilar y depurar códigos en lenguaje de programación C / C ++ o código de ensamblaje. También se conecta sin problemas a los depuradores, programadores y kits de desarrollo que admiten dispositivos AVR y SAM.

1.22. Lenguaje de programación “C”

También conocido como “Lenguaje de programación de sistemas”. El lenguaje C es del tipo lenguaje estructurado como son Pascal, Fortran, Basic. Sus instrucciones son muy parecidas a otros lenguajes incluyendo sentencias como if, else, for, do y while. Aunque C es un lenguaje de alto nivel (puesto que es estructurado y posee sentencias y funciones que simplifican su funcionamiento), también provee la posibilidad de programar a bajo nivel como en el Assembler (lenguaje ensamblador), tocando los registros y memoria. (Rena, 2014)

El lenguaje C posee muchas características como programación estructurada, métodos de implementación de funciones con parámetros y potentes estructuras de control, las cuales son muy útiles a la hora de programar microcontroladores. Además, C está estandarizado, es muy portable, así que el mismo código se puede utilizar muchas veces en diferentes proyectos.

1.23. Plataforma de diseño “APP INVENTOR”

Es un entorno de desarrollo de software creado por Google para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo de Android, el lenguaje es gratuito y se puede acceder fácilmente desde la web. Las aplicaciones creadas con App Inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil. En la Figura. 1.19, se observa el entorno de desarrollo. (Abellán, 2019).

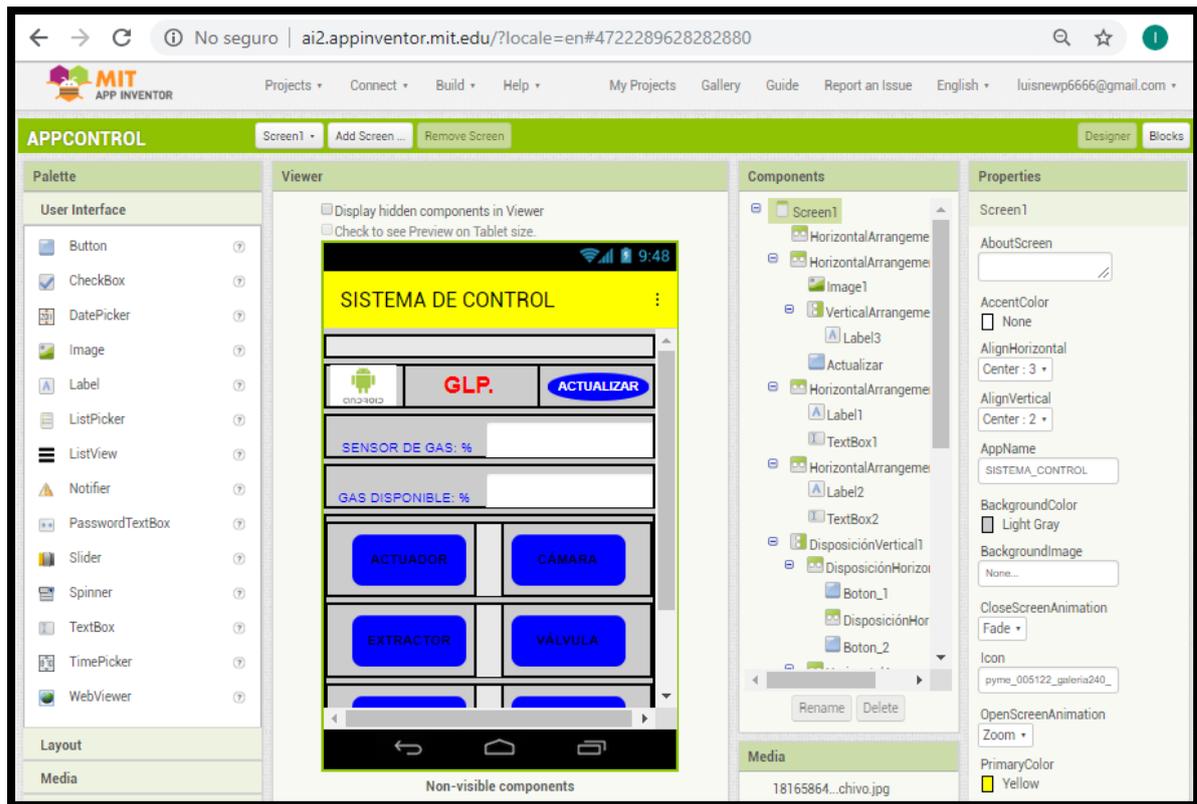


Figura. 1.19. Plataforma “APP INVENTOR”

Fuente: El autor

CAPITULO 2

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se plantean los aspectos metodológicos y prácticos que se utilizaron tanto en el diseño como en la construcción de un prototipo de sistema de monitoreo, detección y control de fuga de gas GLP. Haciendo uso de tecnología GSM para la comunicación, una aplicación Android la cual efectúa el control un módulo de actuadores.

2.1 Métodos utilizados

De acuerdo con Velazquez (Velazquez, 2016), “ la investigación es aquella que selecciona y analiza aquellos escritos que contienen datos de interés relacionados con el estudio, utilizada en encontrar mecanismos y estrategias que permitan el cumplimiento del objetivo”.

También menciona Hernández (Hernández, 2014), “la revisión bibliográfica es el método donde se selecciona el diseño de investigación adecuado, realizando un buen análisis el cual representa una herramienta que permite hacer inferencias significativas respecto de los resultados obtenidos y por último, llegar a conclusiones objetivas”, por lo que en este proyecto fue necesario buscar información en distintas fuentes que permitieron conocer aspectos técnicos e información general de los diferentes elementos utilizados, comprendiendo la problemática actual.

Al desarrollar la parte escrita del proyecto, se utilizó técnicas de revisión de texto, analizando el uso frecuente de palabras para una mejor redacción.

2.1.1 Fundamentación teórica

Lo define Rojas (Rojas C. , 2016), “la revisión bibliográfica es la que comprende todas las actividades relacionadas con la búsqueda de información escrita sobre un tema específico, analizando diferentes criterios”.

Se emplea la técnica de revisión bibliográfica y por internet, con el objetivo de entender el funcionamiento de cada uno de los componentes a utilizar en el presente proyecto.

2.1.2 Marco metodológico

Según la definición del Dr. Martínez (Martinez, 2016), “la investigación empírica se fundamenta en la acumulación de antecedentes, que consecutivamente se examinan para establecer su significado y adoptar decisiones para mejorar el conocimiento”.

En este capítulo se utilizó el método empírico de revisión de documentos, consultando conceptos y criterios de varias fuentes bibliográficas. Además se usó el método de recolección al clasificar la información más útil para el desarrollo del proyecto.

2.1.3 Propuesta

Como lo nombra Arrieta (Arrieta, 2015), “el método inductivo es el que basa en la observación, el estudio y la experimentación de diversos sucesos reales para poder llegar a una conclusión”.

Se usó el método de investigación inductivo para determinar el funcionamiento y factibilidad de utilización de los dispositivos electrónicos que integran el sistema de Monitoreo, detección y control de fuga de gas, mediante el análisis de los recursos, costos y tiempo.

2.1.4 Implementación

Se utiliza el método de experimentación, al construir el hardware que contendrá la parte electrónica que juntamente con el software programado, proveerá el funcionamiento propuesto.

2.2 Fases del proyecto

Las actividades planteadas para el avance de la investigación se exponen en diferentes fases, las cuales se basan en procedimientos que se llevarán a cabo para el desarrollo e implementación del proyecto. (Angulo, 1986),

2.2.1 Fase I. Definición de las especificaciones

En esta fase se definen con precisión los componentes y el rol que desempeñaran dentro del sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas GLP.

2.2.2 Fase II. Adaptación entre hardware y software

Luego de formar la estructura del hardware y el software se establecen los mecanismos para la comunicación, garantizado que la información se procese de forma correcta.

2.2.3 Fase III. Implementación del hardware

En esta etapa son elaborados los diferentes circuitos que componen la placa electrónica, tomando en cuenta la información de las características y especificaciones técnicas de cada uno de los componentes utilizados.

2.2.6 Fase IV. Depuración del software

Se realiza una revisión general del código de programación, para corregir posibles errores que impidan la compilación correcta del mismo.

2.2.7 Fase V. Integración del hardware con el software

Se prueban las conexiones entre el hardware y el software para confirmar que exista una correcta relación entre ambos y que el sistema interactúa de manera eficiente.

2.2.8 Fase VI. Construcción del modelo definitivo y pruebas finales

En esta fase, se materializa un dispositivo final en circuitos impresos y los programas se compilan para llevar a cabo la verificación del funcionamiento general, por último se implementa el sistema en una maqueta demostrativa.

CAPITULO 3

PROPUESTA

Este capítulo hace referencia a la propuesta de desarrollo de un sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas GLP para uso doméstico utilizando; un sensor que permite monitorear y detectar la concentración de gas en el ambiente, un sensor para determinar el contenido de gas disponible dentro de un cilindro 5kg, tecnología GSM para enviar datos desde la placa electrónica a un dispositivo móvil (Smartphone) y una aplicación Android que facilita el control de un módulo de 6 actuadores (relés), con la finalidad de activar dispositivos que ayuden a controlar la fuga.

Partiendo de una propuesta de funcionamiento en donde se da a conocer la operación, los componentes que conforman el sistema a desarrollar en conjunto con las etapas de diseño electrónico, programación y pruebas que permitan verificar tanto el funcionamiento como el cumplimiento de los objetivos establecidos para este proyecto.

3.1 Gráfico de funcionamiento del sistema

Para comprender el funcionamiento del sistema planteado se ha realizado el diagrama de bloques que se muestra en la Figura. 3.1, el cual presenta cada uno de los procesos diseñados.

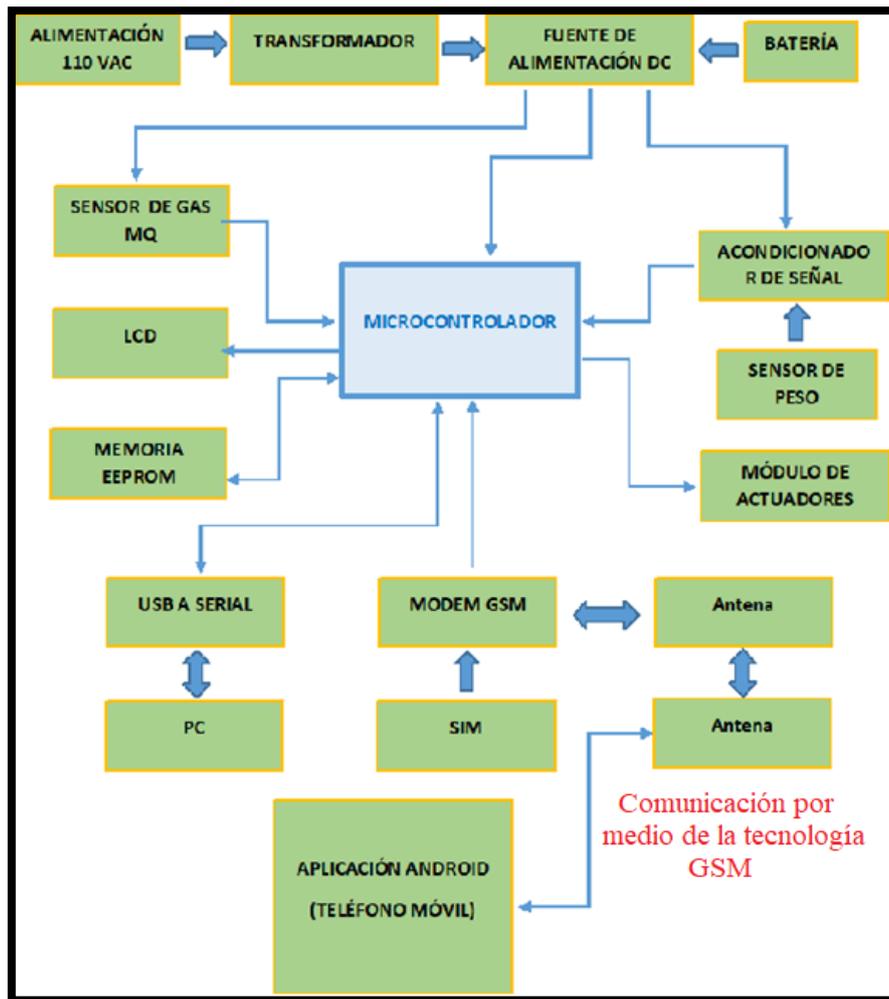


Figura. 3.1. Diagrama de bloques del funcionamiento

Fuente: El autor

3.2 Módulos que conforman el funcionamiento del sistema

Para su funcionamiento el sistema cuenta con tres módulos principales los cuales son:

3.2.1 Unidad de control

Está constituida por una placa electrónica que contiene un microcontrolador ATmega 324PA el cual ejecuta la función de cerebro dentro del sistema, una pantalla LCD que muestra los datos procesados de las lecturas de los sensores y un puerto de conexión USB para la extracción de información.

3.2.2 Sensores

El sistema tiene incorporado un sensor para medir la concentración de gas en el ambiente y una celda de carga para determinar el contenido de GLP dentro de un cilindro de 5 kilogramos.

3.2.3 Dispositivos a controlar

Seis componentes que son activados a través de actuadores eléctricos (relés) desde una aplicación Android, instalada en un dispositivo móvil (Smartphone) haciendo uso de la tecnología GSM para la comunicación.

3.3 Etapas que constituyen el funcionamiento del sistema

Dentro del sistema existen tres etapas a ser ejecutadas las cuales son:

- Etapa de monitoreo de la fuga y contenido de gas dentro del cilindro
- Etapa de detección de la fuga de gas
- Etapa de control de la fuga de gas

La etapa de monitoreo hace referencia al seguimiento de las lecturas proporcionadas por los sensores que están conectados a la Unidad de control. En el caso del gas que se concentre en el ambiente se registrara valores en ppm y en el caso del contenido de gas dentro del cilindro mediante medición de peso se registra valores en porcentaje.

La etapa de detección entra en funcionamiento en cuanto la lectura del sensor MQ-6 supera el valor de concentración de gas fijado en el código de programación (este valor está establecido en base a la referencia obtenida del detector de fuga ARIKO descrito en el marco teórico), lo cual indica la presencia de una fuga en el ambiente o en cuanto el sensor de peso detecte un valor de porcentaje fuera de rango indicando una alerta de bajo contenido de gas dentro del cilindro.

La etapa de control actúa inmediatamente, luego de que la etapa de detección ha enviado información de valores críticos registrados por los sensores a la unidad de control y dependiendo de qué sensor provenga la información se ejecutaran acciones programadas.

3.4 Comunicación entre el dispositivo móvil y la unidad de control

Esta comunicación se efectúa haciendo uso de la tecnología GSM, empleando un módulo SIM 800 que al encenderse busca de forma automática la red y se conecta siempre que disponga de una tarjeta SIM. Este proceso tarda aproximadamente 30 segundos después del cual, el microcontrolador envía la configuración de la comunicación a ser utilizada, es decir, cómo se van a efectuar las llamadas y de cómo van a ser enviados los mensajes de texto por medio de comandos AT (instrucciones codificadas).

La aplicación Android recibe el mensaje en alfanumérico, el cual es tomado por la aplicación y en función de las posiciones del mensaje se descarga la información que esta codificada, para posteriormente ser mostrada en pantalla del dispositivo móvil.

3.5 Descripción de las etapas del sistema

A continuación, se detallan los componentes y procesos a seguir para la ejecución de las etapas que conforman el funcionamiento del sistema.

3.5.1 Monitoreo

El monitoreo del sistema se realiza mediante la lectura constante del sensor de gas y el sensor de peso, cuyos datos son visualizados mediante la pantalla LCD incorporada en la unidad de control o a través de la aplicación Android, por medio de la cual también es posible dar seguimiento al estado del módulo de actuadores eléctricos que tiene incorporado el sistema.

Sensor de gas

Este sensor MQ-6 está programado para percibir valores detectables de concentración de gas en un rango de 200 a 5000 ppm y es el encargado de registrar constantemente la lectura de concentración de gas en el ambiente, cuyo valor es mostrado en la pantalla LCD en unidad ppm.

Celda de carga

La celda de carga (galga extensiométrica) con capacidad de 20 kg está incorporada en una báscula, cuya función es medir constantemente el peso de un cilindro de 5kg para obtener y mostrar una lectura de valor en porcentaje del contenido de gas disponible dentro del cilindro.

Módulo de visualización (pantalla LCD)

El LCD permite visualizar datos como la fecha, hora, lecturas del sensor de gas, celda de carga y la información de las alarmas que se activen.

Módulo GSM SIM 800

Este módulo se encuentra incorporado en la placa electrónica y se encarga de establecer la comunicación entre la unidad de control y el dispositivo móvil, mediante llamadas y envíos de mensajes de texto al número telefónico que se encuentren registrado en el sistema.

3.5.2 Detección

La detección de alarmas es efectuada a través de la lectura de los sensores y son activadas cuando el sensor de fuga de gas o la celda de carga registran valores críticos, los cuales están fijados en la programación del microcontrolador.

Detección de una fuga de gas

Para el cumplimiento de esta función el sistema hace uso de la lectura del sensor MQ-6. Cuando la concentración de gas en el ambiente supere los 4000 ppm se activa una señal de alerta para indicar la presencia de la fuga.

Detección de bajo contenido de gas

Mediante una configuración establecida en la programación del microcontrolador es posible tener la lectura de la celda de carga en valor de porcentaje. En el momento en el que la lectura descienda por debajo del 20%, se activa la señal de alerta para indicar que el cilindro tiene bajo contenido de gas.

3.5.3 Control

La unidad de control realiza las acciones programadas para ser ejecutadas después de que alguna de las alarmas sea activada.

En el caso de que se detecte una fuga de gas, la unidad de control activa 3 relés en los cuales se encuentran conectados la electroválvula cuya función es cerrar el paso del gas, la alarma visual y auditiva para dar aviso de la emergencia, posteriormente realiza el envío de mensajes de texto con la información de la alarma activada, seguido de una llamada con una duración de 20 segundos sin contenido de voz, con el objetivo de reforzar la notificación.

En el caso de que se detecte un contenido inferior al 20% la unidad de control envía un mensaje de texto con la información de la alarma activada y posteriormente ejecuta la llamada.

Mientras se realiza el proceso de notificación, la pantalla LCD incorporada en la unidad de control se bloquea para dejar visible el mensaje de la alarma activada.

Aplicación Android

La interfaz de esta aplicación muestra la lectura de los sensores en porcentaje para fácil comprensión del usuario, dispone de ocho teclas digitales de las cuales seis están dedicadas para activar o desactivar los dispositivos conectados al módulo de actuadores y mostrar su estado cambiando de color, una tecla dedicada para actualizar la lectura de los sensores y el estado actual de los relés que al ser presionada realiza un pedido de información a la unidad de control, esta información es transformada en un mensaje de texto y mediante conversión a código ASCII es enviada a través del módulo GSM y una última tecla para configuración que al ser presionada permite ingresar el número telefónico de la tarjeta SIM que se encuentre insertada en la ranura del módulo GSM SIM 800.

Módulo de actuadores

La función de este módulo es activar dispositivos tales como una alarma auditiva, una alarma visual, un extractor de aire, una electroválvula, una cámara y un actuador para apertura de una ventana con el objetivo de controlar la fuga de gas.

3.6 Diseño de los circuitos electrónicos que componen la unidad de control

El sistema está compuesto de varios circuitos electrónicos, a continuación, se detalla el diseño de cada uno.

3.6.1 Circuito de fuente de alimentación

El circuito electrónico que se aprecia en la Figura. 3.2, muestra la composición de la fuente de alimentación que tiene una capacidad de 2 Amperios y sirve para proveer de energía tanto a la placa electrónica como a la batería.

El voltaje proveniente del transformador una vez rectificado y filtrado, se separa para ser reducido a 5 voltios y así alimentar la parte digital o pasa por una resistencia de

regulación con la finalidad de obtener 14.5 voltios, que luego de atravesar un fusible de protección llega hasta la batería para cargarla.

Cuando se presente un corte de energía, la fuente deja de enviar corriente por la resistencia de regulación y así el voltaje de la batería retorna a través de un diodo para alimentar la placa electrónica. Debido a los filtros que tiene el circuito, la sensación de pérdida y restitución de energía es imperceptible para el microcontrolador, por lo que se mantiene funcionando correctamente.

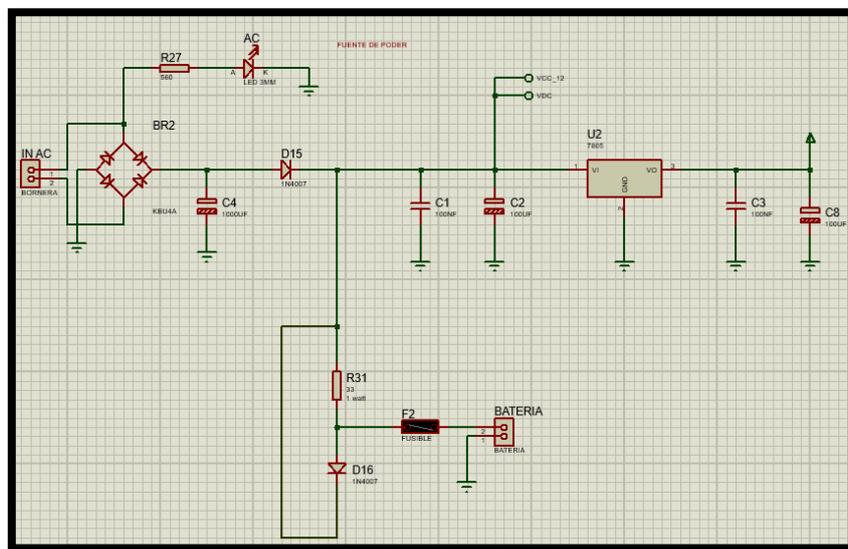


Figura. 3.2. Circuito de la fuente de alimentación

Fuente: El autor

Para determinar la capacidad de corriente que debe tener la fuente de alimentación, se realiza la suma de cada una de las cargas a ser conectadas a la misma, tomando en cuenta la parte digital de la tarjeta electrónica y los diferentes dispositivos que utilizarán la energía de la fuente para activarse. La información de la Tabla. 3.1, es extraída de las hojas de especificaciones técnicas de cada componente.

Tabla. 3.1. Consumo de corriente de elementos electrónicos

Componente	Consumo por unidad (miliamperios)	Consumo total (miliamperios)
Circuitería digital de la placa electrónica	500	500
6 Relés	30	180
Sensor de gas MQ-6	150	150
Celda de carga	10	10
Acondicionador de señal	150	150
Regulador de voltaje LM2596	10	10
Alarma auditiva	100	100
Alarma visual	80	80
Consumo de corriente total		1180 (miliamperios)

Fuente: El autor

El consumo total de corriente resultante de la suma de las cargas es de 1180 miliamperios equivalente a 1.2 Amperios. Para el dimensionamiento también se considera el incremento de corriente consecuencia del deterioro de los componentes, por lo cual se establece como capacidad final una corriente de 2 Amperios.

3.6.2 Circuito para la conexión USB

El circuito mostrado en la Figura. 3.3, es necesario para gestionar la comunicación entre el microcontrolador y la PC, haciendo uso del chip de conversión de bus USB CH340G para realizar conversiones de USB a interfaz serial. El circuito integrado CH340G suministra la señal de enlace MODEM común, utilizada para ampliar la interfaz serial asíncrona de la computadora o actualizar el dispositivo serial común al bus USB directamente.

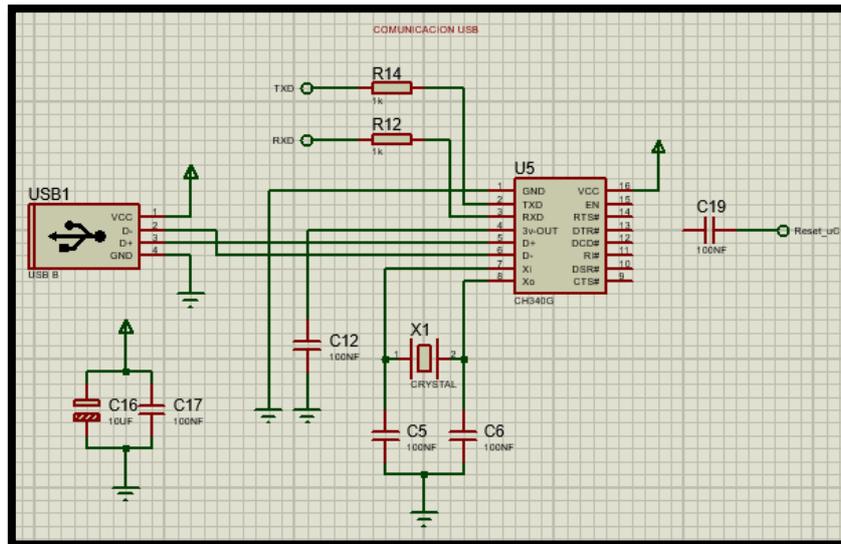


Figura. 3.3. Circuito de conexión USB

Fuente: El autor

3.6.3 Circuito para la conexión del módulo GSM

En la Figura. 3.4, se puede visualizar el circuito electrónico al cual va acoplado el módulo GSM SIM800, mediante la conexión a través de un conector SMA (SubMiniature version A), además se incorporó en el diseño un conector adicional para conectar una antena de mayor capacidad en caso de ser necesario incrementar la sensibilidad de recepción.

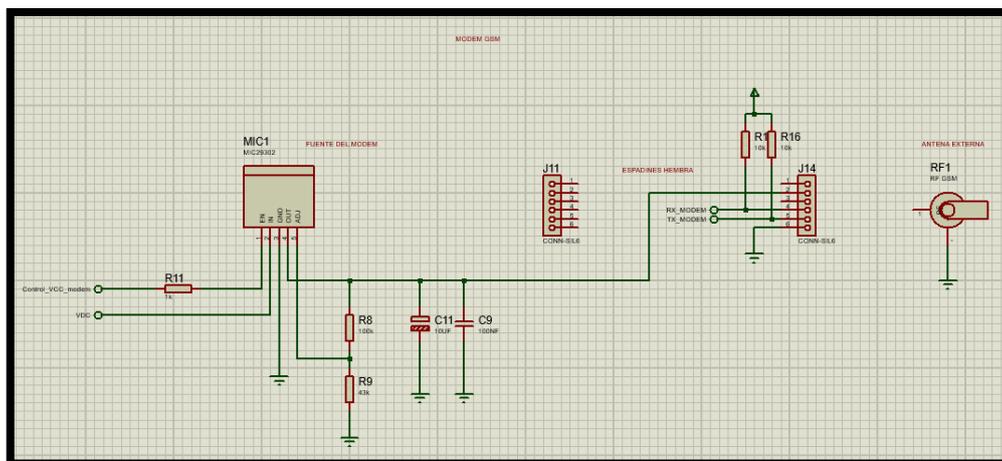


Figura. 3.4. Circuito para conexión del modem GSM

Fuente: El autor

3.6.4 Circuito para la conexión del módulo LCD

Para obtener una correcta visualización de datos, está diseñado el circuito electrónico de la Figura. 3.5, en el que se acopla la pantalla LCD de 20 caracteres por 4 líneas, dicho circuito suministra la alimentación necesaria para energizar el módulo y lo interconecta con el microcontrolador para que se transmitan los datos que requieren ser mostrados.

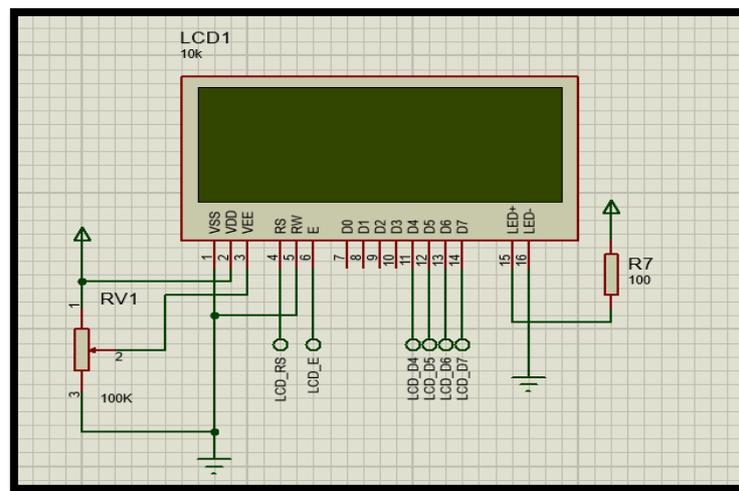


Figura. 3.5. Circuito de conexión del módulo LCD

Fuente: El autor

3.6.5 Circuito de conexión para la memoria EEPROM

En el diseño electrónico de la memoria EEPROM, se encuentra el circuito integrado 24LC512 como se puede apreciar en la Figura. 3.6, el cual está desarrollado para aplicaciones avanzadas de bajo consumo y por ende permite almacenar la información de lectura de los sensores con capacidad de guardar hasta 255 registros.

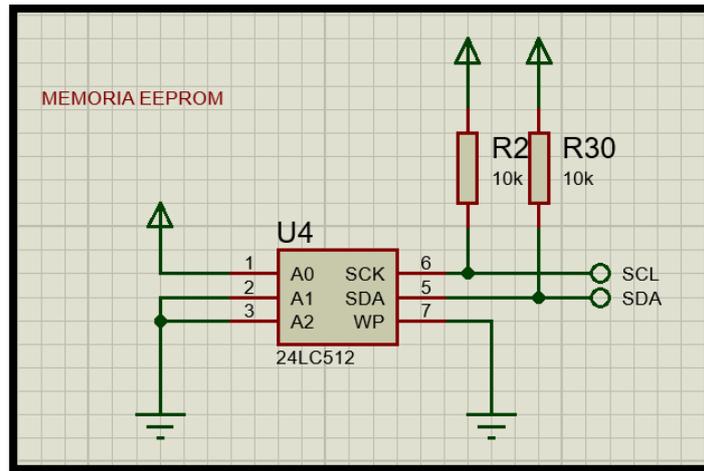


Figura. 3.6. Circuito de conexión para la memoria EEPROM

Fuente: El autor

3.6.6 Circuito “RTC”

El circuito del reloj de tiempo real está diseñado con el módulo DS1307 que se puede ver en la Figura. 3.7, utilizado por ser un dispositivo de bajo consumo de corriente, que tiene la capacidad de contar: segundos, minutos, horas, días, fecha, mes y año.

El encapsulado DS1307 tiene incorporado un circuito de censado de tensión que detecta fallas de energía y cambia automáticamente al suministro de batería de respaldo que es de 3 voltios, para mantener los datos de configuración de hora y fecha.

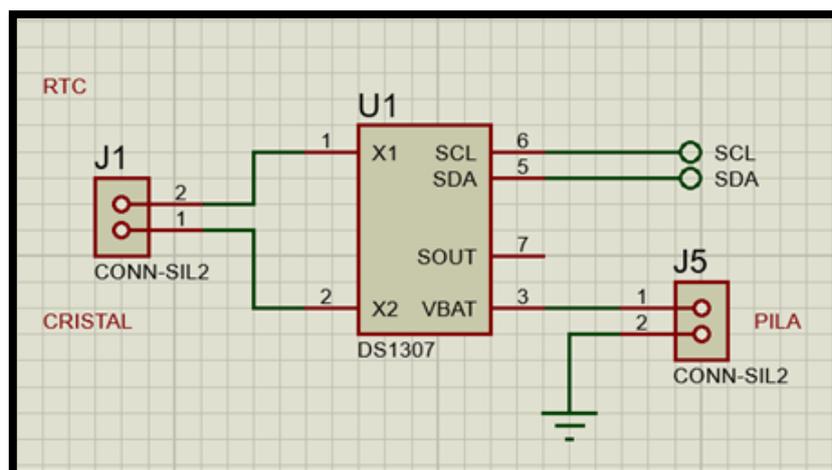


Figura. 3.7. Circuito del reloj de tiempo real

Fuente: El autor

3.6.7 Circuito de activación de actuadores eléctricos

El diseño del circuito mostrado en la Figura. 3.8, está replicado para los seis relés que conforman el módulo de actuadores, en donde se utiliza un transistor 2N3904 para activar la bobina del relé, un diodo de protección que se encuentra conectado en paralelo a la bobina y un diodo LED que se enciende al momento en que se activa el relé.

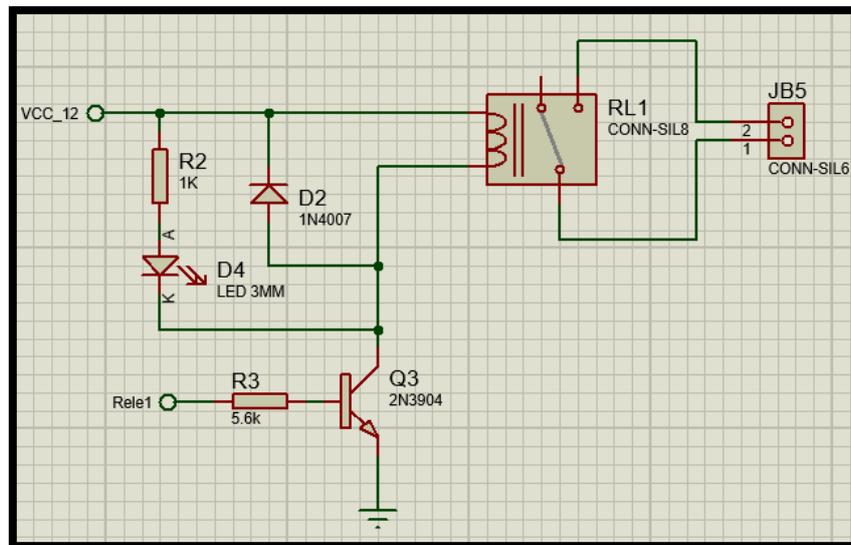


Figura. 3.8. Circuito de activación de actuadores eléctricos

Fuente: El autor

3.7 Programación del microcontrolador

Para la elaboración del código de programación es necesario realizar un diagrama de flujo y declarar varias librerías, que le permiten al código principal ejecutar ciertas instrucciones.

3.7.1 Diagrama de Flujo de la programación

En la Figura. 3.9, se muestra el diagrama de flujo que ilustra los procedimientos requeridos para el correcto funcionamiento del sistema, tales como:

- Encendido del módulo GSM
- Configuración del módulo
- Procesamiento de la lectura de sensores
- Detección de valores críticos
- Envío de SMS
- Realizar llamada
- Envío de datos a la pantalla LCD
- Activación de relés
- Reinicio del sistema

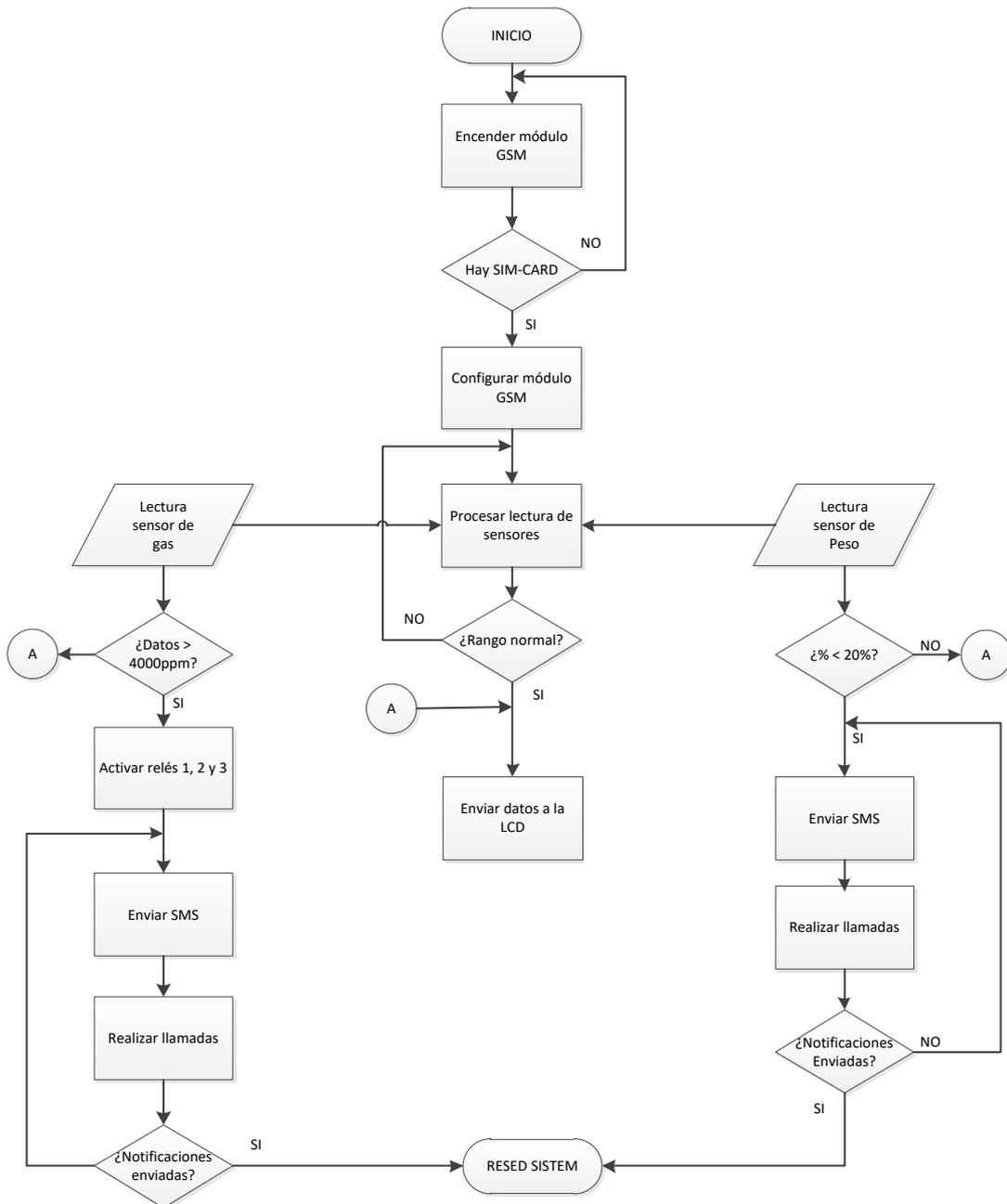


Figura. 3.9. Flujograma de la programación del microcontrolador

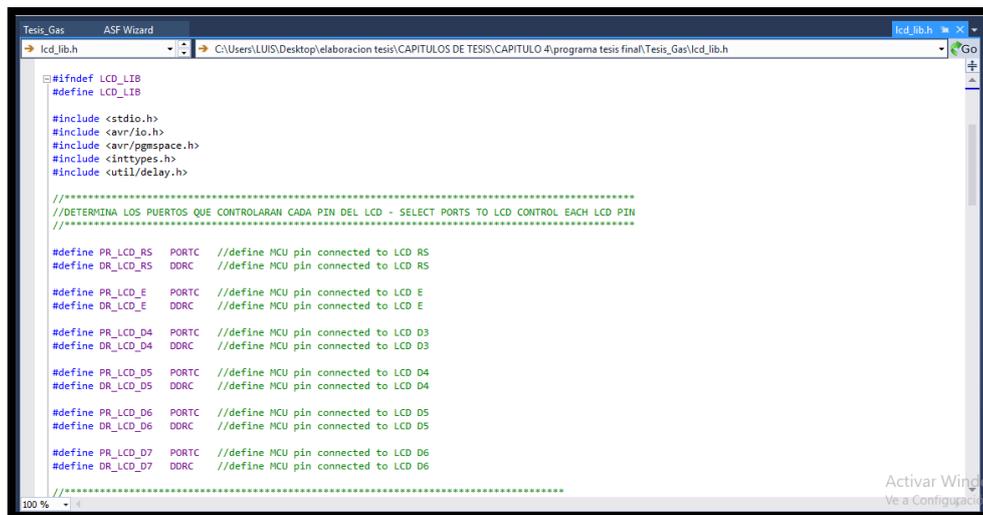
Fuente: El autor

3.7.2 Librería campo de bit

El código correspondiente a esta librería se lo muestra en la Figura. 3.10, permite trabajar de mejor manera con las entradas y salidas del microcontrolador para implementar la salida digital en el pin que se establezca siendo posible admitir estados de HIGH o LOW, alto o bajo que corresponden a 1 lógico y 0 lógico.

3.7.4 Librería LCD

Le permite al microcontrolador administrar las funciones del módulo LCD y de esta forma realizar la inicialización, el muestreo o borrado de datos, especificar el número de columnas, detallar el número filas, establecer la ubicación en la que se mostrara posteriormente el texto escrito en la pantalla y a su vez desplazar el contenido. El código de esta librería se observa en la Figura. 3.12.



```
lcd_lib.h
C:\Users\LUIS\Desktop\elaboracion tesis\CAPITULOS DE TESIS\CAPITULO 4\programa tesis final\Tesis_Gas\lcd_lib.h

#ifndef LCD_LIB
#define LCD_LIB

#include <stdio.h>
#include <avr/io.h>
#include <avr/pgmspace.h>
#include <inttypes.h>
#include <util/delay.h>

//*****
//DETERMINA LOS PUERTOS QUE CONTROLARAN CADA PIN DEL LCD - SELECT PORTS TO LCD CONTROL EACH LCD PIN
//*****

#define PR_LCD_RS PORTC //define MCU pin connected to LCD RS
#define DR_LCD_RS DDRC //define MCU pin connected to LCD RS

#define PR_LCD_E PORTC //define MCU pin connected to LCD E
#define DR_LCD_E DDRC //define MCU pin connected to LCD E

#define PR_LCD_D4 PORTC //define MCU pin connected to LCD D3
#define DR_LCD_D4 DDRC //define MCU pin connected to LCD D3

#define PR_LCD_D5 PORTC //define MCU pin connected to LCD D4
#define DR_LCD_D5 DDRC //define MCU pin connected to LCD D4

#define PR_LCD_D6 PORTC //define MCU pin connected to LCD D5
#define DR_LCD_D6 DDRC //define MCU pin connected to LCD D5

#define PR_LCD_D7 PORTC //define MCU pin connected to LCD D6
#define DR_LCD_D7 DDRC //define MCU pin connected to LCD D6

//*****
```

Figura. 3.12. Librería LCD

Fuente: El autor

3.7.5 Librería USART0

El código de la librería USART0 que se muestra en la Figura. 3.13, es empleado para entablar la comunicación entre la unidad de control y un computador a través de un puerto USB-SERIAL con el propósito de efectuar la lectura de los datos almacenados en la memoria EEPROM incorporada en la placa electrónica.

```

usart0.h
-----
//Archivo de cabecera para el uso del módulo USART AVR con el ATMELE STUDIO//
//Archivo de cabecera para el uso del módulo USART AVR con el ATMELE STUDIO//
//Archivo de cabecera para el uso del módulo USART AVR con el ATMELE STUDIO//

#ifndef USART0_H
#define USART0_H

void iniciar_usart0(); //función para iniciar el USART AVR asincrono, 8 bits, 9600 baudios,
//sin bit de paridad, 1 bit de parada

unsigned char recibe_caracter_usart0(); //función para la recepción de caracteres
void envia_caracter_usart0(unsigned char); //función para la transmisión de caracteres
void envia_cadena_usart0(char*); //función para la transmisión de cadenas de caracteres

//void serial_write0(unsigned char dato);
//void serial_write0(unsigned int dato);
//Inicialización del módulo USART AVR modo asincrono
//en una función, a 8bits, a 9600 baudios, sin bit de paridad
//1 bit de parada
//recepción de datos del módulo USART AVR modo asincrono

void iniciar_usart0(){
    UCSRB0=0b00011000; //transmisión y recepción habilitados a 8 bits
    UCSRC0=0b00000110; //asincrono, sin bit de paridad, 1 bit de parada a 8 bits
    UBRRR0=103; //para una velocidad de 9600 baudios con un oscilador de 16Mhz //103 a16mhz
}

//recepción de datos del módulo USART AVR modo asincrono

```

Figura. 3.13. Librería USART0

Fuente: El autor

3.7.6 Librería USART1

El contenido de la librería USART1 mostrado en la Figura. 3.14, es utilizado para hacer posible la comunicación del microcontrolador con el módulo GSM para enviar los comandos AT de configuración que le indican al módulo el tipo de comunicación que se va a establecer y de qué forma se van a enviar los mensajes de texto y realizar las llamadas.

```

usart1.h
-----
//Archivo de cabecera para el uso del módulo USART AVR con el ATMELE STUDIO//
//Archivo de cabecera para el uso del módulo USART AVR con el ATMELE STUDIO//
//Archivo de cabecera para el uso del módulo USART AVR con el ATMELE STUDIO//

#ifndef USART1_H
#define USART1_H

void iniciar_usart1(); //función para iniciar el USART AVR asincrono, 8 bits, 9600 baudios,
//sin bit de paridad, 1 bit de parada

unsigned char recibe_caracter_usart1(); //función para la recepción de caracteres
void envia_caracter_usart1(unsigned char); //función para la transmisión de caracteres
void envia_cadena_usart1(char*); //función para la transmisión de cadenas de caracteres

//Inicialización del módulo USART AVR modo asincrono
//en una función, a 8bits, a 9600 baudios, sin bit de paridad
//1 bit de parada
//recepción de datos del módulo USART AVR modo asincrono

void iniciar_usart1(){
    UCSRB1=0b00011000; //transmisión y recepción habilitados a 8 bits
    UCSRC1=0b00000110; //asincrono, sin bit de paridad, 1 bit de parada a 8 bits
    UBRRR1=103; //para una velocidad de 9600 baudios con un oscilador de 16Mhz //103 a16mhz
}

//recepción de datos del módulo USART AVR modo asincrono

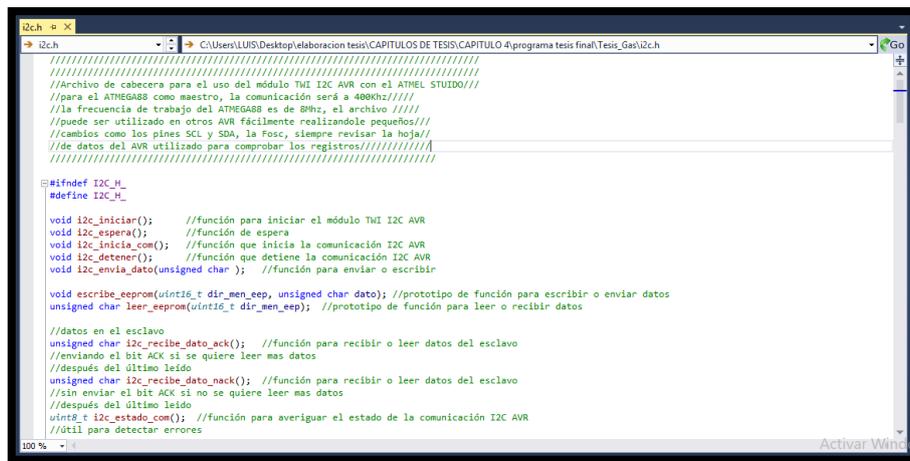
```

Figura. 3.14. Librería USART1

Fuente: El autor

3.7.7 Librería I2C

El código de la librería I2C que se muestra en la Figura. 3.15, se usa para configura los parámetros que le permiten al microcontrolador trabajar con la memoria EEPROM y el módulo DS1307 que es el reloj de tiempo real. Dentro de esta librería están todas las funciones para poder establecer la comunicación y configuración del hardware que se requiere para utilizar I2C, que es un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de inteligencia.

The image shows a screenshot of a code editor window titled 'i2c.h'. The code is written in C and defines various functions for I2C communication. It includes comments in Spanish explaining the purpose of each function and the hardware configuration. The code is as follows:

```
////////////////////////////////////  
////////////////////////////////////  
//archivo de cabecera para el uso del módulo TMI I2C AVR con el ATME1 STUDIO//  
//para el ATME6488 como maestro, la comunicación será a 400khz//  
//La frecuencia de trabajo del ATME6488 es de 8MHz, el archivo ////  
//puede ser utilizado en otros AVR fácilmente realizandole pequeños//  
//cambios como los pines SCL y SDA, la Fosc, siempre revisar la hoja//  
//de datos del AVR utilizado para comprobar los registros//  
////////////////////////////////////  
  
#ifndef I2C_H  
#define I2C_H  
  
void i2c_iniciar(); //función para iniciar el módulo TMI I2C AVR  
void i2c_espera(); //función de espera  
void i2c_inicia_com(); //función que inicia la comunicación I2C AVR  
void i2c_detener(); //función que detiene la comunicación I2C AVR  
void i2c_envia_dato(unsigned char); //función para enviar o escribir  
  
void escribe_eeprom(uint16_t dir_men_eepr, unsigned char dato); //prototipo de función para escribir o enviar datos  
unsigned char leer_eeprom(uint16_t dir_men_eepr); //prototipo de función para leer o recibir datos  
  
//datos en el esclavo  
unsigned char i2c_recibe_dato_ack(); //función para recibir o leer datos del esclavo  
//enviando el bit ACK si se quiere leer mas datos  
//después del último leído  
unsigned char i2c_recibe_dato_nack(); //función para recibir o leer datos del esclavo  
//sin enviar el bit ACK si no se quiere leer mas datos  
//después del último leído  
uint8_t i2c_estado_com(); //función para averiguar el estado de la comunicación I2C AVR  
//Util para detectar errores
```

Figura. 3.15. Librería I2C

Fuente: El autor

3.8 Diseño de la placa de circuito impreso

En base a las especificaciones establecidas en los diseños de los circuitos electrónicos, del sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas, se elabora una placa electrónica de control como se describe a continuación utilizando la herramienta *ARES*.

En la Figura. 3.16, se muestra el diseño del circuito impreso de la placa, la cual va instalada dentro de la unidad de control y está elaborada en base a los diferentes esquemas electrónicos desarrollados en el software *PROTEUS* con la herramienta *ISIS*, la cual está plenamente integrada con *ARES*. Para el diseño de la PCB (placa de circuito impreso), se requiere definir para cada uno de los elementos una opción denominada *FOOTPRINT*, que es un punto de referencia entre el diseño esquemático y el diseño de circuito impreso.

Para definir los FOOTPRINT (huellas), se debe tener bien en cuenta aquellos componentes de encapsulado SMD (Surface Mounted Device) y aquellos de tipo THD (Through Hole Device) que poseen pines para ser instalados en perforaciones metalizadas, los cuales van soldados en la tarjeta. Es importante que no existan holes (huecos) de tamaño erróneo, o a su vez los elementos se encuentren demasiado juntos unos de otros. En resumen, los Footprints deben ser exactos ya que van a ser impresos y perforados en una placa electrónica en la cual se montarán los elementos reales.

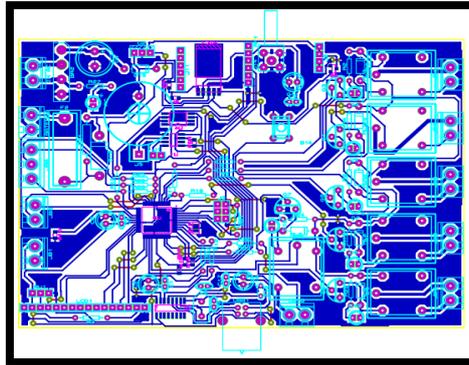


Figura. 3.16. Diseño en Ares de la PCB

Fuente: El autor

3.8.1 PCB tridimensional

En la Figura. 3.17, se muestra el diseño de la placa electronica con sus componentes en tercera dimension, debido a que es de gran utilidad disponer de esta informacion para conocer la altura real que alcanzan los componentes en la placa electronica y de esta forma poder dimensionar correctamente la caja en la que va a ser instalada esta placa.

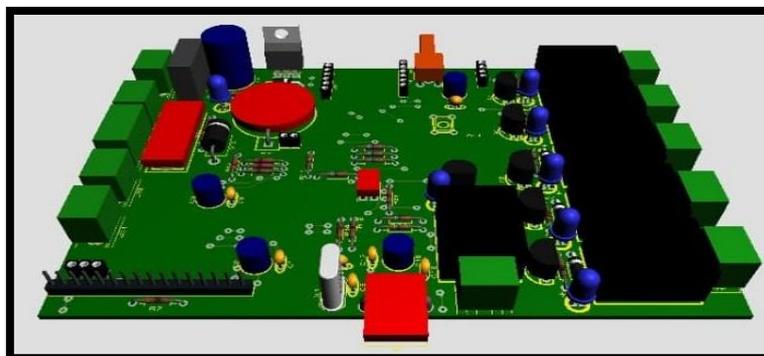


Figura. 3.17. Vista frontal de la PCB en 3D

Fuente: El autor

En la Figura. 3.18, se puede observar la cara posterior de la placa electrónica, donde se encuentran los elementos SMD (Dispositivos de Montaje Superficial), que van montados superficialmente y poseen las pistas de conexión más finas. Si la separación de los pines se dimensiona incorrectamente, se pueden generar problemas al momento de la instalación de estos componentes.

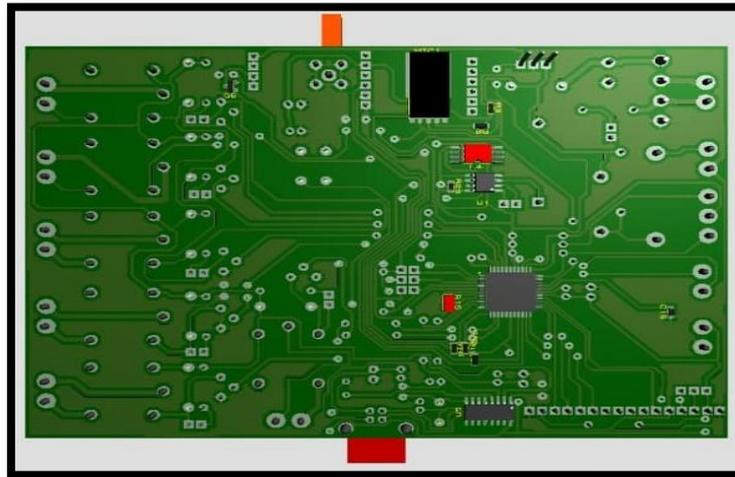


Figura. 3.18. Vista posterior de la PCB en 3D

Fuente: El autor

3.9 Ecuaciones para calibración de sensores

Para conseguir que el detector de fuga y medidor de contenido trabajen correctamente se requiere de las ecuaciones de instrumentación que se presentan a continuación, las cuales serán ingresadas al código de programación para realizar el ajuste de valores.

3.9.1 Ecuación para la calibración del sensor de peso

Los datos planteados en la ecuación 3.1, se obtienen de efectuar mediciones a varias pesas de valor fijo utilizando el sensor, para de esta forma obtener los valores ADC equivalentes al peso del cilindro, el cual es 8 Kilogramos cuando se encuentra sin contenido y 13 kilogramos al estar totalmente lleno.

Datos:

Valor ADC medido en 0Kg (0)

Valor ADC medido en 8Kg (170)

Valor ADC medido en 13Kg (283)

$$Y - 8 = \left(\frac{13 - 8}{283 - 170} \right) (X - 170)$$

Ecuación 3. 1. Calibración del sensor de peso

$$Y - 8 = \left(\frac{5}{113} \right) (X - 170)$$

$$Y - 8 = 0.017699 (X - 170)$$

$$Y = 0.04424X - 7.522123 + 8$$

$$Y = 0.04424X + 0.477876$$

En la Figura. 3.19, se muestra la pendiente de calibración, correspondiente al sensor de peso.

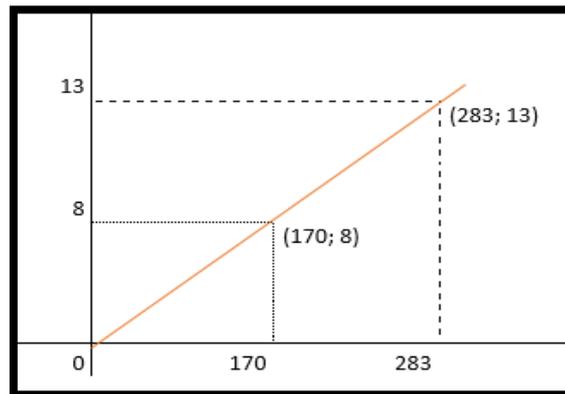


Figura. 3.19. Pendiente de la ecuación de calibración de peso.

Fuente: El autor

3.9.2 Ecuación de conversión a porcentaje

La ecuación 3.2, se utiliza para efectuar la conversión de los valores ADC obtenidos de mediar las pesas de 8 y 13 kilogramos a valor de porcentaje.

Datos:

$$8\text{Kg} = 170 \text{ ADC}$$

$$13\text{kg} = 283 \text{ ADC}$$

$$\text{Porcentaje mínimo} = 0\%$$

Porcentaje máximo = 100%

$$Y - 0 = \left(\frac{100 - 0}{283 - 170} \right) (X - 170)$$

Ecuación 3. 2. Conversión de peso a valor de porcentaje

$$Y - 0 = \left(\frac{100}{113} \right) (X - 170)$$

$$Y - 0 = 0.884955 (X - 170)$$

$$Y - 0 = 0.884955 X - 150.44247$$

$$Y = 0.884955X - 150.44247$$

En la Figura. 3.20, se muestra la pendiente de valores de la calibración de peso, convertidos a porcentaje

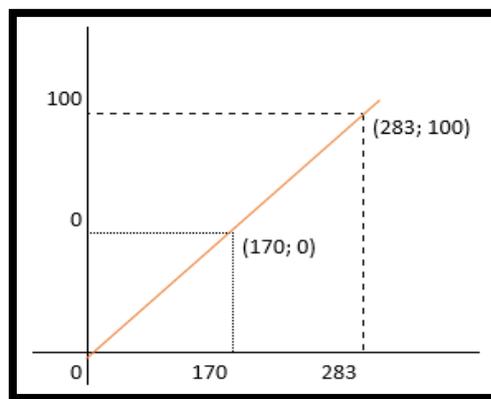


Figura. 3.20. Pendiente de la ecuación para la conversión a valor de porcentaje.

Fuente: El autor

3.9.3 Ecuación para calibrar el sensor de gas

Los datos planteados en la ecuación 3.3, se obtienen de efectuar mediciones utilizando el sensor MQ-6 en conjunto con el detector ARIKON, cuyas lecturas sirven como referencia para registrar los valores ADC equivalentes a las concentraciones de gas de 200 y 5000 ppm.

El valor mínimo de detección está fijado de acuerdo a las especificaciones del sensor MQ-6 y el valor máximo está determinado por ser la concentración más alta visualizada de forma estable en detector de gas utilizado como referencia para la calibración.

Datos:

Valor mínimo de detección = 200 ppm

Valor máximo de detección = 5000 ppm

Valor equivalente a 200 ppm = 88 ADC

Valor equivalente a 5000 ppm = 419 ADC

$$Y - 200 = \left(\frac{5000 - 200}{419 - 88} \right) (X - 88)$$

Ecuación 3. 3. Calibración del sensor de gas

$$Y - 200 = \left(\frac{4800}{331} \right) (X - 88)$$

$$Y - 200 = (14.501510)(X - 88)$$

$$Y - 200 = 14.501510X - 1276.132931$$

$$Y = 14.501510X - 1076.132931$$

En la Figura. 3.21, se observa la pendiente de calibración, correspondiente al sensor de gas

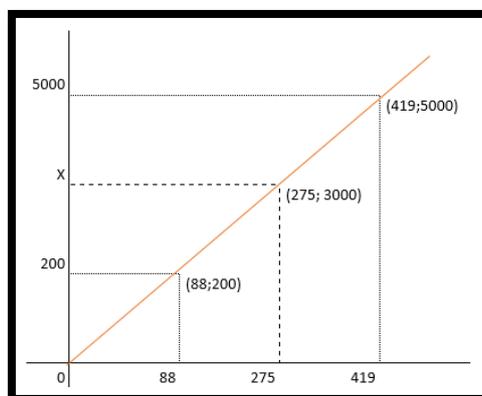


Figura. 3.21. Pendiente de la ecuación para calibración del sensor de gas

Fuente: El autor

3.10 Diseño de la aplicación Android

Para crear la aplicación se utilizó APP INVENTOR 2, que es una plataforma web de estructura compleja que posee un interfaz de desarrollo de fácil manejo y brinda al usuario un entorno de trabajo amigable. Los proyectos creados pueden ser montados en un dispositivo móvil o un emulador de Android.

La plataforma de diseño APP INVENTOR se encuentra dividida en una sección denominada editor de bloques en la cual se detallan todas las funciones, instrucciones y eventos que van a ser realizadas por la aplicación y una sección de diseño de componentes donde es posible configurar la apariencia visual de la pantalla.

A continuación se exhibe en la Figura. 3.22, el diagrama de bloques que permite comprender la estructura de la aplicación desarrollada para la interacción con el sistema.

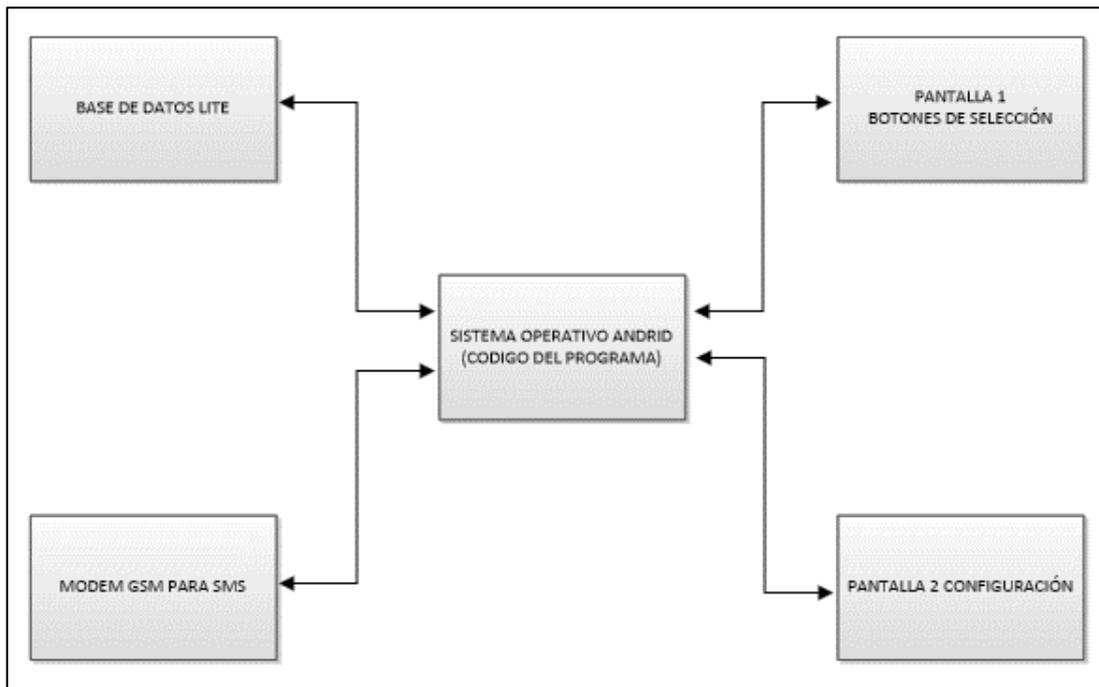


Figura. 3.22. Diagrama de bloque de la aplicación

Fuente: El autor

La aplicación está compuesta por el código del programa, una base de datos lite que hace referencia a un espacio dentro del sistema operativo del dispositivo móvil en el cual se

alacena el número telefónico, una pantalla que contiene los botones para la ejecución de funciones y los indicadores para la lectura de los sensores, una segunda pantalla con el menú de configuración que permite ingresar el número de la tarjeta SIM insertada en el módulo GSM.

El diagrama de flujo que muestra la Figura. 3.23, detalla la programación a ser ejecutada por la aplicación, la cual dentro de APP INVENTOR se implementa en la sección de editor de bloques para determinar el proceso que se va a realizar al momento de iniciar la aplicación, la acción que debe realizar cada botón al ser presionado y los subprocesos a cumplir cuando se selecciona la opción de configuración y lectura de número.

Cuando uno de los botones dedicados a la activación de relés es presionado, se realiza el subproceso de lectura de número que consiste en activar la base de datos, obtener el TAG asociado al número telefónico, transferir la información a una variable global, cerrar la base de datos y continuar con el proceso de envío de SMS para activar el relé que corresponda.

Cuando la tecla de configuración es presionada se realiza el subproceso que consiste en habilitar el teclado para ingresar el nuevo número, confirmar si se desea guardarlo y por ultimo guardarlo en la base de datos el TAG del número telefónico.

3.10.1 Programación de la aplicación

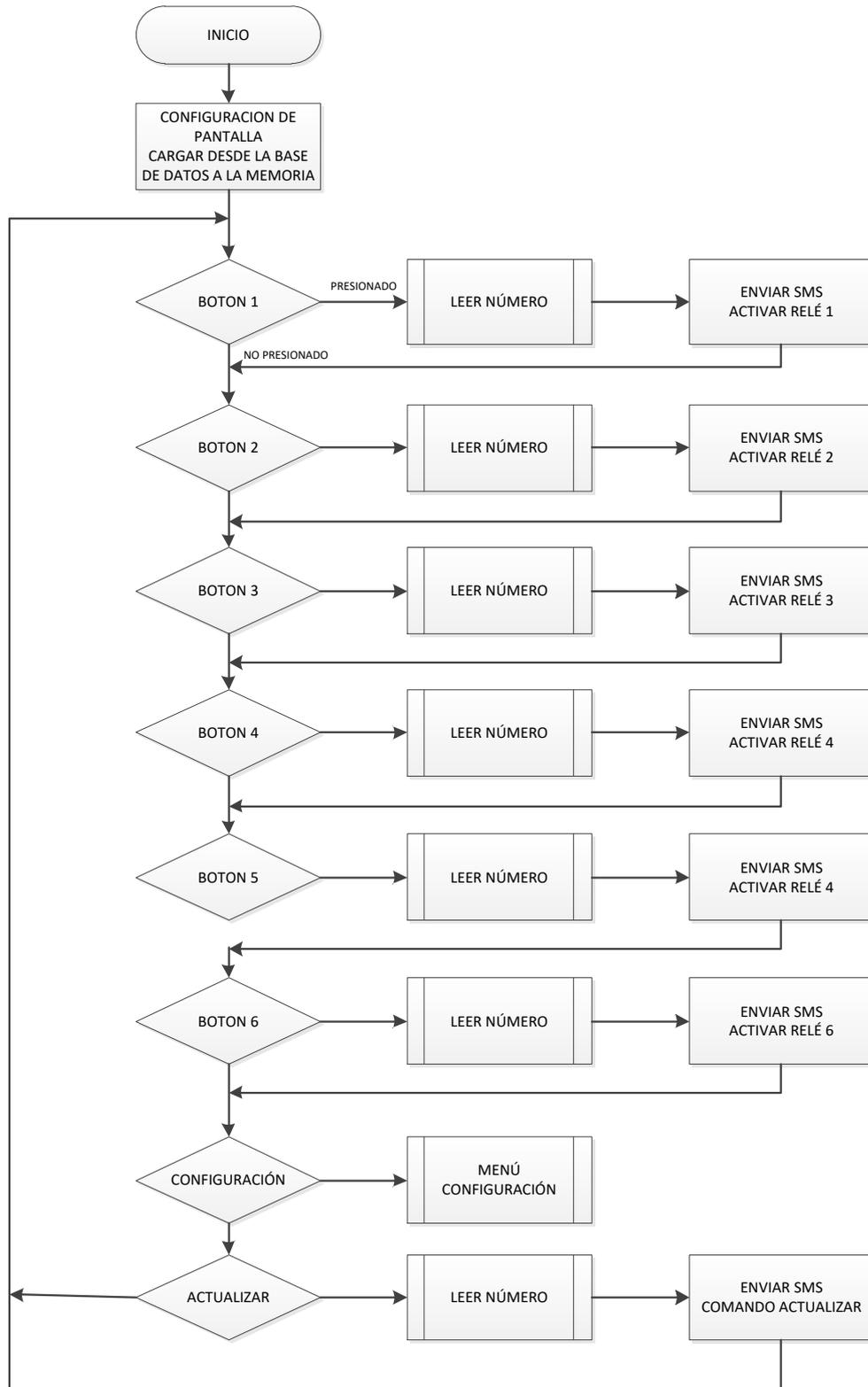


Figura. 3.23. Diagrama de flujo de la programación de la aplicación

Fuente: El autor

Estructura de bloques

En la Figura. 3.24, se observa la composición del diseño de la aplicación en forma de esquema de bloques que se traducen a instrucciones, las cuales están determinadas en el flujograma de programación para permitir especificar las acciones que debe realizar cada uno de los componente.



Figura. 3.24. Estructura de bloques de la aplicación

Fuente: El autor

3.10.2 Diseño estético de la aplicación

Se configura el aspecto visual de la aplicación a través de la sección de diseño de componentes. Tomando en cuenta el diagrama de bloques y el flujograma de la programación, se elige cada uno de los elementos que constituyen la aplicación y se personalizan sus características con el objetivo de obtener una interfaz llamativa como se muestra en la Figura. 3.25.



Figura. 3.25. Diseño estético de la aplicación

Fuente: El autor

3.11 Diseño de la caja para el dispositivo electrónico

En las Figura. 3.26, se visualiza en 3D el diseño de la caja plástica en donde se van a ubicar la placa electrónica, el transformador, y los demás componentes que conforman la unidad de control.

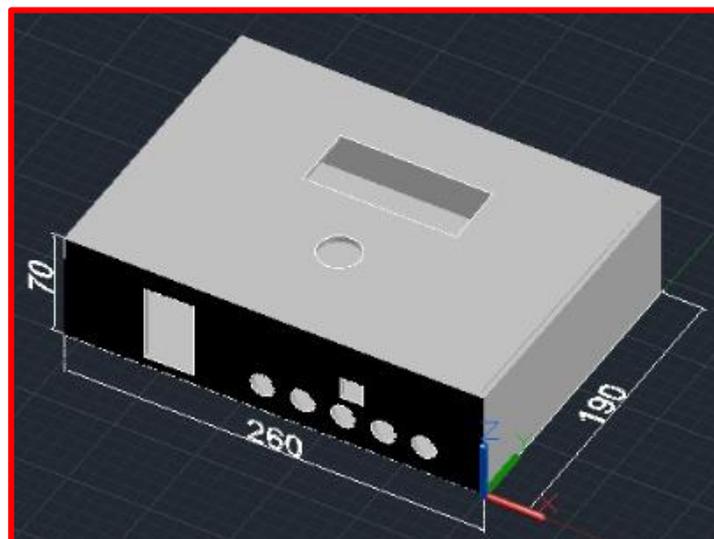


Figura. 3.26. Diseño en 3D de la caja que contiene la unidad de control

Fuente: El autor

En la Figura. 3.27, se muestra los detalles de la vista superior e inferior de la caja, donde se encuentran las aberturas para situar el conector del cable de alimentación principal y el conector USB, además es posible observar los orificios por los cuales ingresan los cables de conexión del detector de fuga, el medidor de contenido y los cables de alimentación para los dispositivos que son controlados por el módulo de actuadores.

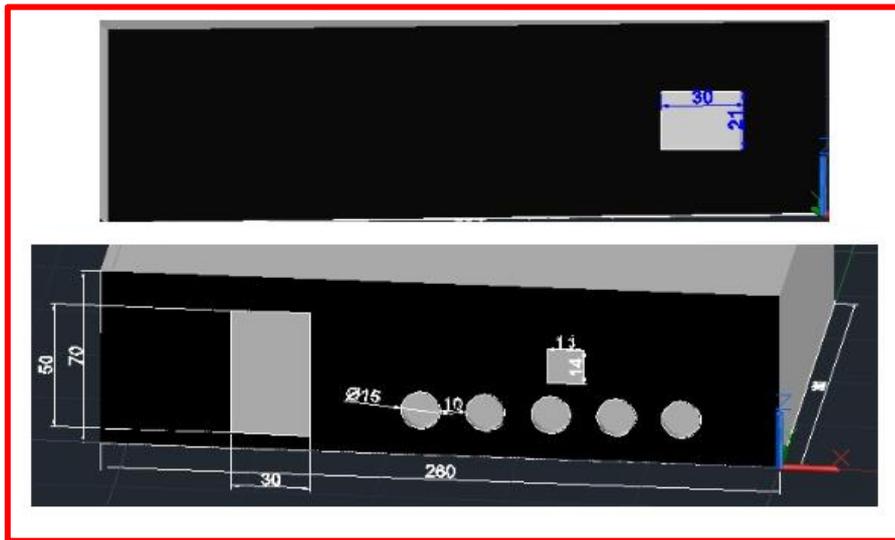


Figura. 3.27. Vista superior e inferior de la caja

Fuente: El autor

3.12 Análisis del costo

3.12.1 Proformas De Costos

Se realizaron proformas de materiales eléctricos, mecánicos y mano de obra, a diferentes proveedores que se detallan a continuación:

Materiales electrónicos

Electrónica Colón

APM Electrónica

Electrónica del Norte

Materiales mecánicos

Almacén Ing. Jácome

Almacén “Todo Gas”

Mano de obra

Carpintería “Don Sntaxi”

Carpintería “Omar”

Ferretería y Madera “San francisco”

Metalmecánica “Rumiloma”

Cerrajería “JC”

Cerrajería “Crisanto”

La selección de los proveedores se realizó en base a la variedad, precio, calidad y disponibilidad, como se muestra en la Tabla. 3.2.

Tabla. 3.2. Comparación de proveedores

	Electrónica Colón	APM Electrónica	Electrónica del Norte
Materiales Electrónicos	\$ 463, 85 dólares	\$ 449, 96 dólares	\$ 452, 28 dólares
	Almacén Ing. Jácome	Almacén “Todo Gas”	
Materiales mecánicos	\$ 170, 27 dólares	\$ 174, 78	
	Carpintería “Don Sntaxi”	Carpintería “Oña”	Ferretería y madera “San Francisco”
Mano de obra (incluye madera)	\$ 40,00 dólares	\$ 49,00 dólares	\$ 36,00 dólares
	Metalmecánica “Rumiloma”	Cerrajería “JC”	Cerrajería “Crisanto”
Mano de obra (incluye hierro)	\$ 25 dólares	\$ 28 dólares	\$ 30 dólares

Fuente: El autor

3.12.2 Materiales electrónicos

Capacitores

Los capacitores utilizados en el presente proyecto se muestran en la Tabla. 3.3, dando un total de 12 capacitores.

Tabla. 3.3. Capacitores

Cantidad	Referencia	Característica
6	C1,C3,C9,C12,C17,C19	100NF
2	C2,C8	100UF
1	C4	1000UF
2	C11,C16	10UF
1	C18	1k

Fuente: El autor

Resistencias

Para la elaboración de la placa electrónica se utilizó 28 resistencias, cuyos valores se detallan en la Tabla. 3.4.

Tabla. 3.4. Resistencias

Cantidad	Referencia	Característica
6	R1,R3,R5,R18,R20,R23	5.6k Ω
1	R7	100 Ω
2	R8,R11	100k Ω
1	R9	43k Ω
6	R10,R13,R16,R21,R29-R30	10k Ω
2	R12,R14	1k Ω
1	R27	560 Ω
1	R31	33 Ω

Fuente: El autor

Circuitos Integrados

Se incorporó en el desarrollo del proyecto 5 circuitos integrados los cuales se detallan en la Tabla. 3.5.

Tabla. 3.5. Circuitos integrados

Cantidad	Referencia	Característica
1	U1	DS1307 (reloj decimal con código binario completo)
1	U2	7805 (regulador 5 voltios)
1	U3	ATmega 164P (microcontrolador)
1	U4	24LC512 (Memoria EPROM)
1	U5	CH340G (Puerto HMI)

Fuente: El autor

Diodos

Se implementó diferentes diodos, especificados en la Tabla. 3.6, con sus respectivas características.

Tabla. 3.6. Diodos, especificaciones

Cantidad	Referencia	Característica
8	D1-D3,D6,D9,D11,D15-D16	1N4007
6	D4-D5,D7-D8,D10,D12	LED 3MM

Fuente: El autor

Otros componentes

Fue necesario el uso de otros materiales y componentes electrónicos no descritos anteriormente, como se muestra en la Tabla. 3.7.

Tabla. 3.7. Varios, especificaciones

Cantidad	Referencia	Característica
1	CAJA PLÁSTICA	26x19 cm
1	INDICADOR DE FUENTE AC	Diodo LED
1	BATERIA RECARGABLE	12VOLTIOS 5AH
1	B14	Potenciómetro 43k
1	BATERIA PARA MEMORIA	Batería 3 voltios
1	BR2	KBU4A
1	F2	FUSIBLE
4	IN AC,JB1-JB2,JB7	BORNERA
1	Transmisor de celda de carga con galga extensiométrica	Capacidad de carga de 20kg
1	Acondicionador para celda de carga modelo: TD-SST02	Sadia de voltaje para trabajo de 0-5 voltios DC
1	Módulo LM 2596	Regulador de voltaje step down
9	J1, J2,J3 J11,J14,JB3- JB5,JB8-JB10	CONECTORES
1	LCD	4 x 20 fondo azul
1	MIC29302	Regulador de Voltaje, 3 A
1	RF1	RF GSM
6	RL1-RL6	CONN-SIL8
1	RV1	100NF

Fuente: El autor

3.12.3 Materiales mecánicos

La Tabla. 3.8, detalla la cantidad y características de los materiales utilizados para las conexiones del cilindro de gas.

Tabla. 3.8. Materiales

Cantidad	Referencia	Característica
1	Electroválvula	110 V.
1	Manguera M6	1 mtr.
1	Regulador de Gas	Con manómetro
3	Acoples para conexión de mangueras	Cobre para uso doméstico

Fuente: El autor

3.12.4 Mano de obra

En la Tabla. 3.9, se detalla para que fue requerida la mano de obra externa.

Tabla. 3.9. Costo mano de obra

Mano de obra	Característica
Carpintero	Para elaborar la maqueta
Cerrajero	Construcción de la estructura para el medidor de contenido

Fuente: El autor

3.12.5 Costos totales

En la Tabla. 3.10, se detalla el costo, la cantidad, valor unitario y valor total de los elementos requeridos para el desarrollo de este proyecto.

Tabla. 3.10. Presupuesto del proyecto

Objeto	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Caja plástica 25x18cm	1	19,50	19,50
Estructura metálica para bascula	1	15,00	15,00
Módulo GSM sim 800	1	20,00	20,00
Tarjeta SIM	1	4,00	4,00
Microcontrolador ATmega 324AP	1	12,00	12,00
Módulo acondicionador de señal para celda de carga modelo: TD-SST02	1	60,00	60,00
Módulo regulador LM 2596	1	2,25	2,25
galga extensiométrica de 20kg	1	4,50	4,50
Sensor de gas MQ-6	1	5,25	5,25
LCD de 4 x 20	1	14,00	14,00
Batería recargable de 12 voltios 5AH	1	20,50	20,50
Batería de 9 Voltios	1	1,80	1,80
Baquelita	20x20cm	15,00	15,00
Madera de 9 mm de espesor	3x2m	25,00	25,00
Teléfono celular	1	150,00	150,00
Cable de alimentación 110 Voltios	1	4,50	4,50
Cable concéntrico de 4 hilos calibre 16	7m	1,15	8,05
Retenedores para cable concéntrico 4x16	6	0,80	8,80
Terminales eléctricos	40	0,08	3,20
Cámara IP	1	38,49	38,49
Extractor de olores	1	19,00	19,00
Motor (Actuador) para apertura de ventanas	1	50,00	50,00
Alarma auditiva	1	16,48	16,48
Alarma visual	1	19,97	19,97
Electroválvula para gas bobina 110 Voltios	1	50,00	50,00

Relés de 250V 7A bobina 12V	6	10,00	60,00
Puente de diodos 5 amperios	1	5,30	5,30
Integrado LM7805	1	1,25	1,25
Transistores 2N3904	9	0,45	4,05
Diodos led	8	0,10	0,80
capacitores	12	0,15	1,80
Resistencias	28	0,08	2,24
Integrado DS1307	1	2,00	2,00
Memoria eeprom 24LC512	1	2,05	2,05
Módulo CH340G	1	4,00	4,00
Conector USB	1	1,00	1,00
Fusibles 3 Amperios 250 voltios	2	0,10	0,20
Borneras para baquelita	9	0,25	2,25
Bornera electrica de 10 Amperios	5	1,20	6,00
Buzzer	1	0,50	0,50
Potenciómetro 43k Ω	1	0,50	0,50
		Total	\$ 681,23

Fuente: El autor

3.13. Análisis del tiempo

El presente proyecto tiene una de duración de 6 meses, tiempo en el cual se realiza el diseño de los diferentes circuitos electrónicos a ser utilizados, las respectivas pruebas para determinar los sensores adecuados para el propósito requerido, la construcción de placa electrónica, el ensamblaje de los componentes, calibración de sensores, pruebas de funcionamiento y la elaboración de la documentación pertinente. El cronograma de actividades se muestra en la Figura. 3.28.

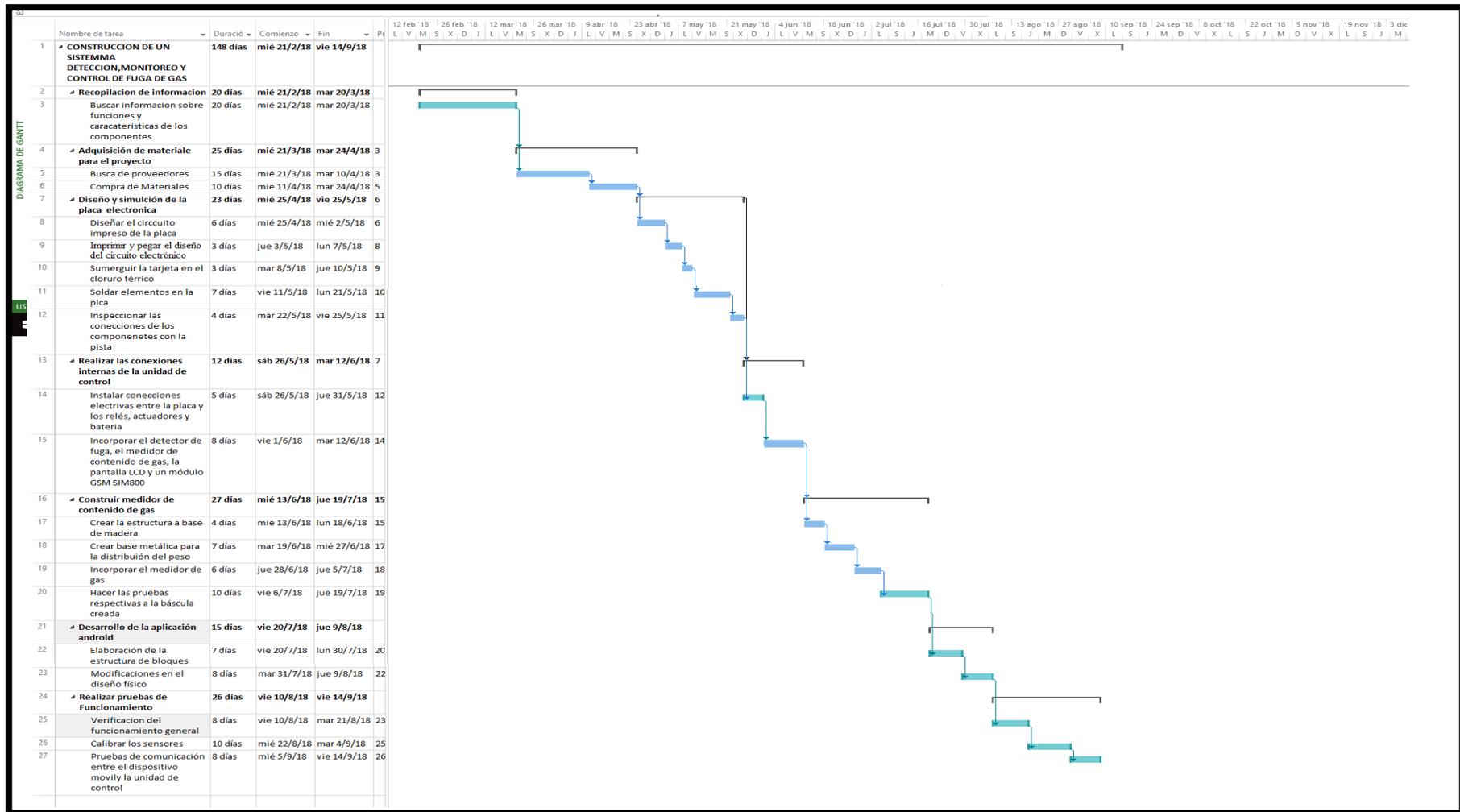


Figura. 3.28. Cronograma en Project

Fuente: El autor

3.14. Ventajas del sistema

A continuación se mencionan las ventajas que provee el sistema, plateadas en base a los diseño del detector de gas, el medidor de contenido y la aplicación Android desarrollada para la interacción con el sistema de forma inalámbrica.

El detector de fuga incorporado en el sistema cuenta con un sensor de alta sensibilidad que le permite al dispositivo detectar la fuga en sus inicios para tomar medidas correctivas y poder controlar la fuga, evitando que la concentración de gas se incremente a niveles de alta peligrosidad.

Posee un sensor de peso que mide constantemente el porcentaje de gas disponible dentro del cilindro, esta información representa una gran ayuda al momento de determinar cuándo debe ser recargado y de esta forma evita la interrupción de actividades relacionadas con el uso de este recurso.

La placa electrónica tiene incluido en su diseño un circuito de carga de batería, el cual le permita al sistema continuar activado durante los cortes de energía. Gracias a la eficacia del diseño la pérdida y restitución de energía es imperceptible par el microcontrolador.

El sistema cuenta con una aplicación que permite controlar el módulo de actuadores que se encuentra dentro de la unidad de control de forma inalámbrica. Esta comunicación es efectuada por un módulo GSM incluido en el diseño de dispositivo electrónico a través del cual es posible enviar mensajes de texto, y realizar llamadas.

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN

4.1. Desarrollo

4.1.1 Construcción de la unidad de control

Elaboración de la PCB

En la Figura. 4.1, se muestra la placa electrónica con sus respectivas pistas.

Para realizar este proceso se siguieron los siguientes pasos:

- Se efectuó la impresión del diseño electrónico en papel fotográfico, utilizando una impresora láser.
- Para adherir el circuito impreso a la baquelita de cobre se empleó una plancha cacaera a su máxima temperatura, frotándola sobre la impresión por varios minutos hasta que la imagen se impregne en su totalidad.
- Una vez que la placa se enfrió completamente, fue sumergida en agua por alrededor de 20 minutos y a continuación fueron retirados los restos de papel cuidadosamente, para continuar con el proceso del ataque químico.
- La tarjeta fue sumergida en cloruro férrico durante 28 minutos, hasta conseguir retirar el cobre que no se encontraba cubierto por la impresión.

- Una vez finalizado el ataque químico se realizó la limpieza de la tarjeta con un algodón y acetona.
- Con la ayuda de un punzón metálico se procedió a marcar los puntos donde van las perforaciones con el propósito de facilitar la elaboración de los agujeros requeridos.
- Se elaboraron las perforaciones utilización un taladro y haciendo uso de la respectiva protección como guantes y gafas para evitar daños.

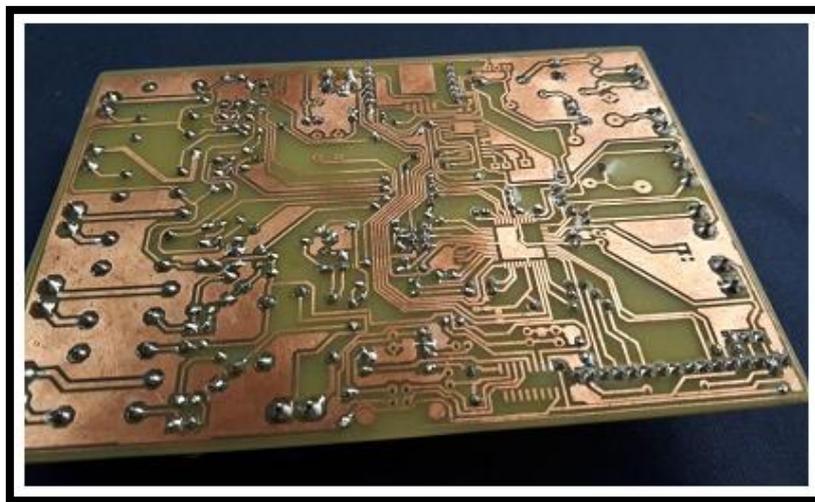


Figura. 4.1. PCB de la unidad de control

Fuente: El autor

Montaje y soldadura de los elementos electrónicos

En la Figura. 4.2, se observa el proceso de soldadura de los elementos en la placa electrónica, utilizando estaño y un agente químico de limpieza, tomando en cuenta lo siguiente:

Para efectuar el proceso de suelda se utilizó un cautín de 30 Vatios, con la finalidad de evitar daños por temperatura a los componentes SMD, se limpió la punta del cautín constantemente para realizar sueldas sin demasiado exceso que pueda ocasionar que los pines de los elementos se junten al momento de ser soldados a la placa. Al finalizar la

soldadura de cada componente se inspecciono las conexiones de los mismos con las pistas, utilizando un multímetro digital para verificar continuidad y proceder con su respectiva limpieza.

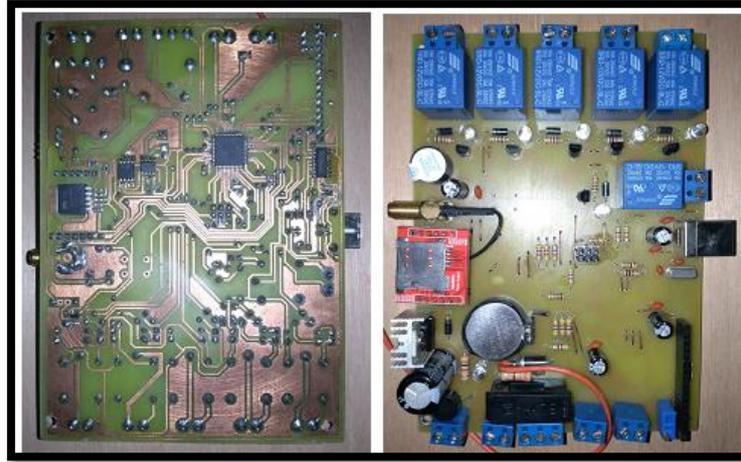


Figura. 4.2. Placa electrónica de la unidad de control

Fuente: El autor

En la Figura. 4.3, se visualiza el módulo de actuadores que está compuesto de 6 relés, cada uno en conjunto con una bornera de conexión eléctrica.



Figura. 4.3. Módulo de actuadores eléctricos

Fuente: El autor

Conexiones internas de la unidad de control

A continuación se detallan las conexiones entre la placa electrónica y los diferentes elementos que conforman la unidad de control, como se aprecia en la Figura. 4.4.

El interruptor de encendido se encuentra conectado a las barras de distribución de energía, en la cual está acoplado el transformador que reduce el voltaje principal de 110 a 24 voltios de corriente alterna, que sirve para alimentar la placa electrónica y 4 relés que son parte del módulo de actuadores.

En la barra de corriente continua están enlazados los dos relés restantes del módulo de actuadores y la batería de respaldo de 12 voltios, 5 amperios/hora, que tiene conexión auxiliar con la placa electrónica.

En la placa electrónica van conectados el detector de fuga, el medidor de contenido de gas, la pantalla LCD y un módulo GSM SIM800 con ranura para instalar un chip de telefonía móvil.

El modem dispone de un conector SMA mini para conexión a una antena con sensibilidad de 2 decibeles; además, la placa tiene incorporado un conector SMA adicional para instalar una antena de mayor sensibilidad en caso de no disponer de buena cobertura GSM.

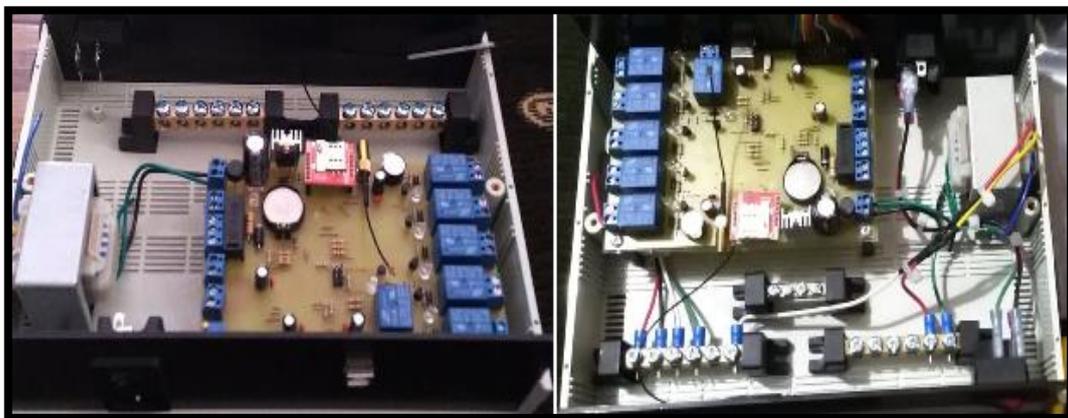


Figura. 4.4. Conexiones de la unidad de control

Fuente: El autor

4.1.2 Construcción del medidor de contenido gas

El medidor está basado en una báscula, constituida por un módulo acondicionador de señal y la celda de carga que se encuentra sujeta a una base metálica, para proporcionar una correcta distribución de la masa a ser pesada.

La base mencionada debe ser resistente, debido a que el peso total del cilindro con el 100% de contenido, es de 13Kg.

Todos los componentes anteriormente mencionados se encuentran dentro en una estructura elaborada de madera con un soporte metálico, como se observa en la Figura. 4.5.



Figura. 4.5. Medidor de contenido de gas

Fuente: El autor

Conexión de la celda de carga

En la Figura. 4.6, se muestran las conexiones de los cuatro cables que provienen de la celda de carga de 20 Kg de capacidad máxima, la cual contiene en su interior una galga extensiométrica que se deforman por la aplicación de una fuerza externa, dando como resultado una variación de resistencia que es la señal que ingresa al acondicionador a través de los 4 cables antes mencionados.



Figura. 4.6. Conexiones del módulo acondicionador

Fuente: El autor

Conexión del módulo acondicionador de señal

Al módulo van conectados los cables de alimentación con 16 voltios de corriente continua provenientes de la placa electrónica y sirven para poner en funcionamiento el acondicionador, los cables que retornan la señal obtenida de la celda de carga previamente acondicionada por instrumentación basada en un puente de Winston y amplificadores operacionales que permiten obtener la variación de resistencia ejercida por la deformación de las galgas en función de voltaje, para posteriormente ingresar por un puerto analógico del microcontrolador.

Calibración del medidor

Para efectuar la calibración del medidor, se realizó una toma de muestras utilizando pesas estándar de 5 kg, las cuales fueron colocadas sobre el medidor hasta obtener el valor equivalente al peso del cilindro vacío, igual a 8Kg de acuerdo con las especificaciones del fabricante, con esta referencia se procedió a registrar el valor ADC emitido por el acondicionador de señal dentro del medidor.

El proceso anterior se realizó incrementando el peso en intervalos de 0.5 kg y registrando su respectivo valor en ADC, hasta llegar al peso que es equivalente a un cilindro completamente lleno el cual es 13kg, de igual manera la referencia se obtuvo de las especificaciones del fabricante.

El proceso de registro de valores ADC fue ejecutado por tres ocasiones y de esa manera se obtuvieron los valores mostrados en la Tabla. 4.1.

Una vez ingresada la ecuación en el código de programación se llevó a cabo mediciones comparativas, utilizando pesas de varios valores para determinar la repetitividad y el porcentaje de error de las lecturas del medidor.

Tabla. 4.1. Datos de calibración del medidor de contenido de gas

Valor en kilogramos	Equivalencia en porcentaje	Lectura de la celda de carga en valor (ADC)			Valor (ADC)	Medidor de contenido de gas	Porcentaje (%) de error
		1	2	3			
Referencia de pesas estándar	Peso equivalente en %				Lectura promedio ADC	Lectura del equipo en %	En relación a las pesas
8	0	170	169	173	170	0	0
8.5	10	181	181	182	181	9	1
9	20	192	190	190	190	21	1
9.5	30	203	202	204	203	31	1
10	40	215	217	216	216	41	1
10.5	50	226	224	226	225	49	-1
11	60	237	237	235	236	62	2
11.5	70	249	248	247	248	69	-1
12	80	260	260	261	260	80	0
1.5	90	271	271	272	271	93	2
13	100	283	283	281	282	99	-1

Fuente: El autor

4.1.3 Construcción del detector de fuga de gas

El detector de gas está compuesto de un sensor MQ-6, el cual varía su resistencia interna en función de la variación de concentración de gas detectada, esto es posible gracias a que en su interior tiene un calentador en conjunto con un elemento altamente sensible. La

señal arrojada por dicho sensor pasa por un proceso de acondicionamiento, el cual permite obtener la variación de resistencia emitida por el sensor en función de voltaje.

Conexión del sensor MQ-6

En la Figura. 4.7, se observan las conexiones eléctricas del voltaje de alimentación, que es de 5 VDC y la salida analógica del sensor MQ-6, cabe destacar que el sensor necesita un módulo regulador de voltaje individual debido a que la resistencia interna del sensor se calienta cuando entra en funcionamiento, para que de esta forma pueda censar el gas por lo que es de suma importancia tener una fuente regulada y de preferencia dedicada solo para el sensor con el fin de que no se produzcan errores de medición.



Figura. 4.7. Conexiones del sensor de gas

Fuente: El autor

Calibración del detector

Utilizando protección para evitar perjuicios por inhalación del gas se realizaron mediciones comparativas entre el detector construido y el detector ARIKON.

Regulando la presión de salida del cilindro a 20 milibares para simular una fuga de gas y situando los dos detectores a una distancia de 1 metro del cilindro, se libera el gas con el objetivo de observar el incremento de los ppm en los dos dispositivos, registrar los valores que se muestran en la Tabla. 4.2, verificar si las lecturas son iguales y confirmar que las alarmas se activan al mismo tiempo en los dos equipos.

El proceso mencionado anteriormente se efectuó por tres ocasiones con el fin de observar si las lecturas son repetitivas.

Debido a que una de las mayores problemáticas al momento de manipular el gas, es su alta peligrosidad fue necesario realizar pruebas de medición con intervalos largos de tiempo, para evita que la concentración de gas llegue a incrementarse a niveles que puedan ocasionar un accidente. El no conseguir igualdad de condiciones para todas las mediciones debido a los cambios de temperatura, el flujo de aire y la irregularidad de disipación del gas, dificultó la obtención de datos precisos.

Tabla. 4.2. Datos de calibración del detector de gas

Valor en (PPM)	Lectura (sensor MQ-6) en valor (ADC)			Valor (ADC)	Detector de gas	Porcentaje (%) de error
Referencia detector de fuga ARIKON	1	2	3	Lectura promedio ADC	Lectura del dispositivo en PPM	En relación con el detector ARIKON
200	88	84	87	86	199	-0.5
400	91	92	90	90	432	7.40
600	102	107	104	104	624	3.84
800	123	129	121	124	856	6.54
1000	135	133	129	132	1133	11.73
2000	168	171	159	166	2210	9.50
2200	184	189	181	184	2483	11.39
2600	218	214	218	216	2824	7.93
2800	256	244	253	251	2958	5.34
3000	281	282	290	284	3480	13.79
3200	304	306	301	303	3675	12.92
3600	329	321	324	324	3896	7.59
3800	343	339	341	341	4156	8.56
4000	369	360	362	363	4322	7.45
4200	373	371	382	375	4500	6.66
4400	381	373	386	380	4552	3.33
4600	397	391	395	394	4921	6.52
4800	408	402	407	405	5233	8.27
5000	419	421	415	418	5400	7.40

Fuente: El autor

4.1.4 Instalación de la aplicación en el dispositivo móvil

Con el diseño final de la aplicación, se genera el archivo APK como se muestra en la Figura. 4.8, que corresponde al instalador de la aplicación, este archivo puede ser obtenido por medio de la descarga directa hacia el computador o generando un código de barras bidimensional cuadrada que contiene los datos codificados de la dirección web donde se encuentra el instalador.

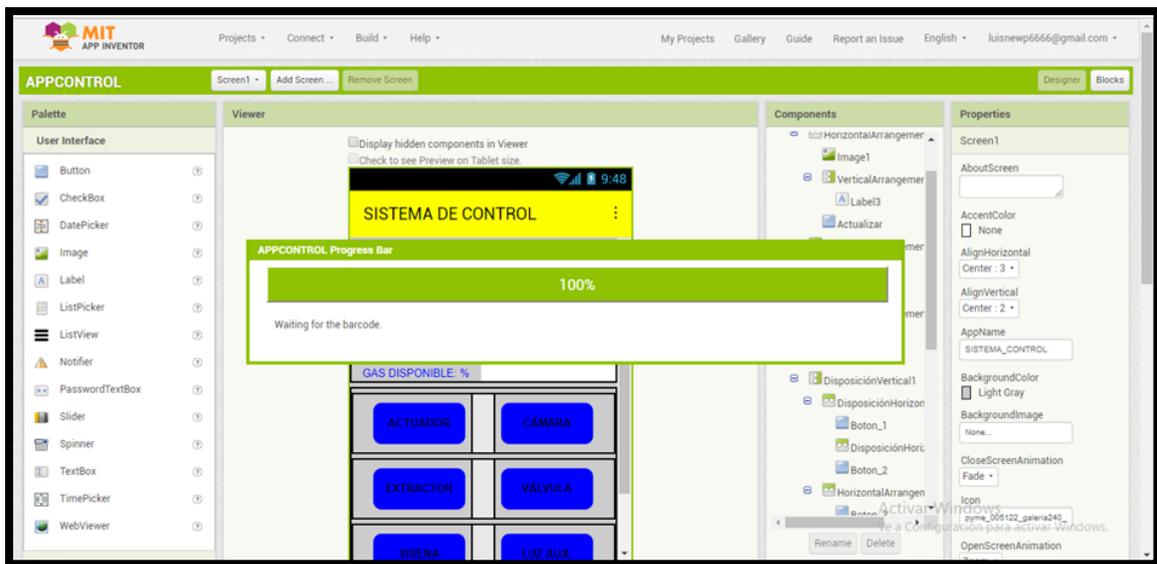


Figura. 4.8. Archivo APK de la aplicación

Fuente: El autor

Para instalar la aplicación creada es necesario realizar el siguiente proceso de configuración en el dispositivo móvil.

- Transferir el archivo APK generado por la plataforma de diseño APP INVENTOR, se lo puede realizar por medio de un cable de datos o por descarga mediante la lectura de código QR.
- En el dispositivo móvil se debe acceder a la sección de configuración, seleccionar seguridad y activar el permiso para la instalación de aplicaciones de origen desconocido.

- Instalar el archivo APK y una vez finalizado este proceso, dar apertura de la aplicación concediendo los permisos requeridos para que pueda funcionar correctamente.
- Dentro de la aplicación, en la sección de configuración se ingresa el número de la tarjeta SIM dentro del módulo GSM.

4.2. Implementación

Para la demostración del funcionamiento del sistema, se llevó a cabo la elaboración de una maqueta en la cual van instalados todos los elementos que se detallan a continuación y se muestran en la Figura. 4.9.

Componentes de la maqueta.

- Estructura de madera
- Unidad de control
- Batería recargable de respaldo
- Cámara IP
- Alarma auditiva
- Alarma visual
- Electroválvula
- Extractor de olores
- Mecanismo para apertura de ventana
- Cilindro de gas 5kg
- Medidor de contenido de gas
- Detector de fuga de gas
- Válvula de seguridad para cilindro de gas



Figura. 4.9. Maqueta demostrativa del sistema.

Fuente: El autor

4.3 Pruebas de funcionamiento

4.3.1 Encendido de la unidad de control

La unidad de control es encendida por un interruptor ubicado en la parte superior, que posee un indicador luminoso para mostrar la condición, una vez activado ejecuta la siguiente rutina.

- La pantalla LCD se enciende mostrando la luz de fondo sin datos.
- La unidad de control espera aproximadamente 10 segundos para que el módulo GSM se estabilice, verifique que los sensores se encuentren conectados y que el cilindro de gas este sobre el medidor de contenido para posteriormente mostrar los datos en la LCD

- Durante otros 10 segundos la unidad de control realiza la preparación de los sensores conectados, este tiempo se utiliza para el calentamiento del sensor de gas y la estabilización de la lectura del sensor de peso que parte desde el valor pico y va disminuyendo hasta alcanzar el valor real. Una vez concluida esta rutina la unidad de control esta lista para interactuar con el sistema.

4.3.2 Medición del contenido de gas en el cilindro

Al encontrarse encendida la unidad de control, el circuito de medición se energiza y a continuación realiza una verificación de valores partiendo desde el 100 % de porcentaje y va disminuyendo hasta alcanzar el porcentaje real que está disponible en el cilindro colocado sobre el medidor.

4.3.3 Detección de fuga de gas

Una vez energizado el sensor se prepara por 10 segundos hasta que su calentador interno alcance la temperatura de trabajo y pueda censar el gas para enviar la información que es mostrada en la LCD; cuyo valor parte de 199 ppm, esto se debe a que en las especificaciones del fabricante se indica que el sensor fue diseñado para detectar cierta concentración de gas natural en el ambiente y no puede medir valores inferiores a 200ppm; por este motivo dentro de la programación se considera todos los valores inferiores a este parámetro como 199 ppm. Cuando la concentración de gas registrada por el sensor supera los 4000 ppm se activar la alarma y se muestra en la pantalla LCD el mensaje de información.

4.3.4 Activación de alarmas y envió de notificaciones

Activando las alarmas de forma intencional se corrobora que los procesos dentro de la programación del microcontrolador se ejecuten apropiadamente.

Cuando se trata de la fuga de gas, el sistema realiza él envió de notificaciones al número que está registrado a través de un mensaje de texto con la información “ALERTA!!!

FUGA DE GAS DETECTADA”, posteriormente ejecuta una llamada que tiene una duración de 20 segundos, esta llamada no contiene mensaje voz. Durante el tiempo que dura dicho proceso la pantalla LDC se bloquea y aparece en la línea de indicación correspondiente al sensor de gas, el mensaje “FUGA DETECTADA”.

Cuando se dispone de un porcentaje de contenido inferior al 20%, realiza el mismo proceso descrito anteriormente a excepción de la información que contiene el mensaje, la cual es “ALERTA!!! CONTENIDO DE GAS INFERIOR AL 20% DEBE RECARGAR EL CILINDRO” Y en la pantalla aparece la información de “BAJO % DE GAS”.

Una vez activada alguna de las alarmas, es necesario resetear el sistema a través del botón que dispone la unidad de control en su porte frontal, debido a que la etapa de detección se bloquea con la finalidad de realizar una verificación del entorno evitando que el saldo y los mensajes de la tarjeta SIM insertada en el módulo GSM se agoten.

4.3.5 Aplicación Android y módulo de actuadores

Para confirmar que la aplicación y el módulo de actuadores funcionen correctamente se pulsa cada una de las teclas táctiles que contiene la pantalla principal, en distinto orden y por varias ocasiones, verificando que el relé enlazado a la tecla pulsada se active y el dispositivo conectado se encienda.

4.3.6 Lectura de los datos

Se activa intencionalmente varias veces las alarmas para generar los datos que la unidad de control debe guardar dentro de la memoria EEPROM. A través de un cable USB se conecta el computador a la unidad de control, utilizando una interfaz hipertextual y ejecutando el comando leer, se da inicio a la lectura de la memoria para verificar que los registros con la información de las alarmas, la fecha y hora del evento estén almacenados.

4.4 Análisis de resultados

Finalizadas las pruebas de funcionamiento fue posible corroborar que el sistema se enciende correctamente, la unidad de control trabaja con normalidad energizando los circuitos complementarios de forma adecuada y que no existen sobrecalentamientos de los elementos en su interior con el trabajo constante.

El detector de gas trabaja adecuadamente y es capaz de percibir una fuga de gas en sus inicios, siempre que se encuentre máximo a 3 metros de distancia de la instalación que se desea monitorear.

El medidor de contenido, provee al sistema de una lectura con variación del 2%, brindando una alta confiabilidad para saber qué porcentaje de contenido de gas se encuentra disponible dentro del cilindro.

La aplicación Android diseñada resulta amigable, fácil de utilizar y todas sus funciones se efectúan con normalidad.

Los datos de las alarmas se almacenan correctamente en el orden de la fecha y hora en que se generó el evento. A continuación se presenta la Tabla. 4.3, con el resumen del análisis de resultados

Tabla. 4.3. Análisis de resultados

Proceso	Cumple	No cumple	Observaciones
Encendido de la unidad de control con normalidad	X		Se requiere de 20 segundos hasta la estabilización completa del sistema
Medición de contenido de gas disponible en cilindro	X		Lectura mostrada en porcentaje
Detección de fugas de gas	X		Cuando la concentración de gas supere 3000 (PPM)
Envío de notificaciones	X		Mediante mensajes y llamadas sin datos de voz
Interactividad con la aplicación	X		Se requiere disponer de mensajes de texto

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

Las distintas conclusiones están generadas en base a los objetivos específicos planteados en la elaboración de este proyecto.

- Se diseñó el dispositivo electrónico, logrando que detecte fugas de gas, almacene información y muestre a través de una pantalla LCD datos de hora, fecha y el porcentaje de contenido de un cilindro de gas de 5 kilogramos.
- Se incorporó un módulo GSM a través del cual el dispositivo electrónico envía mensajes de texto y realiza llamadas para notificar la presencia de una fuga o el bajo porcentaje de gas.
- Se desarrolló la aplicación exitosamente, consiguiendo monitorear y controlar de forma inalámbrica los seis dispositivos conectados al módulo de actuadores.
- Se implementó el módulo de actuadores al sistema, se conectó la alarma visual, alarma auditiva, cámara, electroválvula, el extractor y el actuador para apertura de una ventana, comprobando la operatividad de estos dispositivos desde la aplicación Android, obteniendo resultados favorables.
- Se realizaron las pruebas de validación del funcionamiento del sistema por varias ocasiones logrando comprobar un alto porcentaje de funcionalidad.

RECOMENDACIONES

- Con el propósito de lograr que el medidor de contenido funcione para el cilindro de uso convencional cuyo peso es de 30kg, se debe añadir mejoras tanto al diseño de la estructura como al circuito electrónico de este prototipo.
- Para futuras investigaciones que requieran una mayor capacidad de almacenamiento en el dispositivo electrónico, se recomienda añadir al diseño una tarjeta de memoria extraíble SD (Secure Digital).
- Si se presentan inconvenientes con la comunicación a causa de la señal, se puede reemplazar la antena del módulo GSM por una de mayor sensibilidad, utilizando el conector adicional que tiene incorporado el dispositivo electrónico.
- No se deben conectar al módulo de actuadores dispositivos con un consumo de corriente mayor al especificado en el manual de usuario, para evitar generar daños a la tarjeta electrónica.
- Para realizar las pruebas de funcionamiento del detector, es apropiado utilizar equipo de protección personal con el fin de evitar inhalar el gas, el cual en altas concentraciones es perjudicial para la salud.

BIBLIOGRAFÍA

- 330ohms. (11 de Junio de 2016). *Sensores de gas*. Obtenido de <https://blog.330ohms.com/2016/07/11/como-funcionan-los-sensores-de-gas/>
- Abellán, M. (10 de Enero de 2019). *PROGRAMO ERGO SUN*. Obtenido de PROGRAMO ERGO SUN: <https://www.programoergosum.com/cursos-online/appinventor/27-curso-de-programacion-con-app-inventor/primeros-pasos>
- Alcocer, D. E. (2014). "*Plan De Negocio Para La Comercialización De Cilindros Industriales De GLP*". Obtenido de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/981/1/UISRAEL%20-%20EC%20ADME%20-%20378.242%20-%20144.pdf>, pp.16
- Alicante. (2015). *Electronica - Glosario*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/electronica/detector>
- AltaGama. (2017). "*Camara Robotica IP WIFI*". Obtenido de <https://articulosaltagama.com/camara-de-seguridad-robotica-wi-fi-ethernet-grabacion-nocturna.html>
- Angonel, R. (2016). *I+D Electronica*. Obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/modulo-sensor-de-gas-mq6-detail>
- Anónimo. (2016). *Sistema GSM*. Obtenido de <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles/contenidos/tema-6>
- Anónimo. (2017). "*DEGSO*". Obtenido de <http://www.degso.com/catalogo/equipos-de-medicion/>
- Anónimo. (Diciembre de 2017). *Lipigas*. Obtenido de <https://www.lipigas.cl/hogar/cilindro/que-es-un-cilindro-de-gas/>
- Anónimo. (2017). *Repositorio ESPE*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2787/1/CD-0600.pdf>
- Anónimo. (2018). *Redes Telemáticas*. Obtenido de <file:///C:/Users/LUIS/Downloads/305746505-Velocidad-Conexiones-GSM.pdf>
- ARIKON. (2017). *Manual Técnico*.
- Atmel . (8 de octubre de 2016). *ATMEGA 324*. En A. Corporation. San Jose: Technology Drive. Obtenido de Transfer Multisort Elektronik: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42715-ATmega324PA_Datasheet.pdf
- Atmel. (Octubre de 2016). "*ATmega324*". Obtenido de http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42715-ATmega324PA_Datasheet.pdf

- AV-Electronics. (2018). *Módulo GSM/GPRS SIM800L*. Obtenido de <http://avelectronics.co/productos-2/modulo-gsmgprs-sim800l/>
- Avila, H. (2006). *Introducción A La Metodología De Investigación*. Chihuahua: Eumed.
- Bacon, F. (Febrero de 2019). *Método deductivo*. Obtenido de <https://concepto.de/metodo-deductivo-2/>
- Beltran, B. (17 de MAYO de 2017). El Comercio. *Muerte de una persona de tercera edad tras un accidente con gas domestico*, pág. 1.
- Bonet, E. V. (2017). *Lenguaje C*. Obtenido de <https://informatica.uv.es/estguia/ATD/apuntes/laboratorio/Lenguaje-C.pdf>
- Bravo, E. F. (2012). *"Diseño e implementación del sistema contra incendios"*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6628?locale-attribute=de>
- Breijo, E. G. (2009). *Copilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC*. España: Marcombo S.A.
- Codena, L. (Abril de 2017). *Migración de la radiodifusión y analógica*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf>
- COETTC. (2014). *"Nueva resintonización TDT"*. Obtenido de <https://docplayer.es/1342680-Receptor-tdt-televisor-tdt-de-casa.html>
- Comercio, E. (17 de Marzo de 2015). *"Datos básicos para evitar la explosión del cilindro de gas"*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/gas-fugas-explosiones-recomendaciones-bomberos.html>
- Commons, C. (2015). *Imaginar*. Obtenido de http://www.imaginar.org/iicd/fichas/04_Telefonia_movil.pdf
- Comunello. (2017). *"Liwin L25"*. Obtenido de <https://www.comunello.com/es/frameautomation/products/vasistas/liwin-l25/>
- Concepto.de, E. (Febrero de 2019). *Método deductivo*. Obtenido de <https://concepto.de/metodo-deductivo-2/>
- DomoDesk. (2014). *Detector de GAS*. Obtenido de <https://www.domodesk.com/109-detector-de-gas-domestico.html>
- Drager. (2009). *Introducción a los Sistemas de Detección de Gases. Drager tecnología para la vida*, 12.
- El Comercio. (17 de julio de 2010). *Grupo el Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/construir/sistemas-electricos-detectar-fugas-gas.html>
- Electronics, D. (2018). *Microcontroladores PIC y AVR*. Obtenido de <https://www.digikey.com/es/product-highlight/m/microchip-technology/pic-and-avr>
- Eneka. (2014). *Eneka Electronica*. Obtenido de <http://www.eneka.com.uy/robotica/modulos-comunicacion/m%C3%B3dulo-gsm-gprs-sim900-7477-detail.html>
- Floconx. (2018). *"Electroválvulas"*. Obtenido de <https://www.floconx.com/es/>

- García, A. (20 de Noviembre de 2017). El Comercio. (1, Ed.) *Los bomberos atendieron 1 012 casos por fugas de gas en Quito, este 2017*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/fuga-gas-calefon-quito-bomberos.html>
- García, A. (20 de Julio de 2017). Los bomberos atendieron 1 012 casos por fugas de gas. pág. 1. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/fuga-gas-calefon-quito-bomberos.html>
- García, V. (9 de Noviembre de 2009). *Hispavila*. Obtenido de [Hispavila: https://hispavila.com/wp-content/uploads/2015/08/ds1307_esp.pdf](https://hispavila.com/wp-content/uploads/2015/08/ds1307_esp.pdf)
- Gardey, J. P. (2016). *Definiciones Técnicas*. Obtenido de <https://definicion.de/monitoreo/>
- Guerra, I. (10 de Mayo de 2016). *CNMC*. Obtenido de Distancia a doble cara (dúplex
- Hernandes, C. (23 de Enero de 2015). *Awesome. Inc.* Obtenido de <http://comunicacionesmovilescarh.blogspot.com/>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. .
- HetPro. (30 de Enero de 2017). "*Sensor de gas MQ*". Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/category/arduino/sensores-analogicos/>
- IMD. (2018). "*Celda de carga 5kg*". Obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/celda-de-carga-5kg-detail>
- Industria, S. d. (2013). Reglamento Técnico para cilindros de gas. *issu*, 22. Obtenido de https://issuu.com/quioscosic/docs/rt_cilindros_tanques_estacionarios_/14
- INEN. (Enero de 2010). "*INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES*". Obtenido de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/08NOR2010-INEN02.pdf>
- ITU. (2018). *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>
- Jiménez, F. (2015). La Seguridad en la distribución del GLP. *Repsol*, 23. Obtenido de http://www.f2i2.net/web/publicaciones/libro_seguridad_industrial/lsi_cap15.pdf
- LabCenter. (2018). "*Proteus*". Obtenido de <https://www.labcenter.com/whatsnew/>
- Martinez, R. (2016). *Manual de Metodologías de Investigación*. Obtenido de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/cielam/manual_de_metodologia_deinvestigaciones_1.pdf
- NAYLAMP MECATRONICS. (13 de Abril de 2016). *NAYLAMP Web site*. Obtenido de NAYLAMP Web site: https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html
- Nokia. (2000). SYSTRA. En N. Networks, *Training* (pág. 17). New York: Nokia Networks.
- Ogrados. (10 de Julio de 2014). "*Extraxtores de aire*". Obtenido de <https://www.0grados.com/extractores-de-aire/>

- ONU. (Junio de 2011). *PATH*. Obtenido de http://www.endvawnow.org/uploads/browser/files/m&e_asset_nov2011__spanish_final.pdf
- Ovifel. (Octubre de 2014). *"Alarma Visual Y Alarma Sonora"*. Obtenido de <http://alarmasacusticas.blogspot.com/2014/10/alarmas-audiovisuales.html>
- Porras, E. (16 de Abril de 2016). *Ingenieria de sistemas*. Obtenido de <http://eve-ingsistemas-u.blogspot.com/2012/04/el-sistema-global-para.html>
- Porras, E. (29 de octubre de 2017). *Ingenieria en sistemas*. Obtenido de <http://eve-ingsistemas-u.blogspot.com/2012/04/el-sistema-global-para.html>
- Quintana, L. S. (2016). *App Inventor*. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/004649863a9e18eef7f9c>
- Quito, A. (07 de Agosto de 2018). Estadísticas de accidentes. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <http://datos.quito.gob.ec/datastreams/88/combustibles-utilizados-por-los-hogares-para-cocinar/>
- Rapetti, G. (18 de Septiembre de 2017). *INVENTABLE.EU*. Obtenido de <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>
- Rena, F. (2014). *Manual de Programación C*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/C_\(lenguaje_de_programaci%C3%B3n\)](https://www.ecured.cu/C_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))
- Repsol. (25 de Mayo de 2016). *"Propiedades físicas y químicas"*. Obtenido de https://www.repsol.com/imagenes/pe_es/ghp__168181_tcm18-208366.pdf
- Repsol. (2016). *Ficha de datos de seguridad*. Obtenido de https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/2GLP_tcm76-84132.pdf
- Repsol. (16 de Marzo de 2016). *FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD*. Obtenido de https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/2GLP_tcm76-84132.pdf
- REVUELTA S.A. (10 de Enero de 2019). *Basculas REVUELTA*. Obtenido de REVUELTA S.A.: <http://www.revuelta.com.mx/basculas-y-soluciones-de-pesaje/centro-de-informacion/basculas-electronicas>
- Roberto, H. (2014). *Métodlogia de la investigación*. México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- ROHDE & SCHWARZ. (12 de Enero de 2019). *Estándares de telefonía móvil*. Obtenido de https://www.rohde-schwarz.com/es/tecnologias/celular/gsm-egprs-edge-evolution-vamos/gsm-egprs-edge-evolution-vamos/gsm-egprs-edge-evolution-vamos_55921.html
- Rojas, C. (06 de Mayo de 2016). *Revision Bibliografica*. Obtenido de <http://filocien.blogspot.com/2012/05/que-es-la-revision-bibliografica.html>
- Rojas, M. (2013). *Mantenimiento de Sistemas detectores*. Obtenido de http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Riesgos_Beneficios_relacionados_Mantenimiento_Sistemas_Detectores_Fugas_EESS.pdf
- Rubio, C. (2014). *Fugas de recipientes y conducciones*. Obtenido de https://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_conse/Fugas.htm

- SimCom. (05 de Marzo de 2013). "*SIM800L_Hardaware*". Obtenido de https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf
- Sites. (2015). "*Telefonia Movil-T61541023*". Obtenido de <https://sites.google.com/site/telefoniamovilt61541023/home>
- Soft. (2017). *Proteus 8.6*. Obtenido de <https://proteus.soft112.com/>
- Taco, I. J. (2015). Datos basicos para evitar la explosión del cilindro de gas. *Comercio*, pág. 2.
- WLPGA. (2016). *The World LPG Association*. Obtenido de <https://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf>
- WorldTimeZone. (16 de Agosto de 2018). "*GSM, bandas de información por continente*". Obtenido de <https://www.worldtimezone.com/gsm.html>
- Yepez, M. (2016). *Aplicación Móvil*. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/00452917400fc1d8a5255>

ANEXOS

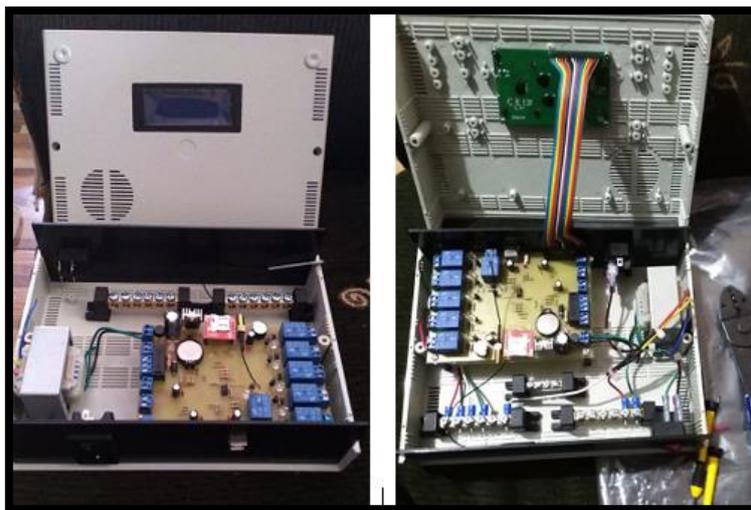
Anexo 1: construcción de la unidad de control

a) proceso de soldadura de elementos



En la Figura a, se puede observar el proceso de soldadura de los elementos que van montados en la placa electrónica con la utilización de una estación de suelda, una punta fina para la soldadura de los elementos de montaje superficial y una lámpara para visualizar con claridad las pistas donde van soldados los elementos electrónicos.

b) conexiones de la unidad de control



En la Figura b, se muestran las conexiones internas de los elementos que conforman la unidad de control, la pantalla LCD, las barras de distribución de energía, el transformador y las conexiones de los dispositivos del módulo de actuadores.

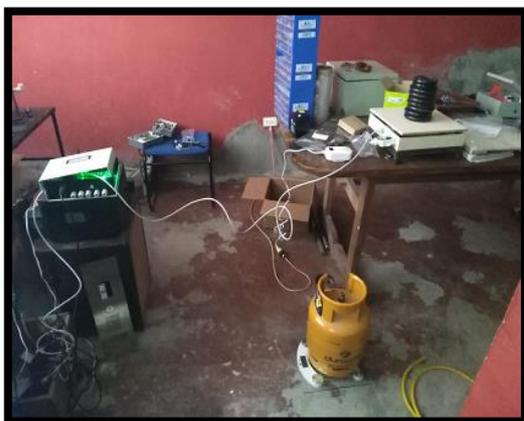
Anexo 2: pruebas de funcionamiento

c) montaje de la unidad de control en maqueta demostrativa

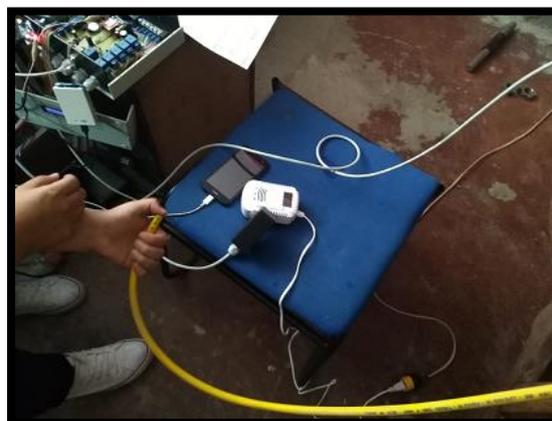


Para realizar las pruebas de funcionamiento se armó la maqueta demostrativa que se puede ver en la Figura c, en la cual van montados todos los elementos que conforman el sistema.

d) medidor de contenido de gas



e) detector de fuga de gas



En las Figuras d y e, se puede visualizar el proceso de medición para verificar el funcionamiento de la báscula colocando pesas de valores fijos para usar los dato arrojados en la calibración del medidor y en la Figura b, se observa el proceso de detección de fugas comparando el funcionamiento del detector diseñado con uno comercial.



SISTEMA DE MONITOREO, DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS DE GAS (GLP) PARA USO DOMÉSTICO



Manual de Usuario



Precaucion

LEA COMPLETAMENTE EL MANUAL, ANTES DE OPERAR EL EQUIPO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Garantía	4
1.2. Limitación de responsabilidad	4
2. PRECAUCIONES	4
2.1. Aviso:	4
2.2. Precauciones de seguridad	5
3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	5
4. GUIA DE OPERACIÓN	8
4.1 Encendido del sistema	8
4.2 Preparación del detector de gas.....	8
4.3 Preparación del medidor de contenido	8
4.4 Notificación de alarmas	8
4.5 Reinicio del sistema.....	9
4.6 Extracción de los registros almacenados	10
5. APLICACIÓN ANDROID	11
6. MANTENIMIENTO.....	12
6.1 Limpieza y desinfección	12
7. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MÁS COMUNES.....	12
8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	12
9. DATOS DE SOPORTE TÉCNICO.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pantalla principal	6
Figura 2. Pantalla secundaria.....	6
Figura 3. Unidad de control.....	7
Figura 4. Visualizacion de datos almacenados.....	8
Figura 5. a) alarma de fuga en la LCD b) alarma de fuga en mensaje de texto	9
Figura 6. a) alarma de % bajo en la LCD b) alarma de % bajo en mensaje de texto	9
Figura 7. Boton para resetear el sistema	10
Figura 8. Interface de arduino para monitoreo serial.....	10
Figura 9. Visualizacion de datos almacenados.....	11
Figura 10 . Vista frontal de la unidad de control.....	7
Figura 11. Estructura interna de la unidad de control.....	7
Figura 12. Estructura interna del medidor de contenido de gas	8
Figura 13. Estructura interna del detector de fuga de gas	8
Figura 14. Pantalla principal de la aplicación	9
Figura 15. Pantalla secundaria de la aplicación.....	9

1. INTRODUCCIÓN

Felicidades, tu nuevo sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas GLP ha sido desarrollado y manufacturado por Luis Guallichico. Para proveerte años de servicio confiable.

El sistema provee al usuario obtener información de lectura de los sensores y control de un módulo de actuadores eléctricos que permiten tomar acciones correctivas en caso de presentarse una fuga de gas en el domicilio desde la comodidad de un Smartphone gracias a la aplicación diseñada para la interacción con el sistema.

Por favor revise éste manual completamente para familiarizarse con la operación y los procedimientos de seguridad.

El sistema contiene los siguientes componentes:

- Unidad de control
- Módulo detector de gas
- Módulo medidor de contenido de gas
- Alarma visual
- Alarma auditiva
- Electroválvula de seguridad
- Extractor
- Cámara IP
- Actuador para apertura de ventana
- Batería de respaldo
- Cable USB para extracción de datos
- Cable de poder
- Dispositivo móvil
- Instalador de aplicación Android

1.1. Garantía

El sistema está garantizado contra defectos en el material o mano de obra por un periodo de un año a partir de la fecha de instalación. EL FABRICANTE NO SE HACE RESPONSABLE DE OTRAS GARANTIAS. El usuario es responsable por el correcto uso del dispositivo para las aplicaciones para las cuales fue fabricado. Si el producto tiene algún defecto dentro del periodo de garantía, usted tiene derecho a que sea reparado o cambiado por EL FABRICANTE. Sin ningún costo para usted.

1.2. Limitación de responsabilidad

Excepto donde lo prohíba la ley, el fabricante de este dispositivo no es responsable por cualquier daño causado por el uso incorrecto del mismo.

**Nota: Este dispositivo puede ser peligroso para el usuario si no se siguen las instrucciones descritas en éste manual y las normas de seguridad referentes a la operación de cilindros de gas GLP de uso doméstico.*

2. PRECAUCIONES

Antes de instalar y encender este dispositivo lea las siguientes instrucciones.

2.1. Aviso:

Este sistema ha sido diseñado y manufacturado siguiendo los requerimientos de seguridad; éste manual provee toda la información necesaria para su correcta utilización.

Solo personal calificado autorizado por EL FABRICANTE o sus distribuidores pueden hacer reparaciones a éste sistema.

Para protección del usuario, durante la instalación se deben utilizar únicamente materiales de excelente calidad los cuales son indicados por el fabricante.

El SISTEMA MQ6 está clasificado como un dispositivo únicamente para uso doméstico con la finalidad de ser instalado en los domicilios. El usuario es responsable legal por la posesión, instalación y uso de este dispositivo.

Los componentes solo deben ser reemplazados por partes autorizadas, las cuales están descritas en la introducción de este manual.

Mantener conectado el sistema todo el tiempo a una toma de corriente para obtener un monitoreo continuo y preservar la carga de la batería de respaldo, con la finalidad de mantener el sistema activo en caso de cortes de energía.

2.2. Precauciones de seguridad

“*NO INTENTAR REPARACIONES INTERNAS*”; El interior de la unidad de control, solo debe ser manipulado únicamente con las herramientas adecuadas y solo debe ser abierto por personal autorizado. En su interior, ésta unidad contiene componentes electrónicos sensibles a la estática, la manipulación de sus partes internas pueden resultar en daños del equipo o daños a las personas.

Antes de realizar cualquier mantenimiento, el equipo debe ser desconectado de la línea de entrada de voltaje.

NO permitir que agua u otros líquidos penetren al interior de la unidad de control para evitar cortos circuitos o corrosión.

El sensor de MQ-6 debe ser ubicado a un máximo de tres metros de distancia del cilindro para garantizar una detección oportuna de las fugas de gas.

No colocar objetos encima del cilindro mientras esté ubicado sobre el medidor de contenido para evitar lecturas erróneas que puedan generar falsas alarmas.

Reemplazar la batería cada año para garantizar el óptimo funcionamiento de la energía de respaldo del sistema.

ADVERTENCIA: No instalar dispositivos que superen la capacidad de corriente para la que fue diseñado el sistema, en caso de duda comunicarse con el fabricante.

3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Este producto es un sistema inteligente para monitorear, detectar y controlar fugas de gas que cuenta con una aplicación Android, control por microcontrolador que admite visualización de fecha, hora, la concentración de gas, porcentaje de contenido dentro del cilindro y esta direccionado para uso doméstico.

Cuando la alarma de fuga de gas sea activada, el sistema encenderá tres dispositivos que permitan ayudar a controlar la fuga, notificará a través de mensajes y llamadas de texto al usuario, cuando la alarma de bajo contenido de gas se active solo realizara el proceso de notificación.

Mediante la aplicación Android es posible monitorear los dispositivos que se encuentran conectados al sistema y también verificar la lectura de los sensores gracias a la comunicación establecida por medio de la tecnología GSM incorporada en el sistema.

El sistema es estable y altamente confiable para mantener el lugar a salvo de las amenazas de gas.

A continuación se ilustra la unidad de control y la interface de la aplicación.

- Pantalla principal de la aplicación



Figura 1. Pantalla principal

- Pantalla secundaria de la aplicación

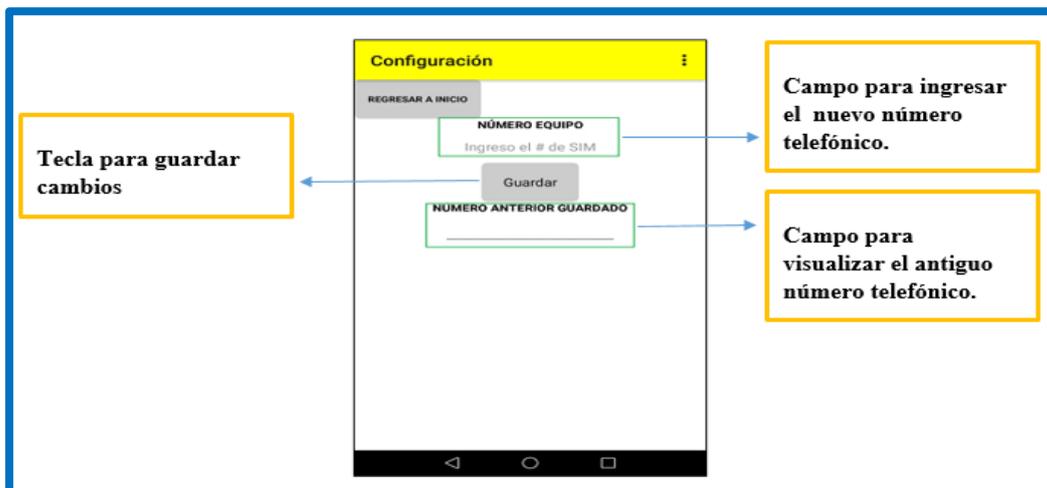


Figura 2. Pantalla secundaria

- Unidad de control



Figura 3. Unidad de control

4. GUIA DE OPERACIÓN

4.1 Encendido del sistema

Conecte la unidad de control a la toma de corriente de 120V, encenderla a través del interruptor que se encuentra en la parte superior de la unidad. El dispositivo tardara aproximadamente 20 segundos en estabilizarse para posteriormente mostrar en la pantalla la información de los sensores conectados, la fecha y hora como se muestra en la fig. 4.



Figura 4. Visualización de datos almacenados

4.2 Preparación del detector de gas

Una vez encendida la unidad de control, el sensor que se encuentra dentro del módulo detector de fugas de gas se calienta por aproximadamente 20 segundos tiempo en el cual alcanza su temperatura de trabajo para que sea capaz de detectar el gas y arrojar valores correctos de la concentración en el ambiente.

4.3 Preparación del medidor de contenido

Se debe colocar el cilindro sobre el medidor antes de encender la unidad de control, para que al encenderse se efectúe la preparación del dispositivo. Este proceso dura aproximadamente 10 segundos, tiempo en el cual la lectura decrece hasta alcanzar el valor de porcentaje real.

4.4 Notificación de alarmas

Si la alarma de fuga es activada por superar la concentración fijada en 4000 ppm el mensaje de texto con la información (ALERTA!!! FUGA DE GAS DETECTADA) es enviada al usuario registrado en el sistema, seguido de una llamada de 20 segundos de duración sin datos de voz, la información de la figura 5 es mostrada en la LCD y el registro de la alarma es almacenado en la memoria interna de la unidad de control y puede ser extraído a través del conector USB que se encuentra en la parte inferior de la unidad de control.

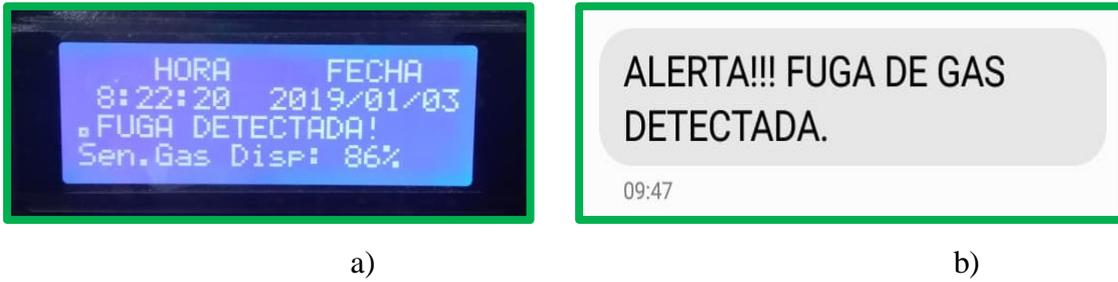


Figura 5. a) alarma de fuga en la LCD b) alarma de fuga en mensaje de texto

Si la alarma de contenido de gas se activa por una lectura del medidor de contenido inferior al 20% el mensaje de texto con la información (ALERTA!!! CONTENIDO DE GAS INFERIOR AL 20% DEBE RECARGAR EL CILINDRO) es enviada al usuario, seguido de la llamada, la información de la figura 6 es mostrada en la LCD y el registro de la alarma es almacenado en la memoria interna de la unidad de control y puede ser extraído a través del conector USB que se encuentra en la parte inferior de la unidad de control.

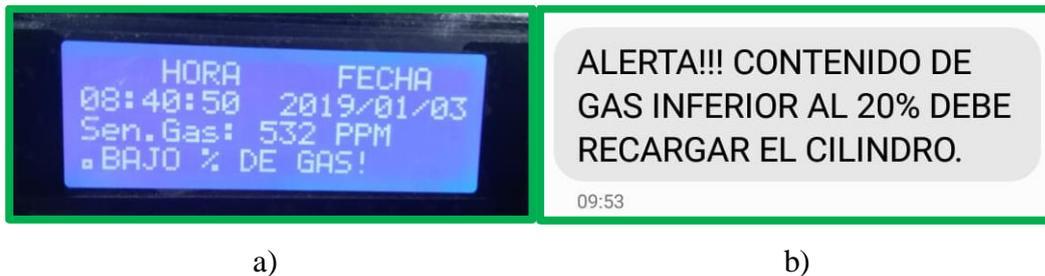


Figura 6. a) alarma de % bajo en la LCD b) alarma de % bajo en mensaje de texto

4.5 Reinicio del sistema

Para que el sistema vuelva a realizar el proceso de activación de alarmas es necesario reiniciar la unidad de control, pulsando el botón de reset que posee en su parte frontal como se muestra en la figura 7, esto con la finalidad de hacer una inspección del lugar y verificar la situación.



Figura 7. Boton para resetear el sistema

4.6 Extracción de los registros almacenados

Para extraer los datos de los registros almacenados en la memoria de la unidad de control es necesario utilizar una interface hiperteminal, como recomendación se puede usar la de arduino portable.

En la interface de arduino, una vez identificado el puerto en el que se encuentra conectado la unidad de control, se selecciona la opción de monitor serial para visualizar la información de la unidad de control como se puede ver en la figura 8 y en caso de no poder realizar este proceso comunicarse con el fabricante.

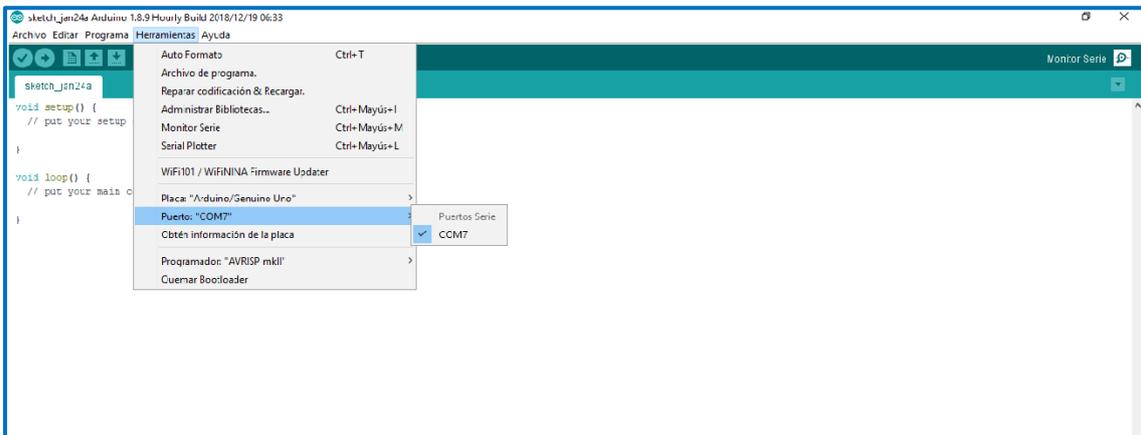


Figura 8. Interface de arduino para monitoreo serial

Para acceder a la memoria es necesario escribir la instrucción LEER e inmediatamente aparecerán los 255 registros que contienen la información de las alarmas que han sido activadas con su respectiva fecha, hora y dato de lectura del sensor al que corresponda la alarma la placa como se visualiza en la figura 9.

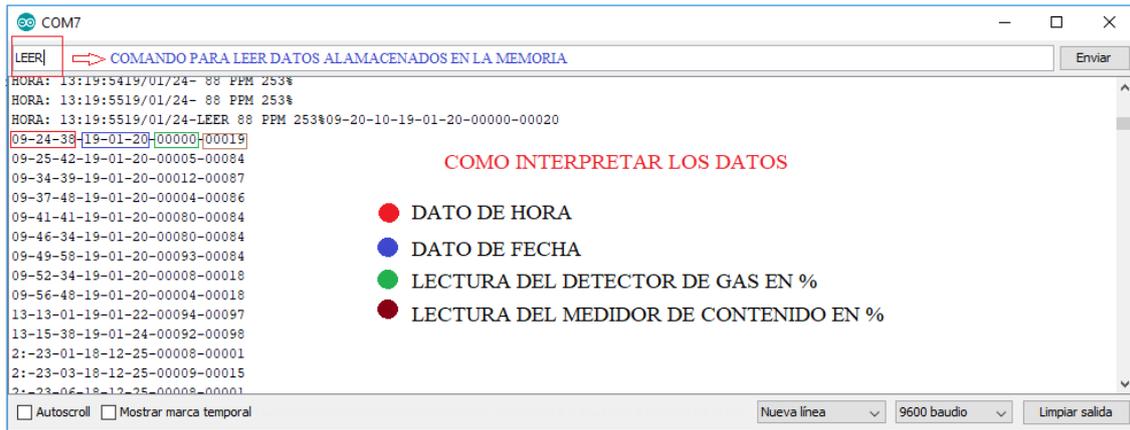


Figura 9. Visualización de datos almacenados

Cabe recalcar que los datos de los sensores se encuentran en porcentaje para facilitar la comprensión del usuario.

Nota: tener muy en cuenta que 4000 ppm, equivale al 80%, lo que indica presencia de alta concentración de gas en el ambiente.

5. APLICACIÓN ANDROID

La aplicación puede ser instalada en cualquier dispositivo móvil que disponga de un sistema operativo Android en todas sus versiones. Esta aplicación tiene la función principal de realizar el proceso de monitoreo y control de un módulo de actuadores que tiene incorporado la unidad de control, además es posible visualizar la lectura del sensor que está en el módulo de detección de fuga, como la lectura del sensor que tiene en su interior el medidor de contenido.

Para registrar el número de la SIMCARD que está instalada en la unidad de control se debe presionar la tecla configurar y guardar los cambios.

Cuando la tecla táctil de actualizar sea presionada, el sistema actualizará la información de la lectura de sensores y del estado de los dispositivos conectados al sistema.

Cuando alguna de las teclas dedicadas a los dispositivos sea presionada, se enviara el orden de encender o apagar el dispositivo enlazado a la tecla según sea el caso y la información retornara cambiando el color de la tecla.

6. MANTENIMIENTO

6.1 Limpieza y desinfección

Para limpiar el dispositivo siga el siguiente procedimiento:

Antes de limpiar la unidad, desconecte el cable de alimentación de la toma de corriente. Esto es requerido debido a que algunas partes internas pueden tener un voltaje remanente aunque el interruptor esté apagado.

Limpie las superficies externas con una toalla de papel humedecida con una solución desinfectante no abrasiva. No rociar solventes líquidos directamente en la unidad de control. No permita que algún solvente penetre al interior de la unidad. Deje secar al aire antes de conectar de nuevo el equipo.

7. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MÁS COMUNES

Si el sistema presenta algún problema en su funcionamiento siga las siguientes recomendaciones:

- Revise la conexión eléctrica principal.
- Verifique que los cables estén correctamente conectados y que no presenten daños visibles.
- Verifique que el interruptor de encendido se encuentre en la posición correcta.
- En caso de tener problema con la lectura de los sensores, verifique que se encuentren conectados a la unidad de control.
- Si tiene inconveniente alguno con el detector de fuga de gas, reinicie el sistema.
- En caso de ocasionarse inconvenientes con el envío de notificaciones, asegurarse de que la tarjeta SIM se encuentre insertada en la unidad de control y de que cuente con un paquete de mensajes y saldo de minutos.
- Si la unidad de control presenta un daño mayor comunicarse inmediatamente con el fabricante.

8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Voltaje de alimentación: 120V - 60Hz
2. Corriente de consumo: 1.8A
3. Potencia de consumo: 230W
4. Voltaje de la batería: 12 VDC 5Ah
5. Temperatura de trabajo: 0-50 °C
6. Activación de la alarma para fuga de gas: Sobre los 4000 ppm
7. Activación de la alarma de bajo contenido: Inferior al 20%

8. Capacidad del medidor de contenido: Cilindro de 5 Kg
9. Parámetros de visualización: Fecha, hora, datos lectura de sensores y alarmas
10. Aplicación: Compatible con plataforma Android
11. Comunicación: Tecnología GSM

9. DATOS DE SOPORTE TÉCNICO

Para cualquier duda, inquietud o falla del correcto funcionamiento de sistema por favor comunicarse inmediatamente a través de los siguientes medios.

Correo: luisnewp@hotmail.es

Teléfono: 0996037506



SISTEMA DE MONITOREO, DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS DE GAS (GLP) PARA USO DOMÉSTICO



Manual Técnico



Precaucion

LEA COMPLETAMENTE EL MANUAL, ANTES DE OPERAR EL EQUIPO

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. COMPONENTES DEL SISTEMA	3
1.2. GARANTÍA.....	4
1.3. LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD	4
2. PRECAUCIONES	5
2.1. AVISO	5
2.2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD	5
3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	6
4. ESTRUCTURA DE LOS MÓDULOS PRINCIPALES DEL SISTEMA	6
4.1. UNIDAD DE CONTROL	6
4.2. MEDIDOR DE CONTENIDO DE GAS DISPONIBLE	8
4.3. DETECTOR DE FUGA DE GAS	8
4.4. APLICACIÓN ANDROID.....	9
5. CONFIGURACIONES	10
5.1. CONFIGURACIÓN DE FECHA Y HORA.....	10
5.2. REGISTRO DE NÚMERO TELEFÓNICO PARA ENVIÓ DE NOTIFICACIONES.....	10
6. MANTENIMIENTO.....	11
6.1. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	11
7. DATOS DE SOPORTE TÉCNICO.....	11
8. DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA	12
9. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MÁS COMUNES.....	13
10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	13
11. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN	14

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pantalla principal	6
Figura 2. Pantalla secundaria.....	6
Figura 3. Unidad de control.....	7
Figura 4. Visualización de datos almacenados.....	8
Figura 5. a) alarma de fuga en la LCD b) alarma de fuga en mensaje de texto	9

Figura 6. a) alarma de % bajo en la LCD b) alarma de % bajo en mensaje de texto	9
Figura 7. Boton para resetear el sistema	10
Figura 8. Interface de arduino para monitoreo serial	10
Figura 9. Visualizacion de datos almacenados	11
Figura 10 . Vista frontal de la unidad de control	7
Figura 11. Estructura interna de la unidad de control	7
Figura 12. Estructura interna del medidor de contenido de gas	8
Figura 13. Estructura interna del detector de fuga de gas	8
Figura 14. Pantalla principal de la aplicación	9
Figura 15. Pantalla secundaria de la aplicación	9

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los componentes del sistema	4
---	---

1. INTRODUCCIÓN

Felicidades, tu nuevo sistema de monitoreo, detección y control de fugas de gas GLP ha sido desarrollado y manufacturado por Luis Guallichico. Para proveerte años de servicio confiable.

El sistema provee al usuario la información de lectura de los sensores y control de un módulo de actuadores eléctricos que permiten tomar acciones correctivas en caso de presentarse una fuga de gas en el domicilio desde la comodidad de un Smartphone gracias a la aplicación diseñada para la interacción con el sistema.

Por favor revise éste manual completamente para familiarizarse con la operación y los procedimientos de seguridad.

1.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

Los componentes que conforman el sistema se encuentran detallados en la Tabla 1 en la que se puede visualizar cada uno de ellos con sus respectivas especificaciones técnicas.

**Nota: en caso de reemplazar alguno de los componentes del sistema tener muy en cuenta las especificaciones técnicas para evitar daños por exceso de carga eléctrica en la unidad de control.*

Componente	Características técnicas
Unidad de control	Alimentación: 110VAC- 500mA
Módulo detector de gas	Rango de detección: 200-5000 ppm
Módulo medidor de contenido de gas	Capacidad máxima de peso: 20Kg
Alarma visual	Alimentación: 12VDC – 5W
Alarma auditiva	Alimentación: 12VDC – 10W
Electroválvula de seguridad	Alimentación: 12VDC – 15W
Extractor	Alimentación: 110VDC – 14W
Cámara IP	Alimentación: 110VDC – 10W
Actuador para apertura de ventana	Alimentación: 110-230VAC – 22W
Batería de respaldo	Alimentación: 12VDC – 5Ah
Cable para extracción de datos	Conexión USB
Cable de poder	Capacidad: 110-250 VAC
Dispositivo móvil	Sistema Operativo Android
Instalador de aplicación Android	Archivo APK

Tabla 1. Características de los componentes del sistema

1.2. GARANTÍA

El sistema está garantizado contra defectos en el material o mano de obra por un periodo de un año a partir de la fecha de instalación. EL FABRICANTE NO SE HACE RESPONSABLE DE OTRAS GARANTIAS. El usuario es responsable por el correcto uso del dispositivo para las aplicaciones para las cuales fue fabricado. Si el producto tiene algún defecto dentro del periodo de garantía, usted tiene derecho a que sea reparado o cambiado por EL FABRICANTE. Sin ningún costo para usted.

1.3. LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Excepto donde lo prohíba la ley, el fabricante de este dispositivo no es responsable por cualquier daño causado por el uso incorrecto de éste dispositivo.

Nota: Este dispositivo puede ser peligroso para el usuario si no se siguen las instrucciones descritas en éste manual y las normas de seguridad referentes a la operación de cilindros de gas GLP de uso doméstico.

2. PRECAUCIONES

Antes de instalar y encender este dispositivo lea las siguientes instrucciones.

2.1. AVISO

Este sistema ha sido diseñado y manufacturado siguiendo los requerimientos de seguridad; éste manual provee toda la información necesaria para su correcta utilización.

Solo personal calificado y autorizado por *EL FABRICANTE* o sus distribuidores pueden hacer reparaciones a éste sistema.

Para protección del usuario, durante la instalación se deben utilizar únicamente materiales de excelente calidad los cuales son indicados por el fabricante.

El SISTEMA MQ6 está clasificado como un dispositivo únicamente para uso doméstico con la finalidad de ser instalado en los domicilios. El usuario es responsable legal por la posesión, instalación y uso de este dispositivo.

Los componentes solo deben ser reemplazados por partes autorizadas, las cuales están descritas en la introducción de este manual.

Mantener conectado el sistema todo el tiempo a una toma de corriente para obtener un monitoreo continuo y preservar la carga de la batería de respaldo para mantener el sistema activo en caso de cortes de energía.

2.2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

“No Intentar Reparaciones Internas”; El interior de la unidad de control, solo debe ser manipulado únicamente con las herramientas adecuadas y solo debe ser abierto por personal autorizado. En su interior, ésta unidad contiene componentes electrónicos sensibles a la estática, la manipulación de sus partes internas pueden resultar en daños del equipo o daños a las personas.

Antes de realizar cualquier mantenimiento, el equipo debe ser desconectado de la línea de entrada de voltaje.

NO permitir que agua u otros líquidos penetren al interior de la unidad de control para evitar cortos circuitos o corrosión.

El sensor de MQ-6 debe ser ubicado a un máximo de tres metros de distancia del cilindro para garantizar una detección oportuna de las fugas de gas.

No colocar objetos encima del cilindro mientras esté ubicado sobre el medidor de contenido para evitar lecturas erróneas que puedan generar falsas alarmas.

Remplazar la batería cada año para garantizar el óptimo funcionamiento de la energía de respaldo del sistema.

ADVERTENCIA: No instalar dispositivos que superen la capacidad de corriente para la que fue diseñado el sistema, en caso de duda comunicarse con el fabricante.

3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Este producto es un sistema inteligente para monitorear, detectar y controlar fugas de gas que cuenta con una aplicación Android, control por microcontrolador que admite visualización de fecha, hora, la concentración de gas, porcentaje de contenido dentro del cilindro y esta direccionado para uso doméstico.

Cuando la alarma de fuga de gas sea activada el sistema encenderá tres dispositivos que permitan ayudar a controlar la fuga, notificará a través de mensajes y llamadas de texto al usuario, cuando la alarma de bajo contenido de gas se active solo realizara el proceso de notificación.

Mediante la aplicación Android es posible monitorear los dispositivos que se encuentran conectados al sistema y también verificar la lectura de los sensores gracias a la comunicación establecida por medio de la tecnología GSM incorporada en el sistema.

El sistema es estable y altamente confiable para mantener el lugar a salvo de las amenazas de gas.

4. ESTRUCTURA DE LOS MÓDULOS PRINCIPALES DEL SISTEMA

4.1. UNIDAD DE CONTROL

La unidad de control es el módulo principal del sistema, ya que es el encargado de monitorear la lectura de los sensores y de ejecutar las acciones de control en caso de que alguna de las alarmas se active. En la figura 1 se observar la vista frontal de la unidad detallando sus elementos.

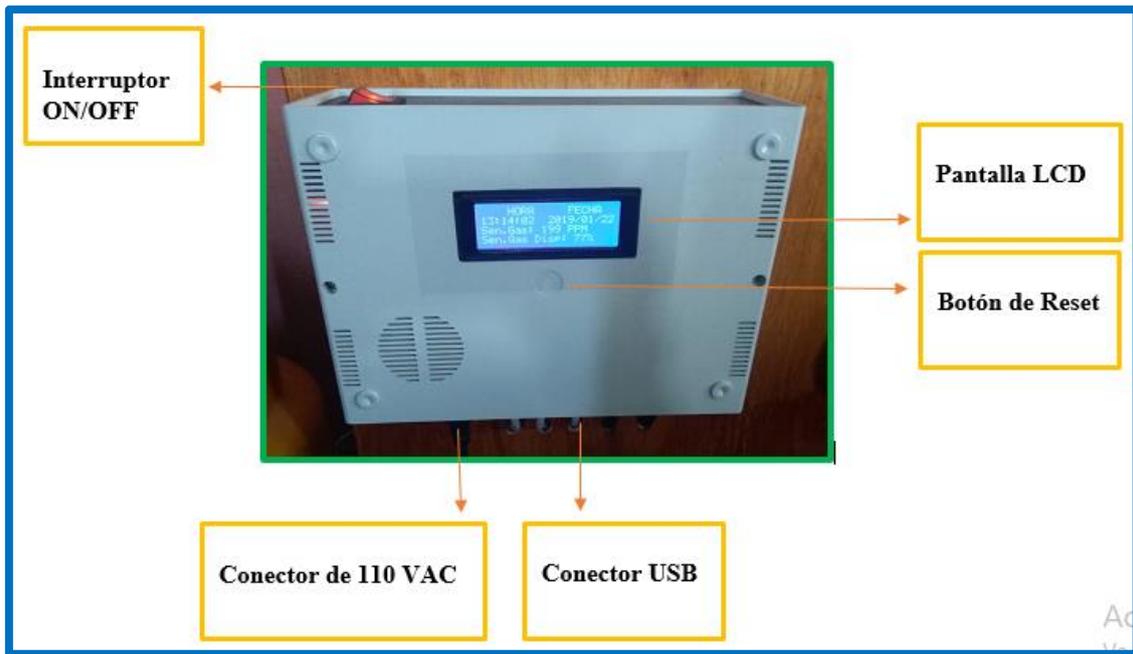


Figura 10. Vista frontal de la unidad de control

En la figura 2 se muestra la estructura interna de la unidad de control en la que resalta el montaje de la placa electrónica, la fuente de alimentación que en este caso es un transformador eléctrico que reduce el voltaje de 110 voltios a 12 voltios de corriente alterna, el cual alimenta la placa electrónica, también se puede ver las barras de conexión eléctrica en la que van conectados los componentes que serán controlados por el módulo de actuadores incluido en la unidad de control

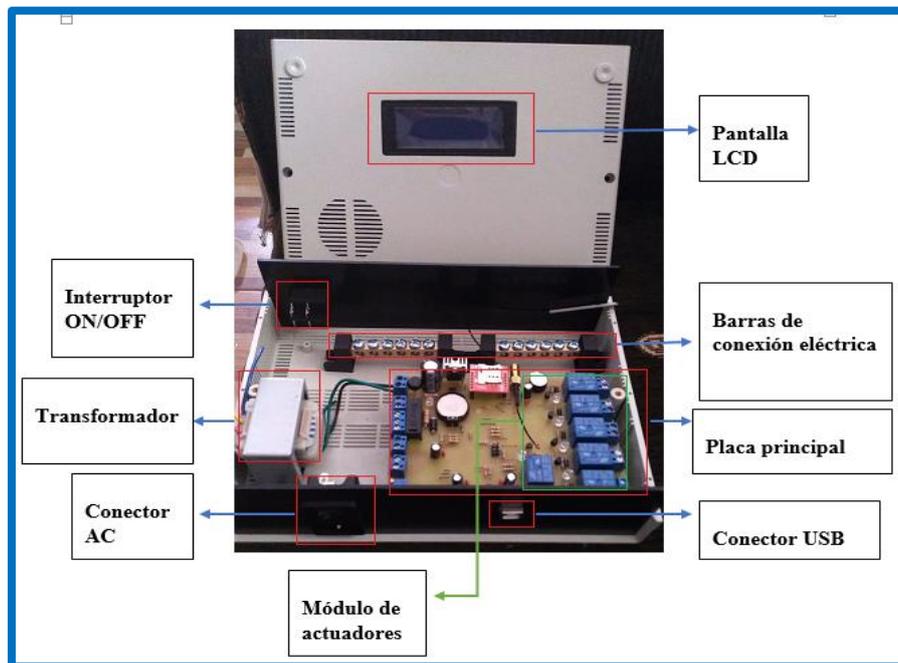


Figura 11. Estructura interna de la unidad de control

4.2. MEDIDOR DE CONTENIDO DE GAS DISPONIBLE

La estructura interna del medidor se observa en la figura 3, en ella se detalla su composición. La celda de carga es el elemento que censa el peso del cilindro de gas cuyo peso total con el 100% de contenido es de 13 kilogramos especificado por el fabricante y para poder obtener la medición, la celda está fijada a una base metálica que permite obtener una correcta distribución de la masa del cilindro.

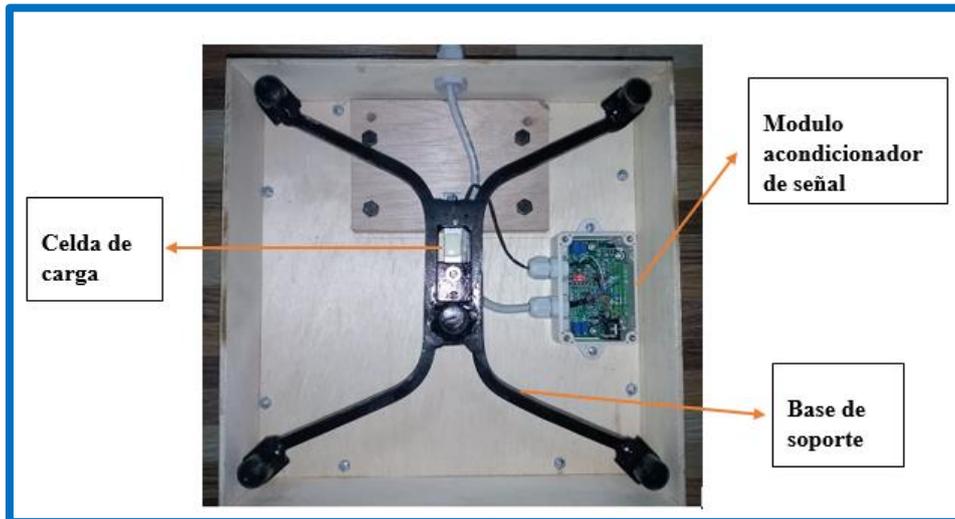


Figura 12. Estructura interna del medidor de contenido de gas

4.3. DETECTOR DE FUGA DE GAS

La estructura del detector de fuga de gas que se observa en la figura 4, tiene como elemento principal un sensor MQ-6 que viene incorporado al módulo acondicionador de señal, el que es alimentado directamente desde la unidad de control que además recibe la señal generada por la variación de concentración de gas en el ambiente.

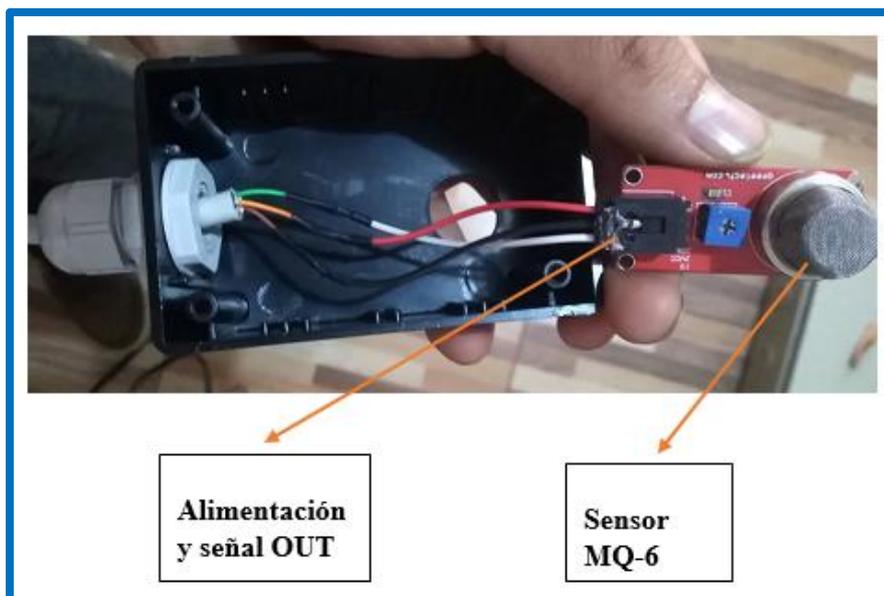


Figura 13. Estructura interna del detector de fuga de gas

4.4. APLICACIÓN ANDROID

La aplicación mostrada en la figura 5, brinda al usuario la posibilidad de verificar el estado de los actuadores eléctricos, además permite leer la información de los sensores en dato de porcentaje. La aplicación cuenta con 8 teclas táctiles en su interface principal.

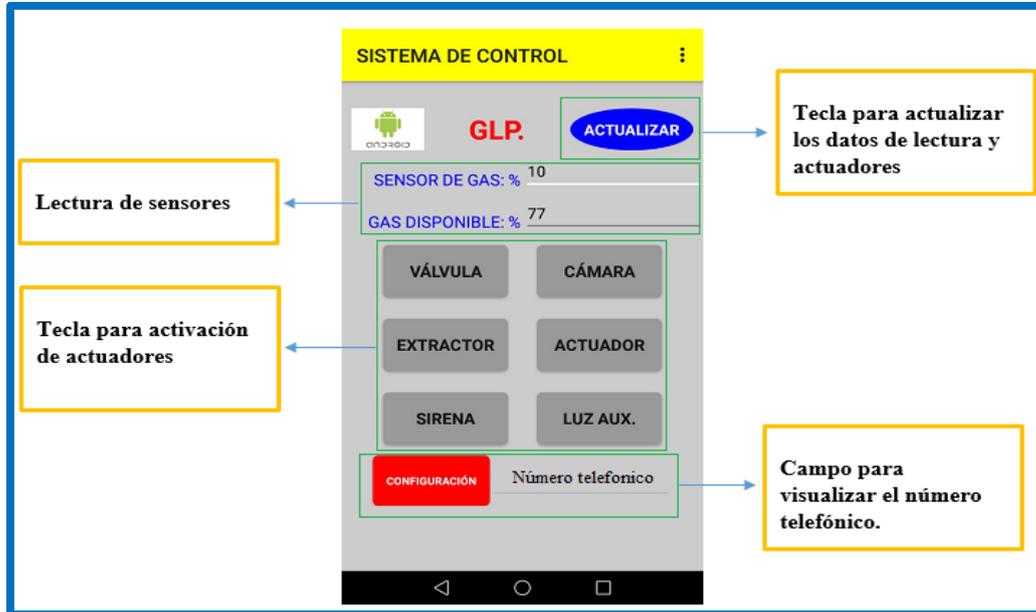


Figura 14. Pantalla principal de la aplicación

La interface secundaria de la aplicación esta creada para realizar el registro del número telefónico que interactuara con el sistema y está compuesta de los detalles de la figura 6.

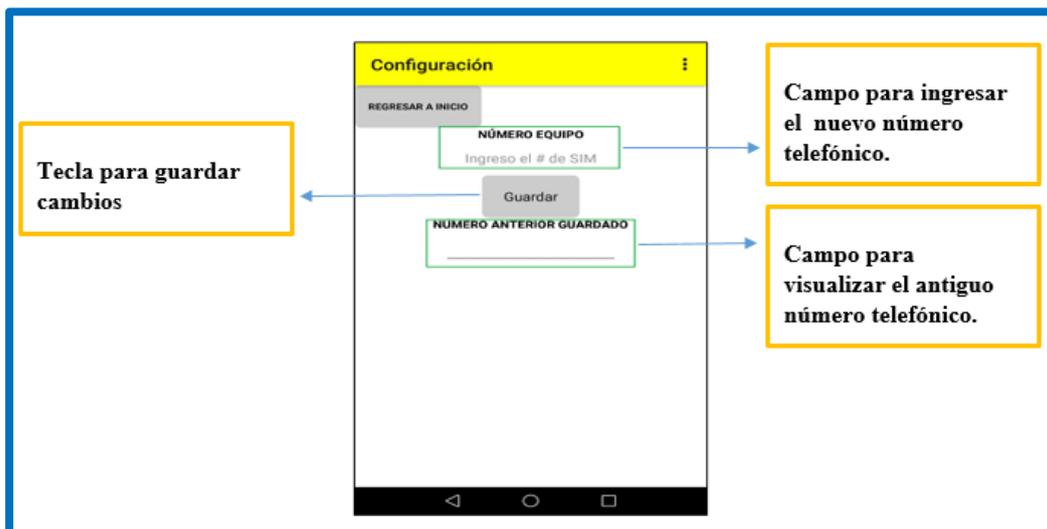


Figura 15. Pantalla secundaria de la aplicación

5. CONFIGURACIONES

5.1. CONFIGURACIÓN DE FECHA Y HORA

La configuración de los datos de fecha y hora se los realiza dentro del código de programación, el cual esta efectuado en el entorno de programación de ATMEL STUDIO versión 7 ejecutando las siguientes líneas de instrucción:

En la primera línea de instrucción se especifica los datos de hora en el siguiente orden: hora, minutos, segundos y la posición en la que los datos serán mostrados en la pantalla LCD.

En la segunda línea de instrucción se especifica los datos de fecha en el siguiente orden: día, mes y año.

```
//SetTime (14, 06, 00, 1);  
  
//SetDate (6, 1, 19);
```

5.2. REGISTRO DE NÚMERO TELEFÓNICO PARA ENVIÓ DE NOTIFICACIONES

El registro se lo efectúa en el interior del código de programación, es necesario escribir el número telefónico en la subrutina de envío de mensajes de texto y en la de realización de notificación por llamadas, las líneas de programación se detallan a continuación.

- Para envío de notificación por alarma de fuga de gas

```
//enviarSMS("número telefónico", "¡ALERTA! FUGA DE GAS DETECTADA",  
printbuff);  
  
enviarSMS("número telefónico", "ALERTA!!! FUGA DE GAS DETECTADA", ".");  
  
envia_cadena_usart1("ATD número telefónico;\r\n");  
  
_delay_ms(20000);  
  
envia_cadena_usart1("ATH\r\n");  
  
_delay_ms(1000);
```

- Para envío de notificaciones de alarma de bajo contenido

```
//enviarSMS("número telefónico", "Alarma Activada por Sensor de Presion ", printbuff);  
  
enviarSMS("número telefónico ", "ALERTA!!! CONTENIDO DE GAS INFERIOR AL  
20% DEBE RECARGAR EL CILINDRO", ".");  
  
envia_cadena_usart1("ATD número telefónico;\r\n");  
  
_delay_ms(20000);  
  
envia_cadena_usart1("ATH\r\n");  
  
_delay_ms(1000);
```

6. MANTENIMIENTO

6.1. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

Para limpiar el dispositivo siga el siguiente procedimiento:

Antes de limpiar la unidad, desconecte el cable de alimentación de la toma de corriente. Esto es requerido debido a que algunas partes internas pueden tener un voltaje remanente aun cuando el interruptor esté apagado.

Limpie las superficies externas con una toalla de papel humedecida con una solución desinfectante no abrasiva. No rociar solventes líquidos directamente en la unidad de control. No permita que algún solvente penetre al interior de la unidad. Deje secar al aire antes de conectar de nuevo el equipo.

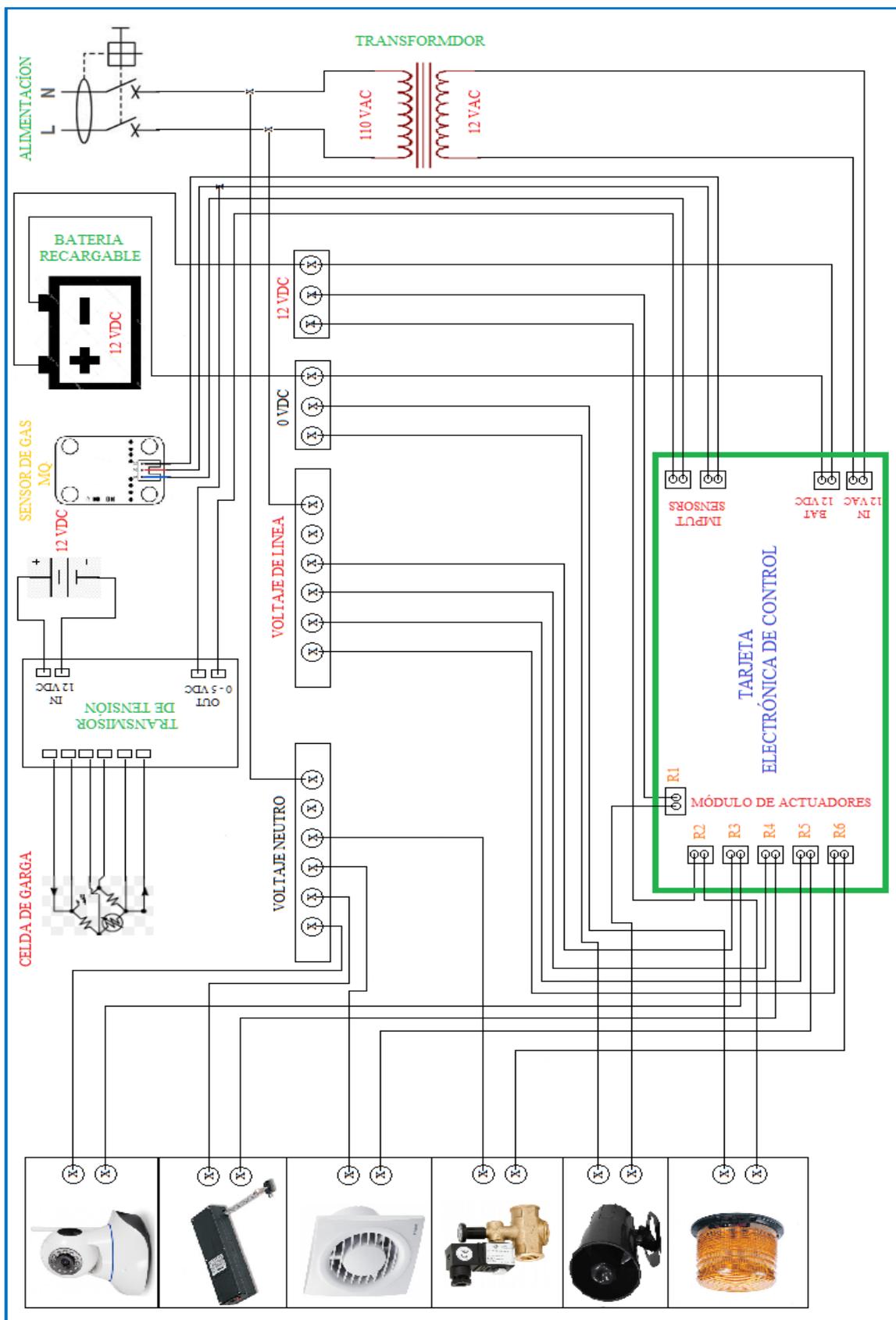
7. DATOS DE SOPORTE TÉCNICO

Para cualquier duda, inquietud o falla del correcto funcionamiento de sistema por favor comunicarse inmediatamente a través de los siguientes medios.

Correo: luisnewp@hotmail.es

Teléfono: 0996037506

8. DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA



9. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MÁS COMUNES

Si el sistema presenta algún problema en su funcionamiento siga las siguientes recomendaciones:

- Revise la conexión eléctrica principal.
- Verifique que los cables estén correctamente conectados y que no presenten daños visibles.
- Verifique que el interruptor de encendido se encuentre en la posición correcta.
- En caso de tener problema con la lectura de los sensores, verifique que se encuentren conectados a la unidad de control.
- Si tiene inconveniente alguno con el detector de fuga de gas, reinicie el sistema.
- En caso de ocasionarse inconvenientes con el envío de notificaciones, asegúrese de que la tarjeta sim se encuentre insertada en la unidad de control y de que cuente con un paquete de mensajes y saldo de minutos.
- Si la unidad de control presenta un daño mayor comunicarse inmediatamente con el fabricante.
-

10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

12. Voltaje de alimentación: 120V - 60Hz
13. Corriente de consumo: 1.8A
14. Potencia de consumo: 230W
15. Voltaje de la batería: 12 VDC 5Ah
16. Temperatura de trabajo: 0-50 °C
17. Activación de la alarma para fuga de gas: Sobre los 4000 PPM
18. Activación de la alarma de bajo contenido: Inferior al 20%
19. Capacidad del medidor de contenido: Cilindro de 5 Kg
20. Parámetros de visualización: Fecha, hora, datos lectura de sensores y alarmas
21. Aplicación: Compatible con plataforma Android
22. Comunicación: Tecnología GSM

11. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

```
#define F_CPU      16000000L
#include <avr/pgmspace.h>
#include <avr/io.h>
#include <stdio.h>
#include <util/delay.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include "usart0.h"
#include "usart1.h"
#include "CampoDeBits.h"
#include "lcd_lib.h"
#include "ds1307.h"
#include "i2c.h"

const uint8_t Msj_Apagado[] PROGMEM="  HORA  FECHA\0";
const char PROGMEM string_1[] = "super inicio\r\n";
const char PROGMEM string_2[] = "final write eeprom\r\n";
const char PROGMEM AT_[] = "AT\r\n";
const char PROGMEM AT_CMGF[] = "AT+CMGF=1\r\n";
const char PROGMEM AT_CLIP[] = "AT+CLIP=1\r\n";
const char PROGMEM AT_CNMI[] = "AT+CNMI=3,2,0,0,0\r\n";

PGM_P const string_table[] PROGMEM =
{
string_1,
string_2,
AT_,
AT_CMGF,
AT_CLIP,
AT_CNMI,
};

struct{
```

```
unsigned char Sts_Rele1 :1;
unsigned char Sts_Rele2 :1;
unsigned char Sts_Rele3 :1;
unsigned char Sts_Rele4 :1;
unsigned char Sts_Rele5 :1;
unsigned char Sts_Rele6 :1;
unsigned char          :1;
unsigned char          :1;

}Sts_Reles;
unsigned char dato;
char buffer[50];
#define RXBufferSize 200
volatile unsigned char RXInpointer = 0;
char RXBuffer[RXBufferSize];
int posicion=0;
int media[12];
char num_telefono[] = "0123456789";
char buffer_sms_global[90];
char buffer_sms_usuario[90];
uint16_t valor=0;
char flag_L=0;
unsigned int Sensor_Gas;
unsigned int Sen1;
unsigned int Sensor_Presion;
unsigned int Sen2;
unsigned int tiempo=0;
unsigned int block=0;
char flag_T=0;

void config_gsm_inicio();
void PutToRXBuffer(char data);
void enviarAT(char* ATcommand, char* resp_correcta, unsigned int tiempo);
```

```
int lon( char* p);
void enviarSMS(char* numero, char* mensaje, char* temp);
void aceleradorSMS();
void guardar_datos(unsigned int posicion, char* telefono, char* informacion);
void leer_numero(unsigned int posicion, char* numero);
void leer_informacion(unsigned int posicion, char* informacion);
void Cmd_Deco();
void guardar_registro(unsigned int posicion, char* info, unsigned int Sensor_Gas,
unsigned int Sensor_Presion);
void leer_registro();
void todo_registro();

ISR(USART0_RX_vect){
char c =UDR0;
UDR1 = c;
if(c=='L')
{
flag_L=1;
}
}
ISR(USART1_RX_vect){
char c =UDR1;
UDR0 = c;
PutToRXBuffer(c);
}
ISR(ADC_vect){
valor=ADC>>6;
ADCSRA|=(1<<ADSC);
}

ISR(TIMER0_OVF_vect){
TCNT0=1;
tiempo++;
if(tiempo>=1000){
```

```
flag_T=1;
tiempo=0;
    }
}

int main(void)
{
iniciar_pines();
char printbuff[100];
double d = 0;

unsigned int posicion;
Sts_Reles.Sts_Rele1=OFF;
Sts_Reles.Sts_Rele2=OFF;
Sts_Reles.Sts_Rele3=OFF;
Sts_Reles.Sts_Rele4=OFF;
Sts_Reles.Sts_Rele5=OFF;
Sts_Reles.Sts_Rele6=OFF;

//Rele1=ON;
//Rele2=ON;
//Rele3=ON;
//Rele4=ON;
//Rele5=ON;
//Rele6=ON;

adc_init();
cli();
iniciar_usart0();
UCSR0B |= (1<<7);
iniciar_usart1();
UCSR1B|=(1<<7);
TCCR0B=0b00000101;
```

```
TIMSK0=0b00000001;
sei();
TCNT0=1;
i2c_iniciar();
LCDinit();
LCDclr();

/*
for(uint8_t i=0;i<=100;i++){
  escribe_eeprom(i,100-i);
  _delay_ms(20);
}
*/

for(uint8_t i=0;i<=10;i++){
  //serial_write0(Leer_eeprom(i));
  serial_write0(i);
  envia_caracter_usart0(10);
  _delay_ms(1000);
}

for(uint8_t i=0;i<=10;i++){
  Beep=ON;
  _delay_ms(10);
  Beep=OFF;
  _delay_ms(100);
}

strcpy_P(buffer, (PGM_P)pgm_read_word(&(amp;string_table[0])));

envia_cadena_usart0(buffer);
config_gsm_inicio();
enviarAT("AT\r\n", "OK", 2000);
//SetTime(2,06,00, 1);
//SetDate(6,1,19);
posicion=0;
```

```
block=0;
media[0]=100;
media[1]=100;
media[2]=100;
media[3]=100;
media[4]=100;
media[5]=100;
media[6]=100;
media[7]=100;
media[8]=100;
media[9]=100;

for (;;) {
DisplayDateTime();//leer el tiempo del reloj
CopyStringtoLCD(Msj_Apagado,0,0);
//dtostrf(d, 10, 3, printbuff);
envia_cadena_usart0("HORA: "); //imprimir el tiempo en la pc
envia_cadena_usart0(mystr);
envia_cadena_usart0("-");

LCDGotoXY(0,1); //imprimir el tiempo en la LCD
LCDstring(mystr,8);
char str_fecha[16]; //ajustar formato hora y fecha para LCD
uint8_t j=0;
for(uint8_t i=8;i<=15;i++)
    {
str_fecha[j]=mystr[i];
j++;
    }
LCDGotoXY(8,1);
printf(" 20");
LCDstring(str_fecha,8);
_delay_ms(500); // esperar .5 segundos
```

```
Cmd_Deco("Cmd"); //revizar si a llegado algun comando por sms
Sensor_Gas = adc_read(0); //revizar el sensor
if (Sensor_Gas<87)
    {
        Sensor_Gas=88;
    }
sprintf(printbuff," %2d PPM",Sensor_Gas); //convertir el dato
envia_cadena_usart0(printbuff); //imprimo en la PC.
Sensor_Gas=(14.501510*Sensor_Gas)-1076.132931;
sprintf(printbuff," %2d PPM",Sensor_Gas);
LCDGotoXY(0,2); //imprimo en la LCD
printf("Sen.Gas:");
printf(printbuff);
printf(" ");
Sensor_Presion = adc_read(1); ///leo el sensor
if (Sensor_Presion<170)
    {
        Sensor_Presion=170;
    }
sprintf(printbuff," %2d",Sensor_Presion);
envia_cadena_usart0(printbuff);
envia_cadena_usart0("%");
Sensor_Presion=(0.884955*Sensor_Presion)-150.44247;
media[posicion]=Sensor_Presion;
    posicion++;
    if(posicion>=10){
        posicion=0;
    }
media[10]=media[0]+media[1]+media[2]+media[3]+media[4]+media[5]+media[6]+media[7]+media[8]+media[9];
Sensor_Presion=media[10]/10;
if(Sensor_Presion>=100){
    Sensor_Presion=100;
}
```

```
sprintf(printbuff, " %2d", Sensor_Presion);
LCDGotoXY(0,3); //imprimo en LCD
printf("Sen.Gas Disp:");
printf(printbuff);
printf("%% ");
media[posicion]=Sensor_Presion;
posicion++;
if(posicion>=10){
    posicion=0;
}
if (flag_T)
    {
//guardar_registro(posicion,mystr,Sensor_Gas,Sensor_Presion);
//posicion++;
flag_T=0;
    }
if(flag_L)
    {
flag_L=0;
todo_registro();
    }
envia_cadena_usart0("\r\n");
if(Sensor_Gas>=4000.00 && block==0){
block=1;
guardar_registro(posicion,mystr,Sensor_Gas,Sensor_Presion);
posicion++;
LCDGotoXY(0,2); //imprimo en la LCD
printf("¡FUGA DETECTADA! ");
config_gsm_inicio();
enviarAT("AT\r\n","OK",2000);
//dtostrf(Sensor_Gas, 10, 3, printbuff);
//Rele1=ON; Sts_Reles.Sts_Rele1=ON;
//Rele2=ON; Sts_Reles.Sts_Rele2=ON;
```

```

//Rele3=ON; Sts_Reles.Sts_Rele3=ON;
                Rele4=ON; Sts_Reles.Sts_Rele4=ON;
                Rele5=ON; Sts_Reles.Sts_Rele5=ON;
                Rele6=ON; Sts_Reles.Sts_Rele6=ON;

//enviarSMS("0996037506", "¡ALERTA! FUGA DE GAS DETECTADA", printbuff);
enviarSMS("0996037506", "ALERTA!!! FUGA DE GAS DETECTADA", ".");
enviarSMS("0981510040", "ALERTA!!! FUGA DE GAS DETECTADA", ".");
envia_cadena_usart1("ATD0996037506;\r\n");
_delay_ms(20000);
envia_cadena_usart1("ATH\r\n");
_delay_ms(1000);
envia_cadena_usart1("ATD0981510040;\r\n");
_delay_ms(20000);
envia_cadena_usart1("ATH\r\n");
_delay_ms(2000);
LCDhome();
        }
if(Sensor_Presion<=20.00 && block==0){
block=1;

guardar_registro(posicion,mystr,Sensor_Gas,Sensor_Presion);
posicion++;
LCDGotoXY(0,3); //imprimo en la LCD
printf("¡BAJO %% DE GAS!  ");
//CopyStringtoLCD("¡BAJO %% DE GAS!  \0",0,0);
config_gsm_inicio();
enviarAT("AT\r\n","OK",2000);
//dtostrf(Sensor_Presion, 10, 3, printbuff);
//enviarSMS("0996037506", "Alarma Activada por Sensor de Presion ", printbuff);
enviarSMS("0996037506", "ALERTA!!! CONTENIDO DE GAS INFERIOR AL 20%
DEBE RECARGAR EL CILINDRO", ".");
enviarSMS("0981510040", "ALERTA!!! CONTENIDO DE GAS INFERIOR AL 20%
DEBE RECARGAR EL CILINDRO", ".");
envia_cadena_usart1("ATD0996037506;\r\n");

```

```
_delay_ms(20000);
envia_cadena_usart1("ATH\r\n");
_delay_ms(1000);
envia_cadena_usart1("ATD0981510040;\r\n");
_delay_ms(20000);
envia_cadena_usart1("ATH\r\n");
_delay_ms(2000);
LCDhome();
    }
}
return 0;
}

//guardar registros en la eeprom
void guardar_registro(unsigned int posi, char* info, unsigned int Sensor_Gas, unsigned
int Sensor_Presion)
{
posi=posi*15;
envia_cadena_usart0(" Posicion:");
serial_write0(posi);
//envia_caracter_usart0(10);
uint8_t j=0;
for(uint8_t i=0;i<=15;i++){
if(i==2 || i==5 || i==10 || i==13 )
    {
    }
else
    {
escribe_eeprom(posi+j,info[i]);
_delay_ms(20);
//serial_write0(i);
//envia_caracter_usart0(10);
        j++;
    }
}
```

```
    }
    escribe_eeprom(posi+12,Sensor_Gas/20);
    _delay_ms(20);
    escribe_eeprom(posi+13,Sensor_Presion);
    _delay_ms(20);
    escribe_eeprom(posi+14,0);
    _delay_ms(20);
    /*
    envia_caracter_usart0(10);
    for(uint8_t i=0;i<=11;i++){
    envia_caracter_usart0(Leer_eeprom(posi+i));
    _delay_ms(20);
    }
    envia_caracter_usart0(45);
    serial_write0(Leer_eeprom(posi+12));
    envia_caracter_usart0(45);
    serial_write0(Leer_eeprom(posi+13));
    envia_caracter_usart0(10);
    */
}

//registro de lectura para la eeprom
void todo_registro()
{
    for(unsigned int i=0;i<=1000;i++){
        leer_registro(i*15);
    }
}

//funcion individual de lectura
void leer_registro(unsigned int posi)
{
    //unsigned int posi=0;
```

```
//envia_caracter_usart0(10);
for(uint8_t i=0;i<=11;i++){
if(i==2 || i==4 || i==6 || i==8 || i==10 )
{
envia_caracter_usart0(45);
envia_caracter_usart0(Leer_eeeprom(posi+i));
//serial_write0(i);
//_delay_ms(20);
}
else
{
envia_caracter_usart0(Leer_eeeprom(posi+i));
//serial_write0(i);
//_delay_ms(20);
}
}
envia_caracter_usart0(45);
serial_write0(Leer_eeeprom(posi+12));
envia_caracter_usart0(45);
serial_write0(Leer_eeeprom(posi+13));
envia_caracter_usart0(10);
}
//funcion de envio de sms
void enviarSMS(char* numero, char* mensaje, char* temp)
{
envia_cadena_usart0("enviarSMS\t\t");
envia_cadena_usart1("AT+CMGS=\t");
envia_cadena_usart1(numero);
enviarAT("\r\n", ">", 2000);
_delay_ms(300);
envia_cadena_usart1(mensaje);
envia_cadena_usart1(temp);
_delay_ms(300);
```

```
aceleradorSMS();
}

//configuracion del modem gsm
void config_gsm_inicio(){
    _delay_ms(1000);
    for(uint8_t i=2;i<=5;i++){
        strcpy_P(buffer, (PGM_P)pgm_read_word(&(string_table[i]]));
        envia_cadena_usart1(buffer);
        _delay_ms(200);
    }
}

//funcion para agregar un caracter al buffer
void PutToRXBuffer(char data){
    RXBuffer[RXInpointer] = data;
    if(++RXInpointer >= RXBufferSize){
        for(unsigned int i=0;i<RXBufferSize-1;i++)
        {
            RXBuffer[i] = RXBuffer[i+1];
        }
        RXInpointer--;
    }
}

//buscador de comandos de la aplicacion
void Cmd_Deco(char* Cmd_in){
    int L=lon(Cmd_in);
    int coincidencias=0;
    unsigned int decena_=0;
    unsigned int unidad_=0;
    //envia_cadena_usart0("*");
    for(uint8_t i=0;i<RXBufferSize;i++)
```

```
{
if(RXBuffer[i]==Cmd_in[0])
    {
coincidencias=0;
for(unsigned int j=0;j<L;j++)
    {
if(RXBuffer[i+j]==Cmd_in[j])
        {
coincidencias++;
        }
    }
if(coincidencias==L)
    {
envia_cadena_usart0("ACTUALIZACION DE RELES\n");
if(RXBuffer[i-1]=='A')
        {
envia_cadena_usart0("RELE ON #");
switch(RXBuffer[i-2])
            {
case '1': Rele1=ON; Sts_Reles.Sts_Rele1=ON; break;
case '2': Rele2=ON; Sts_Reles.Sts_Rele2=ON; break;
case '3': Rele3=ON; Sts_Reles.Sts_Rele3=ON; break;
case '4': Rele4=ON; Sts_Reles.Sts_Rele4=ON; break;
case '5': Rele5=ON; Sts_Reles.Sts_Rele5=ON; break;
case '6': Rele6=ON; Sts_Reles.Sts_Rele6=ON; break;
            }
        }
if(RXBuffer[i-1]=='B')
        {
envia_cadena_usart0("RELE OFF #");
switch(RXBuffer[i-2])
            {
case '1': Rele1=OFF; Sts_Reles.Sts_Rele1=OFF; break;
```

```
case '2': Rele2=OFF; Sts_Reles.Sts_Rele2=OFF; break;
case '3': Rele3=OFF; Sts_Reles.Sts_Rele3=OFF; break;
case '4': Rele4=OFF; Sts_Reles.Sts_Rele4=OFF; break;
case '5': Rele5=OFF; Sts_Reles.Sts_Rele5=OFF; break;
case '6': Rele6=OFF; Sts_Reles.Sts_Rele6=OFF; break;
        }
    }
    serial_write0(RXBuffer[i-2]-48);
    envia_cadena_usart0("\n");
    for(uint8_t i=0;i<RXBufferSize;i++)
        {
        RXBuffer[i] = 0;
        }
    RXInpointer = 0;

    char msj_sts[18];
    msj_sts[0]=Sts_Reles.Sts_Rele1+48;
    msj_sts[1]=';';
    msj_sts[2]=Sts_Reles.Sts_Rele2+48;
    msj_sts[3]=';';
    msj_sts[4]=Sts_Reles.Sts_Rele3+48;
    msj_sts[5]=';';
    msj_sts[6]=Sts_Reles.Sts_Rele4+48;
    msj_sts[7]=';';
    msj_sts[8]=Sts_Reles.Sts_Rele5+48;
    msj_sts[9]=';';
    msj_sts[10]=Sts_Reles.Sts_Rele6+48;
    msj_sts[11]=';';
    Sen1=(0.0198*Sensor_Gas)-0.4574;
    msj_sts[12]=(Sen1/10)+48;
    unidad_=Sen1;
    while(unidad_>=10)
        {
```



```
RXInpointer = 0;
envia_cadena_usart0("enviando Comando\t");
envia_cadena_usart1(ATcommand);
while(tiempo){
//envia_cadena_usart0(RXBuffer);
_delay_ms(1);
tiempo-=1;
if(RXInpointer)
    {
if(RXBuffer[0]==resp_correcta[0])
    {
coincidencias=0;
for(unsigned int i=0;i<L;i++)
    {
//envia_cadena_usart0("for-");
if(RXBuffer[i]==resp_correcta[i])
    {
coincidencias++;
    }
    }
//envia_cadena_usart0("coincidencias\t");
//serial_write0(coincidencias);
//envia_cadena_usart0("L\t");
//serial_write0(L);
if(coincidencias==L)
    {
tiempo=0;
envia_cadena_usart0("encontrado\t");
    }
    }
else
    {
if(RXInpointer>0)
```

```

        {
for(unsigned int i=0;i<RXBufferSize-1;i++)
        {
RXBuffer[i] = RXBuffer[i+1];

        }

RXInpointer--;
//envia_cadena_usart0("desplado\r\n");
//envia_cadena_usart0("RXInpointer\t");
//serial_write0(RXInpointer);
        }
else
        {
//envia_cadena_usart0("No desplazado\r\n");
        }
    }
}

envia_cadena_usart0("finalizado\r\n");
}

//funcion para medir la longitud de una cadena de caracteres
int lon( char* p)
{
int i = 0;    // Declarar variable i e iniciarla a 0.
while( *p )  // Mientras carácter apuntado sea diferente de 0x00
    {
i++;        // Incrementar contador.
p++;        // Incrementar p para apuntar sig. carácter
    }
return i;    // Retornar i
}

//configuracion de iniciar el ADC

```

```

void adc_init() {
// AREF = AVcc
ADMUX = (1<<REFS0);
// ADC Enable and prescaler of 128
// 16000000/128 = 125000
ADCSRA = (1<<ADEN)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1)|(1<<ADPS0);
}
//lectura del ADC de cualquier canal
int adc_read(int ch)
{
// select the corresponding channel 0~7
// ANDing with '7' will always keep the value
// of 'ch' between 0 and 7
ch &= 0b00000111; // AND operation with 7
ADMUX = (ADMUX & 0xF8)|ch; // clears the bottom 3 bits before ORing
// start single conversion
// write '1' to ADSC
ADCSRA |= (1<<ADSC);
// wait for conversion to complete
// ADSC becomes '0' again
// till then, run loop continuously
while(ADCSRA & (1<<ADSC));
return (ADC);
}
//funcion para acelerar los SMS y se envien rapido
void aceleradorSMS()
{
unsigned int tiempo=20000;
for(uint8_t i=0;i<RXBufferSize;i++)
    {
RXBuffer[i] = 0;
    }
RXInpointer = 0;

```

```
envia_cadena_usart0("aceleradorSMS\t");
envia_caracter_usart1(26);
while(tiempo)
    {
    _delay_ms(1);
    tiempo--;
    if(RXInpointer)
        {
        //envia_cadena_usart0("\r\n***");
        //envia_caracter_usart0(RXBuffer[0]);
        //envia_caracter_usart0(RXBuffer[1]);
        //envia_caracter_usart0(RXBuffer[2]);
        //envia_caracter_usart0(RXBuffer[3]);
        //envia_caracter_usart0(RXBuffer[4]);
        //envia_cadena_usart0("***\r\n");
        /*
        envia_cadena_usart0("***");
        for(uint8_t i=0;i<30;i++)
            {
            envia_caracter_usart0(RXBuffer[i]);
            envia_caracter_usart0('-');
            }
        envia_cadena_usart0("***\r\n\r\n");
        */
        if(RXBuffer[0]=='E'||RXBuffer[0]=='O')
            {
            if(RXBuffer[0]=='E'&&RXBuffer[1]=='R'&&RXBuffer[2]=='R'&&RXBuffer[3]=='O'
            &&RXBuffer[4]=='R')
                {
                tiempo=0;
                envia_cadena_usart0("encontrado ERROR.\r\n");
                }
            if(RXBuffer[0]=='O'&&RXBuffer[1]=='K')
                {
```

```
tiempo=0;
envia_cadena_usart0("encontrado OK.\r\n");
    }
}
else
    {
if(RXInpointer)
    {
for(unsigned int i=0;i<RXBufferSize-1;i++)
    {
RXBuffer[i] = RXBuffer[i+1];
    }
RXInpointer--;
    }
//envia_cadena_usart0("desplasado\t");
//envia_cadena_usart0("RXInpointer\t");
//serial_write0(RXInpointer);
    }
}

//envia_cadena_usart0("finalizado acelerador SMS\r\n");
for(uint8_t i=0;i<RXBufferSize;i++)
    {
RXBuffer[i] = 0;
    }
RXInpointer = 0;
}
```